

Biblioteka
Główna
UMK Toruń
+ 12a1

08483/2005

Urania

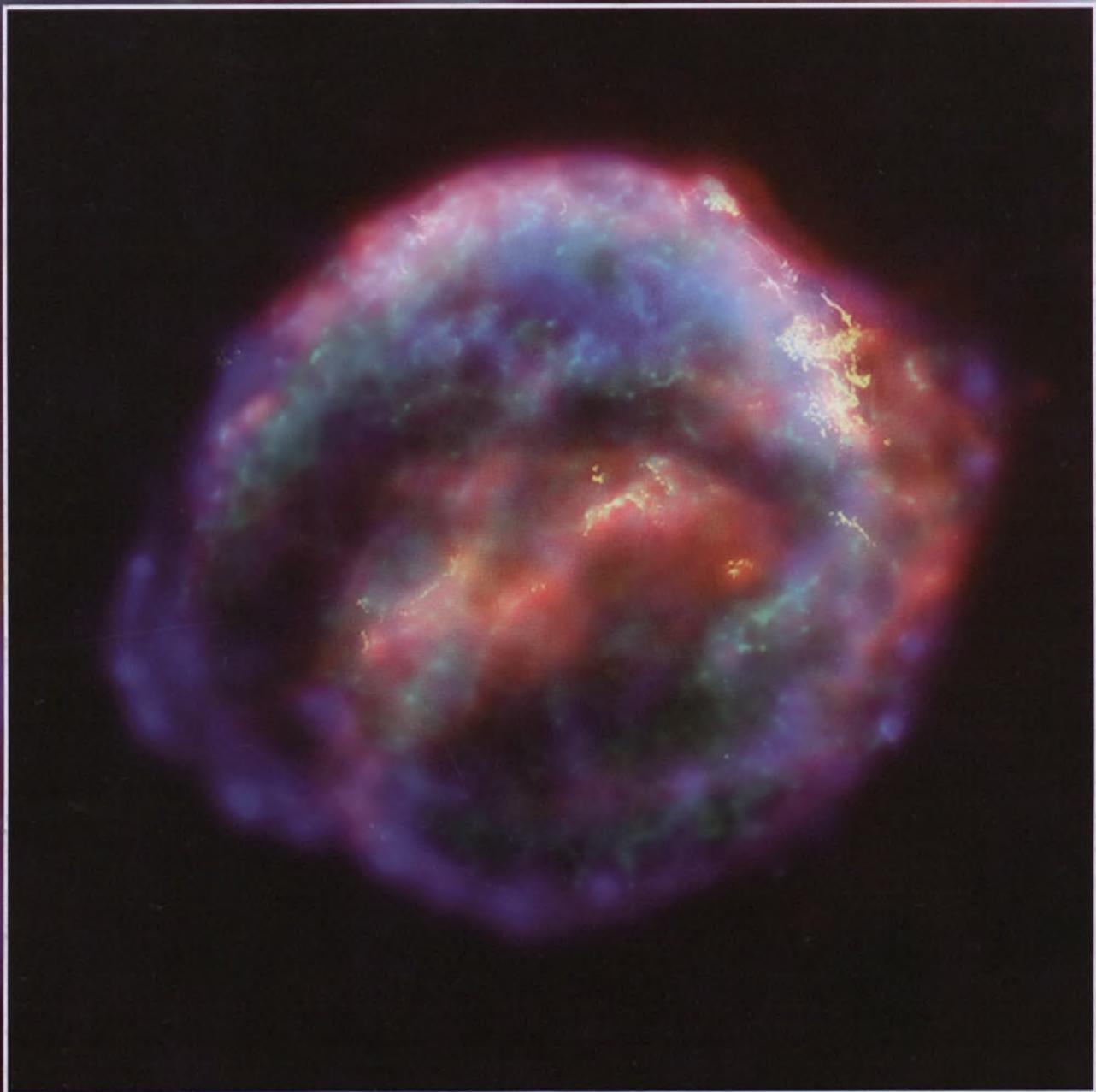
POSTĘPY ASTRONOMII

1/2005 (715)

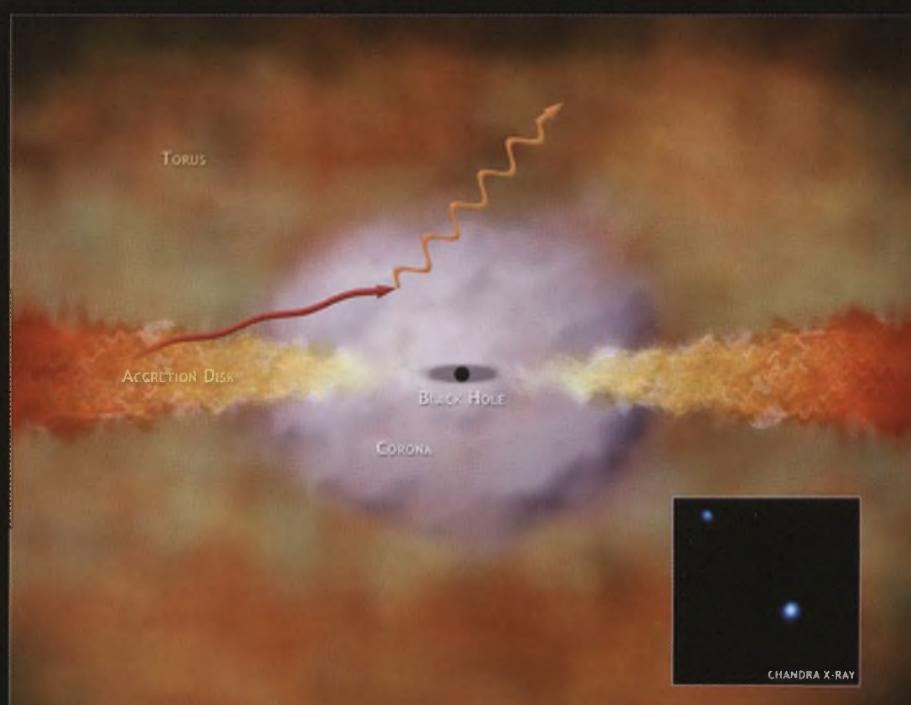
tom LXXVI

styczeń—luty

- Nowe testy ogólnej teorii względności
- Toruński radioteleskop ma już 10 lat!
- Lot do Saturna



Supermasywna czarna dziura powstała we wczesnym Wszechświecie



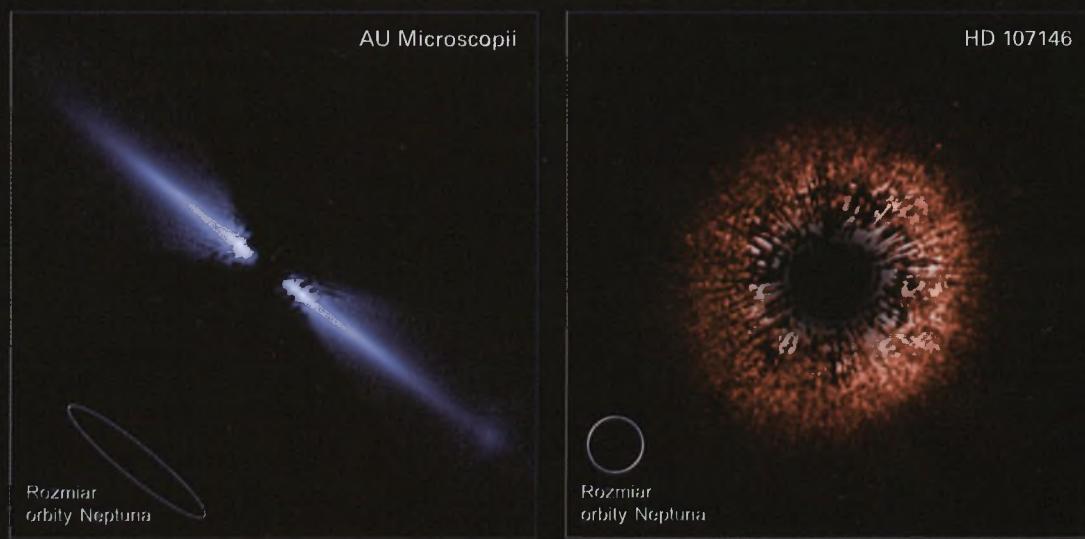
Teleskop kosmiczny Chandra dostarczył dowód na to, że supermasywne czarne dziury mogły powstać we wczesnych fazach istnienia Wszechświata. Astronomowie Daniel Schwartz i Shani Virani z Centrum Astrofizycznego Harvard-Smithsonian w Cambridge, USA obserwowali w promieniowaniu X kwazar SDSS J1306, który leży w odległości 12,7 mld lat świetla od nas. Ponieważ wiek Wszechświata oceniany jest obecnie na 13,7 mld lat, to znaczy, że kwazar ten powstał zaledwie miliard lat po „urodzinach” Wszechświata. Charakter promieniowania X tego kwazara jest podobny do promieniowania dużo starszych kwazarów. Z obserwa-

cji w dziedzinie widzialnej wynika, że masa czarnej dziury w tym kwazarze wynosi miliard mas Słońca. W konkluzji uważa się, że centralne czarne dziury w masywnych galaktykach zaczęły się tworzyć zaraz po Wielkim Wybuchu.

To odkrycie stanowi nowe wyzwanie dla teorii powstawania galaktyk i supermasywnych czarnych dziur, ponieważ dotychczas panovalo przekonanie, że masywne czarne dziury tworzą się dopiero w zaawansowanym stanie ewolucji Wszechświata.

Obraz przedstawia nasze rozumienie czarnej dziury i jej otoczenia.

Czy tu tworzą się układy planetarne?



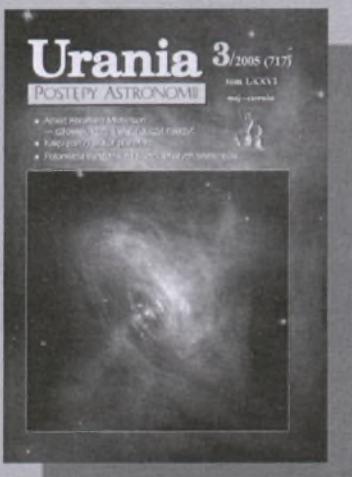
Teleskopy kosmiczne Spitzera i Hubble'a dostarczyły ostatnio unikalowe obrazy pyłowych dysków wokół gwiazd wielkości Słońca.

Teleskop Spitzera odkrył dysk pyłowy wokół dojrzałej, podobnej do Słońca gwiazdy AU Mon, która posiada odkryte już planety. Teleskop Hubble'a uzyskał obraz jasnego dysku wokół dużo młodszej gwiazdy HD 107146. Te odkrycia dają wgląd w procesy, które doprowadziły do powstania naszego Systemu Słonecznego — od stanu chaotycznych pyłów i żwirów na początku do bardziej określonego stanu dzisiejszego. Młode

gwiazdy mają rezeruar materiału, z którego mogą się tworzyć planety, podczas gdy starsze są otoczone zwałami gruzu.

Młode gwiazdy obserwowane przez Hubble'a mają od 50 do 250 mln lat. Są więc dość stare, aby teoretycznie posiadać planety gazowe, ale za młode, by już wytworzyć się wokół nich planety skaliste, takie jak Ziemia. Sześć gwiazd badanych przez teleskop Spitzera ma wiek podobny do naszego Słońca, czyli ok. 4 mld lat i wiadomo, że posiadają planety gazowe. Te obserwacje dają solidne przesłanki związków między dyskami pyłowymi a planetami.

Rocznik 2005 tom LXXVI



Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

Mnóstwo

INDEKS AUTORÓW

Baran Józef	268	Matysiak Magdalena	270
Bartkiewicz Anna	18	Mazur Maciej M.	218
Bejger Michał	4	Melikidze George	108
Błaszkiewicz Leszek P	202	Michalec Adam	2, 212, 215, 271
Branczewicz Henryk	172	Musieliński Arkadiusz	154
Branicki Andrzej	178	Nelle Dariusz W	31
Bruzda Mirosław	50	Paczyński Bohdan	246
Bukowska Danka	265	Patka Jacek	242
Bulik Tomasz	210	Pazderska Bogna	148
Cader-Sroka Barbara	263	Podkowicz Piotr	50
Chodorowski Franciszek	86	Polewaczek Filip	50
Chrupała Henryk	181, 218	Redlarski Grzegorz	50
Domański Juliusz	34, 35, 37, 82, 130, 135, 226	Rochowicz Krzysztof	7, 17, 25, 74, 75, 67, 120, 121, 168, 170, 272, 273
Drążkowska Joanna	48, 67, 96, 144, 192, 240	Rudnicki Konrad	254
Drążkowski Jacek	39, 47, 81, 95, 143, 191, 239, 285	Rudź Przemysław	50
Dworak T. Zbigniew	56, 85, 94, 114, 286	Sadowski Marek	50
Filipek Marcin	2	Schreiber Roman	48, 73, 96, 144, 192, 240, 288
Flin Piotr	123	Sitarski Grzegorz	86
Frąckowiak Michał	52	Skórzyński Wiesław	38, 87, 129, 177, 224, 287
Gabryszewski Ryszard	86	Słowińska Agnieszka	160
Gil Janusz	108	Smak Józef	80
Gołębiowski Marek	26	Smolarz Piotr	50
Górecki Grzegorz	146	Sobolewska Małgorzata	68
Górski Krystian	50	Stolarszyk Renata	50
Graczyk Dariusz	76, 125, 174, 221, 274	Strobel Andrzej	46
Gryz Jacek	98	Szapach Bogdan	50
Gut Lucyna	33	Szary Andrzej	108
Hanasz Jan	16	Szutowicz Sławomira	86
Jarzębowski Tadeusz	258	Ścieżor Tomasz	2, 32, 40, 88, 140, 183, 184, 232, 280
Jaskulska Krystyna	50, 98, 267	Štefl Vladimir	226
Kabatek-Drążkowska Jadwiga	278	Tissler Grzegorz	50
Kardaś Tomasz	100	Tomczak Michał	220
Kotarski Andrzej	50	Wąż Piotr	146
Kozłowski Szymon	108	Weźgowiec Marek	167
Kożuchowska Małgorzata	211	Wirkus Piotr	267
Królikowska Małgorzata	86	Witucki Leszek	50
Kuczyński Jerzy	135	Wojtas Piotr	50
Kukliński Marek	50	Woszczyk Andrzej	1, 49, 97, 122, 145, 169, 171, 193, 213, 216, 220, 225, 231, 241
Kulesza Bogusław	190	Wutkowski Marcin	98
Kunert-Bajraszewska Magdalena	18	Zawada Karolina	29, 39, 66, 79, 128
Lew Bartek	196, 248	Zegler Ewa	124
Łagiewka Jerzy	(5)o.III	Ziółkowski Krzysztof	8, 86, 166
Łęgowski Stanisław	142	Zub Marta	108
Maciesiak Krzysztof	108		
Malinowski Adam	50		
Marcinek Jerzy	117		

BIBLIOTEKA
UNIWERSytecka
w Toruniu

INDEKS PRZEDMIOTOWY

Artykuły

- Albert Abraham Michelson — człowiek, który świat nauczył mierzyć, *Tomasz Kardaś* 100
Fotometria milimagnitudowa tranzytów planet, *S. Kozłowski, A. Szary, M. Zub, G. Melikidze, K. Maciesiak, J. Gil* 108
Głębokie przeglądy nieba w promieniach X za pomocą teleskopu Chandra, *Małgorzata Sobolewska* 68
Granice Układu Słonecznego — gdzie są i co się tam znajduje, *Arkadiusz Musielinski* 154
Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (cz. 1) *Bartek Lew* 196
Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (cz. 2) *Bartek Lew* 248
Księżyce (?) wokół planetoid *T. Zbigniew Dworak* 114
Kwazary — obiekty wczesnego Wszechświata, *Bogna Pazzerska* 148
Lot do Saturna, *Krzysztof Ziolkowski* 8
Neutrino i ciemna energia — niezwykłe połączenie, *Michał Frąckowiak* 52
Nowe testy ogólnej teorii względności, *Michał Bejger* 4
Podwójny pulsar J0737-3039 — fascynujące laboratorium fizyki, *Agnieszka Słowikowska* 160
Powojenne lata wrocławskiej astronomii, *Tadeusz Jarzębowski* 258
Prof. dr hab. Bohdan Paczyński doktorem honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego 244
Spektroskopia radiowa, *Leszek P. Błaszkiewicz* 202
Świat księżyców Saturna, *T. Zbigniew Dworak* 56
Urodziny 32-m anteny — toruński radioteleskop ma już 10 lat, *Magdalena Kunert-Bajraszewska* 18
Anna Bartkiewicz 254
Włodzimierz Zonn 1905—1975, *Konrad Rudnicki*

Rozmaistości

- Brązowy karzeł na cenzurowanym 75
Dorodny kosmiczny noworodek 272
Dziesiąta planeta? 216
Galaktyka pełna fajerwerków 67
Gromada kulista pełna zagadek 120
I ty możesz zostać odkrywcą 39
Kosmiczna odnowa galaktyk spiralnych 74
Kosmiczne potegi mieszkają w skromnych domach 29
Lądowanie na Tytanie w OPIOA 67
Leje zapadiskowe na Terra Meridiani 117

Marsjańskie impresje	26
Młoda galaktyka w dojrzałym Wszechświecie	7
Najdalsza gromada galaktyk	170
Najdalsza planeta pozasłoneczna	169
Narodziny gwiazdy	167
Nasi sąsiedzi — młode masywne galaktyki	79
Nowe polskie meteoryty	39
Obszar N 214 w Wielkim Obłoku Magellana	168
Planeta w układzie potrójnym gwiazd	216
Planetoida Woszczyk	81
Planetoida z dwoma księżycami	225
Pocztówka z Tytanu	66
Polscy astronomowie na tropie kosmicznej skali odległości	273
Portrety supernowych w galaktykach spiralnych	17
Potrójne zaćmienie Jowisza	39
Radiowe zaćmienie Słońca	271
Supergromada gwiazd w naszej Galaktyce	121
Śmieci kosmiczne	171
Teleskop kosmiczny zobaczył planety pozasłoneczne	
113	
Voyager u granic heliosfery	166
Widma zapałek, czyli o szkodliwości palenia papierosów	80
Zagadkowe wydłużenie doby Saturna	16
Zanim powstały gwiazdy	128
Zorze na Saturnie raz jeszcze	73
244	
202	
56	
18	
254	
75	
272	
216	
67	
120	
39	
74	
29	
67	
117	
10 lat Koła Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza w Urzędowie	270
15-lecie Hubble'a w OPIOA	190
Cząstki i promieniowanie wysokich energii	210
Dąbrowskie obserwatorium astronomiczne obchodzi swoje pierwsze urodziny	31
Mgławice planetarne jako narzędzia do badania Wszechświata	211
Nowości z Kielc	123
Odległe światy — JENAM 2005	213
Otwarcie Obserwatorium Astronomicznego w Urzędowie	268
OZMA 2005	265
PTA informuje: XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego	220
VI Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA	32
VIII Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii	

Mimas	(2)w.IV
Naturalny akcelerator cząstek	(5)o.II
Niebieskie błyski Saturna	(5)o.II
Obszar N 214 w Wielkim Obłoku Magellana	(4)w.I
OZMA 2004	(1)w.I
Radioźródło Fornax A	(5)o.IV
Supermasywna czarna dziura powstała we wczesnym Wszechświecie	(1)o.II
Teleskop SALT i zdjęcia uzyskane w czasie „pierwszej nocy”	(6)o.II
VLT i VLT	(3)o.II
W centrum Centaura A	(5)w.II-III
W sieci Tarantuli (1)w.II-III	
XXI OMSA, Grudziądz 2005	(4)w.IV
XXXII Zjazd PTA we Wrocławiu	(6)w.I
Zorze na Saturnie	(2)w.IV

Autorzy zdjęć w Galerii Uranii

Ayiomamitis Anthony	(5)w.IV
Błock Adam	(1)w.IV
Dorosz Dariusz	(1)o.III, w.IV; (2)o.III; (3)w.IV; (4)o.III
Jankowski Ireneusz	(4)o.III
Lemiecha Mariusz	(2)o.III
Łańcucki Paweł	(1)o.IV; (2)w.II-III; (3)o.IV
Łagiewka Jerzy	(5)o.III
Nelle Dariusz W.	(5)w.IV
Pietrukowicz Paweł	(6)o.III
Pilarczyk Artur	(6)o.III
Pilarczyk Marek	(6)o.III
Puszcz Jerzy	(6)w.IV
Radziejowskie Koło Astronomiczne „Cygnus”	(3)o.III
Rudź Przemysław	(2)o.II
Salewski Paweł	(1)w.IV
Szymański Bartosz	(6)w.IV
Ściążor Tomasz	(4)o.III
Świętnicki Mariusz	(1)o.III; (3)o.III
Wierucki Cezary	(2)o.II
Wutkowski Marcin	(1)w.IV; (3)w.IV

Na okładce

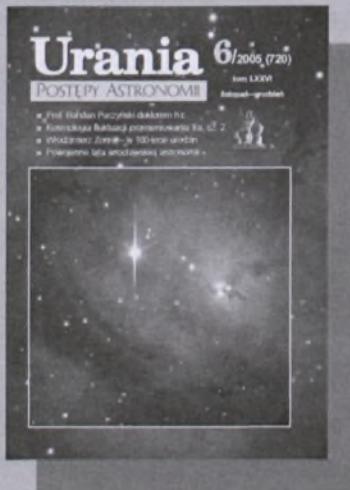
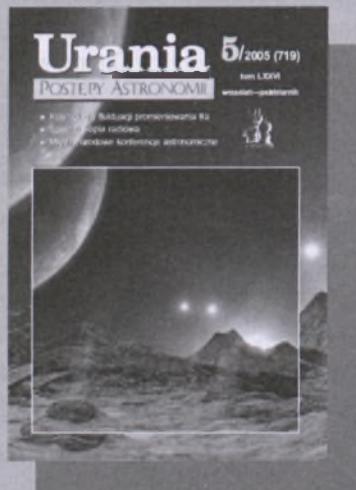
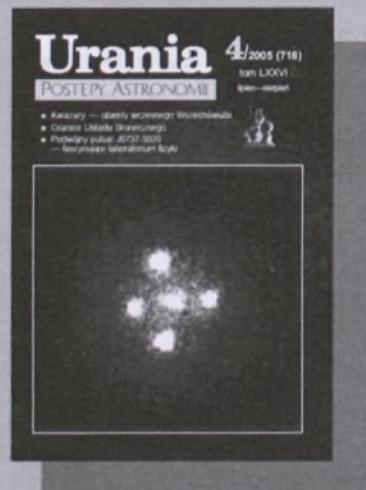
Krzyż Einsteina	(4)
Mgławica Laguna (NGC 6530)	(6)
Obraz centralnej części Mgławicy Krab	(3)
Pozostałości wybuchu gwiazdy supernowej Keplera	(1)
Trójkątna Koniczyna (M20)	(2)
Zachód słońca w układzie potrójnym	(5)



Układ stron w tomie LXXVI „Uranii-PA”:

zeszyt nr 1 (715)	1 — 48
zeszyt nr 2 (716)	49 — 96
zeszyt nr 3 (717)	97 — 144
zeszyt nr 4 (718)	145 — 196
zeszyt nr 5 (719)	197 — 240
zeszyt nr 6 (720)	241 — 288

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



08483/2005

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Niebo w roku 2005 zapowiada się bardzo ciekawie. Będą m.in. dwa zaćmienia Słońca (niestety tylko jedno widoczne w Polsce jako częściowe), dwa zaćmienia Księżyca i zakrycie przez Księżyca Antaresa, najjaśniejszej gwiazdy gwiazdozbioru Skorpiona. W sąsiedztwo Słońca powrócą 24 znane komety, z których jedna będzie zapewne widoczna gołym okiem przez całą noc już w styczniu, a inna będzie w zasięgu lornetki. W połowie stycznia osiądzie na Tytanie sonda Huygens, uwolniona ze stacji kosmicznej Cassini w końcu grudnia 2004 r. Uczeni spodziewają się wielu odkryć dokonanych przez ten aparat kosmiczny i dość dobrego poznania natury atmosfery i powierzchni tego największego satelity w naszym Układzie Słonecznym. 12 stycznia ma startować stacja Deep Impact, której celem będzie badanie komety Tempel 1. Kilka miesięcy po startie, gdy próbnik dotrze w pobliżu komety, będzie do niej strzelał. Pocisk ma trafić w jądro komety, utworzyć na nim krater i odsłonić wewnętrzne warstwy jądra. Będzie to więc kolejny krok w badaniach, zbliżających nas do lepszego zrozumienia natury komety.



foto: A. Dauksza-Wiślewska

W bieżącym numerze Krzysztof Ziolkowski z Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie szczegółowo opisuje lot do Saturna stacji Cassini i misję, jaką ta sonda ma spełnić. W następnym numerze, piorem Zbigniewa Dworaka, przybliżymy Państwu współczesną wiedzę o świecie satelitów i pierścieni Saturna. Ciekawe, jakie będą wyniki badań Tytana dokonane przez sondę Huygens?

Jesienią 2004 r. upłynęło 10 lat od uruchomienia 32 m radioteleskopu w Toruniu. Czas więc na krótką refleksję na temat miejsca i roli tego teleskopu we współczesnych badaniach astronomicznych. Ta refleksja została dokonana przez astronomów toruńskich w czasie specjalnej sesji naukowej, z której relację zdają panie Magdalena Kunert-Bajraszewska i Anna Bartkiewicz. Niewątpliwie jest to instrument, który dobrze służy polskim i światowym badaniom astronomicznym.

Ogólna teoria względności Einsteina podlega ciągłym i nie kończącym się testom. W tym numerze Michał Bejger opisuje doświadczenia mające określić wpływ ruchu obrotowego Ziemi na otaczającą czasoprzestrzeń. Będą one wykonywane podczas pracy stacji kosmicznej Gravity Probe B, która już od kwietnia 2004 r. znajduje się na orbicie biegunowej, na wysokości 640 km nad Ziemią.

Jak zwykle dużo miejsca poświęcamy w tym numerze relacjom z różnych działań miłośników astronomii. Oczywiście „Urania” nie jest miejscem do publikowania wyników obserwacji różnych ciał niebieskich (do tego służą specjalistyczne biuletyny obserwatorów np. Słońca, gwiazd zmiennych, komety, zjawisk zakryciowych itp., wydawane głównie przez PTMA), ale chętnie prezentujemy świadectwa niezawodowego uprawiania astronomii i „życia” astronomicznego różnych grup pasjonatów astronomii w Polsce. Piszemy więc o złocie miłośników gwiaździstego nieba w Niedźwiadach, o wyprawie na obserwacje zaćmienia Księżyca, o Szkolnym Obserwatorium w Dąbrowie Górnictwa, o konferencji obserwatorów komety PTMA, o zbieraczach meteorytów. To dla takich pasjonatów utrzymujemy wielostronowy kalendarz astronomiczny i wskazujemy interesujące obiekty na niebie.

W tym numerze przypominamy obrazy Marsa przekazane na Ziemię przez stacje kosmiczne śledzące powierzchnię Czerwonej Planety, mówimy o supernowych w sąsiednich galaktykach, o kwasarach „żywących” w małych galaktykach wczesnego Wszechświata itp. świeżych odkryciach. Polecamy nową na polskim rynku książkę Jana Keplera, chyba najstarszą książkę z dziedziny fantastycznonaukowej pt. „Sen”, wydane pośmiertnie dzieło Autora praw ruchu planet, poświęcone astronomii księżycowej.

Życzę Państwu przyjemnej lektury oraz zdrowia i wszelkiej pomyślności w Nowym, 2005. Roku

Toruń, w grudniu 2004 r.





Wyprawa na zaćmienie Księżyca

28 października br. miało być widoczne w naszym kraju całkowite zaćmienie Księżyca. Jak to zwykle w takich przypadkach bywa, aby mieć większą szansę zobaczenia zjawiska, zaplanowaliśmy, że w razie niekorzystnych prognoz podejmierzy wyzwanie, czyli pojedziemy szukać dobrej pogody. Niestety zdjęcia satelitarne i prognozy numeryczne, z których korzystamy, pozwalały z pewną dokładnością określić zachmurzenie, ale nie dają większych szans na zlokalizowanie mgły. Z tą ostatnią staramy się więc w przenośni i dosłownie „in situ”. U mnie w Jerzmanowicach (które są położone średnio 250 m wyżej niż Kraków), Księżyc był widoczny, niemniej na jego tle przewalały się całe tabuny mgły. W Krakowie było mniej dynamicznie, świecił Księżyc, ale niebo pozostawało bezgwiezdne.

Podjęliśmy więc decyzję o wyjeździe. Jadąc w lekkiej mgle Zakopanką na południe, skręciliśmy w Lubniu na przełęcz Glinne, skąd prowadzi szlak na Luboń Wielki. Dwa lata wcześniej z tego miejsca mieliśmy okazję podziwiania deszczu Leonidów. Niestety tym razem przełęcz nie była dla nas łaskawa — mgła była jeszcze gęstsza niż na dole. Zjechaliśmy więc do Mszany Dolnej i przez Rabkę pognaliśmy dalej na południe. Oczywiście tradycyjnie pogoda zmieniła się (tym razem na lepsze) w miejscu, które zwą niechlubnie przeklętym — na Rdzawce, czyli najwyższym punkcie Zakopanki. Jest tam na tyle wysoko, że pomimo dzielących nas Tatr mamy zapewniony doskonali zasięg sło-



wackich sieci telefonii komórkowej.

Zaćmienie rozpoczęło się planowo i w dobrych warunkach pogodowych. Trochę tylko przeszkadzała spora wilgotność i pewne dodatkowe implikacje związane z tym, że stanęliśmy na polu, gdzie zapewne jeszcze do niedawna odbywał się wypas zwierząt gospodarskich. Przy tej wysokości (Księżyca nad horyzontem i naszej nad poziomem morza) również znakomicie było widoczne zaćmienie półcieniowe, a zwłaszcza jego późniejsza faza. Jednak nie dane nam było pozostać tu do końca zjawiska. Mgła rozpoczęła „podchody” do naszego stanowiska, coraz częściej przeszkadzając w obserwacjach. Jeszcze przed zakończeniem fazy częściowej ruszyliśmy w stronę Zakopanego. Za Nowym Targiem warunki znów uległy poprawie. Stanęliśmy na chwilę w miejscowości Szaflary, aby podziwić fazę całkowitą, która właśnie się rozpoczęła. Byliśmy jednak zdetermini do tego, że trzeba pojechać jeszcze nieco ponad 20 km na południe, żeby wyjechać do Żebu, czyli prawie na wysokość Gubałówki i mieć niemal absolutną pewność, że mgła da za wygraną. Stanęliśmy za Żebem, koło kaplicy na Furmanowej na wysokości 960–980 m n.p.m.

Mieliśmy przepiękny widok na Tatry, Zakopane i oczywiście na zaćmienie. Pogoda nie zawiodła nas tym razem do samego końca — było bezchmurnie, bez mgli i sucho. W obserwacjach nie przeszkadzał najmniejszy nawet powiew wiatru ani światła Zakopanego, które nie ulegały rozproszeniu we mgle i były widoczne w innym kierunku.

Wykonaliśmy dużą ilość zdjęć aparatem cyfrowym z pomocą obiektywu MTO-1000 oraz tradycyjną techniką fotograficzną przy użyciu teleskopu Newtona 165/1200 na montażu paralaktycznym. Nie przeszkodził nawet brak prowadzenia — czułość negatywu 800 ASA okazała się wystarczająca do uzyskania dobrze naświetlonych zdjęć fazy całkowitej.

Przy okazji podjęliśmy próbę dostrzeżenia komety C/2004 Q2 (Machholz) za pomocą lornetki 20×66. Jednak przy wysokości komety nad horyzontem rzędu 7 stopni i łyuu od światła miejscowości w tamtym kierunku okazało się niemożliwe.

Wracając, uświadomiliśmy

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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”. Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

sobie, że od roku 1991 nie mieliśmy sposobności śledzenia fazy całkowitej zaćmienia Księżyca „od deski do deski”. Nawet ostatnie zaćmienie (4.05.2004) mogło być podziwiane tylko krótko i przez chmury, choć na początku tego roku stawialiśmy raczej na niego. Stało się odwrotnie i po szczęściu się nam w październiku. Jednak zarówno w Krakowie, jak i nawet w Jerzmanowicach tej nocy nad ranem pogody nie było. Dlatego po raz kolejny okazało się, że warto czasem podjąć trudy nocnej eskapady.

Marcin Filipk, Tomasz Ścieżor
Oddział Krakowski PTMA

1750,3 r. Stąd obecnie żyjemy w fazie spadkowej 23 cyklu aktywności Słońca.

W interesującym artykule p. R. Reka na stronie 213 „Plamy, cykle i minima”, w akapicie dotyczącym obserwacji plam w XVII w., aż prosi się dodać następującą informację: w Polsce pierwsze systematyczne obserwacje plam słonecznych prowadzone były w latach 1614–1618 przez oo. jezuitów w Kaliszu, a Jan Heweliusz w swej fundamentalnej Selenografii przedstawił swoje obserwacje Słońca z maja 1644 r. Ponadto na podstawie obserwacji plam, wykonanych w latach 1642–1645 wyznaczył okres obrotu Słońca wokół osi na 27 dni i stwierdził, że plamy nie pojawiają się dalej od równika niż 30°.

Niestety, tak doniosłe stwierdzenia (opublikowane w dziele o Księżyku) uległy zapomnieniu, a zaobserwowane w XIX w., zostały przypisane nowym odkrywcom (Schwabe — 1843, Wolf — 1848, Carrington — 1858). Pisalem o tym w „Uranii” nr 5 s. 136 (1992).

Przesyłam serdeczne powódźnienia dla Redakcji i milych Czytelników U-PA.

Adam Michalec
Kraków

Red.: Serdecznie dziękujemy Panu Doktorowi za przypomnienie historii początku systematycznych obserwacji plam słonecznych i uściślenie dat podanych błędnie przez naszych Autorów. Jako Redakcja rumieńi się musimy ponadto za przeoczenie złej pisowni imienia naszego Wielkiego Uczonego i przyjaciela Bohdana Paczyńskiego w recenzji książki „Cena Nobla” Eryka Infelda (U-PA 6/04, s. 286). Bardzo przepraszamy.



Fot. M. Filipk

08483***

Szanowna Redakcjo!

Z przyjemnością zapoznałem się z treścią artykułów w nr 5/2004 U-PA.

Oto garść moich uwag: do artykułu „Teoria dynamo, ... p. Rafała Kosińskiego. Na stronie 207 w wierszu 14 od góry jest: od połowy XIX w., winno być od połowy XVIII w. Uzasadnienie: Według np. pracy M. Waldmeiera z roku 1981 (Solar Physics 73, s. 207) datowany — czyli oparty o obserwacje plam słonecznych — cykl pierwszy — czyli minimum aktywności Słońca — przyjęto, iż rozpoczął się w roku 1755, a poprzedził go cykl zerowy z maksimum w

E. 10/05

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało z połączenia się „Uranii” — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotychczasowego kwartalnika PTA, wydającego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

**Opracowanie graficzne
i skład komputerowy:**

Jacek Drążkowski

Korekta:

Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomiczne
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81
Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astronomy.uni.torun.pl

Adres WWW:

<http://urania.pta.edu.pl>
<http://urania.camk.edu.pl>

Druk:

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:

Piotr Wąż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astronomy.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2005 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty
w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Zarząd Główny
ul. św. Tomasza 30/7, 31-027 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w grudniu roku 2004

* 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

4 Nowe testy ogólnej teorii względności

Michał Bejger

Artykuł opisuje eksperymentalne testy efektów związanych z rotacją w relatywistycznej teorii grawitacji. Głównym celem satelitarnej misji Gravity Probe B (NASA) jest pomiar efektu Lense-Thirringa tj. wpływu ruchu obrotowego Ziemi na otaczającą czasoprzestrzeń. Wynik eksperymentu umożliwi głębsze poznanie istoty grawitacji, siły bezwładności, a także posłuży do sprawdzenia poprawności alternatywnych teorii.

8 Lot do Saturna

Krzysztof Ziołkowski

7 lat trwała podróż sondy kosmicznej Cassini do Saturna. Ten instrument i jego program badawczy są najbardziej ambitnymi przedsięwzięciami współczesnych wypraw w celu bezpośrednich badań odległych planet i przestrzeni międzyplanetarnej. Pasjonująca była historia powstania tej sondy i jej droga do najbardziej odległej, za czasów Kopernika, planety naszego Systemu Słonecznego.

18 Urodziny 32-m anteny — toruński radioteleskop ma już 10 lat

Magdalena Kunert-Bajraszewskat, Anna Bartkiewicz

Po 10 latach od uruchomienia 32 m radioteleskopu astronomowie toruńscy podsumowali obecny stan i osiągnięcia tego instrumentu na specjalnej sesji naukowej. Jest to instrument znakomity, a jego miejsce we współczesnych badaniach radiowych nieba znaczące. Autorki piszą o historii powstania tego teleskopu, programie badań, w których uczestniczy i perspektywach nowych wyzwań badawczych.

w kolorze: W sieci Tarantuli (wkł. II–III); Galeria Uranii (wkł. IV, okl. III)

rozmaistości: Młoda galaktyka w dojrzałym Wszechświecie (7); Zagadkowe wydłużenie doby Saturna (16); Portrety supernowych w galaktykach spiralnych (17); Marsjańskie impresje (26); Kosmiczne potęgi mieszkają w skromnych domach (29); Nowe polskie meteority (39); I ty możesz zostać odkrywcą (39); Potrójne zaćmienie Jowisza (39)

w kraju: VIII Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii — Niedźwiady 2004 (30); Dąbrowskie obserwatorium astronomiczne obchodzi swoje pierwsze urodziny (31); VI Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA (32); Zaćmienie Księżyca na Wielkiej Raczy (33)

astronomia w szkole: 75 lat kłopotów ze stałą Hubble'a; Nietypowa lekcja; Oświata i nauki ezoteryczne

poradnik obserwatora: Interesujące obiekty: Jaszczyrka, Jednoróżec

kalendarz astronomiczny: marzec — kwiecień

recenzje: Jan Kepler, Sen

astronomia i muzyka: Muzyczny Redshift

relaks z Uranią: krzyżówka

ciekawe strony internetowe

NA OKŁADCE

Trzy wielkie teleskopy kosmiczne NASA: pracujący w promieniowaniu widzialnym teleskop Hubble'a, rentgenowski teleskop Chandra i pracujący w podczerwieni teleskop Spitzera, obserwowały pozostałości wybuchu gwiazdy supernowej Keplera z 9 października 1604 r. Dalej one „całościowy” obraz pozostałości wybuchu SN 1604 jako „bąbla” pyłu i gazu o średnicy ok. 14 l. św., rozszerzającego się z szybkością 6 mln km/h. Każdy z nich pokazał odstępnie składowe ekspandującą się otoczkę supernowej. M.in. dane podczerwone dostarczyły informacji o gazie i mikroskopijnych częsteczkach pyłu rozgrzanych i zepchniętych na periferie otoczkę przez falę uderzeniową wybuchu. Skład chemiczny tej materii jest podobny do pyłu tworzącego obłok, z którego uformowało się Słońce i nasz układ planetarny. Obserwacje teleskopem Chandra wskazały miejsca położenia bardzo gorącego (miliony K) gazu — leży on tuż za frontem fali uderzeniowej. Natomiast chłodniejszy gaz, emitujący promieniowanie X o niższej energii, jest skupiony głównie w grubej wewnętrznej otoczce zawierającej gros materiału wyrzuconego z eksplodującą gwiazdą.

Eksplozja supernowej powodowała powstanie fali uderzeniowej, która rozprzestrzeniła się z szybkością większą niż 35 mln km/h, zmiatała okoliczne gazy i pyły, powodując coś w rodzaju międzygwiazdowego tsunami.

Fot. NASA, oraz R.Sankrit i W. Blair z Johns Hopkins University w Baltimore

Nowe testy ogólnej teorii względności

Artykuł opisuje eksperymentalne testy efektów związanych z rotacją w relatywistycznej teorii grawitacji. Głównym celem satelitarnej misji Gravity Probe B (NASA) jest pomiar efektu Lense-Thirringa, tj. wpływu ruchu obrotowego Ziemi na otaczającą czasoprzestrzeń. Wynik eksperymentu umożliwi głębsze poznanie istoty grawitacji, siły bezwładności, a także postuży do sprawdzenia poprawności alternatywnych teorii

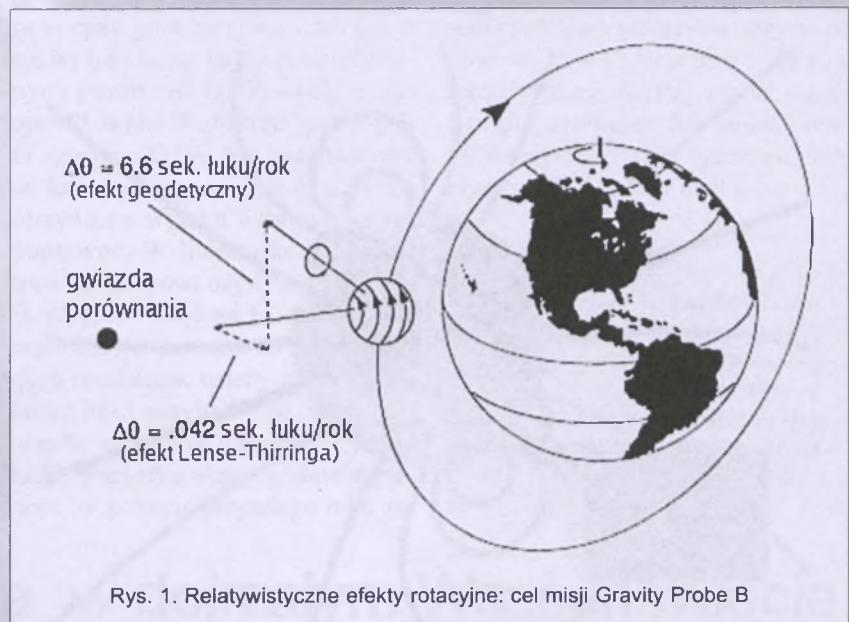
Ogólna teoria względności (OTW) Alberta Einsteina na zawsze zmieniła sposób postrzegania otaczającego nas Wszechświata. Zapisana w eleganckim języku geometrii różniczkowej teoria ta, przyznikomej liczbie założeń, umożliwia studiuującemu otrzymanie konsystentnego fizycznie obrazu. Dziś prawie bez zastrzeżeń wierzymy w przewidywanie niemieckiego fizyka, który stał się później jedną z ikon wiedzy powszechniej, a nawet popularnej (Albert Einstein został np. ogłoszony człowiekiem stulecia przez czasopismo „Time”). Trzeba jednak pamiętać, że Albert Einstein odpowiada za stworzenie dwóch, istotnie od siebie różnych teorii.

Pierwsza z nich, opublikowana w 1905 r. przełomowa szczególna teoria względności (STW), opisuje w oryginalny sposób połączenia ze sobą czasu i przestrzeni w jeden spójny obiekt, czasoprzestrzeń. Wprowadzenie związków pomiędzy współrzędnymi czasowymi i przestrzennymi oraz związków pomiędzy różnymi układami odniesienia (transformacji Lorentza) powoduje m.in. niemożność określenia jednoczesności danych zdarzeń (co jest zupełnie nieintuicyjne z punktu widzenia mechaniki Newtona, w której jawnie występuje pojęcie absolutnej przestrzeni i czasu). STW przewiduje także zachowanie się kształtów i mas obiektów poruszających się z prędkościami porównywalnymi z maksymalną możliwą prędkością tj. prędkością światła.

Teoria ta prowadzi do słynnego wzoru $E=mc^2$, bez znajomości którego nie byłoby możliwe działanie większości zdobyczy naukowych poprzedniego stulecia, np. akceleratorów cząstek i elektrowni atomowych. Ogólna teoria względności (ogłoszona w 1916 r.) jest natomiast popularną nazwą teorii grawitacji. OTW interpretuje, w przeciwieństwie do mechaniki Newtona, obserwacje ruchu masywnych ciał (np. planet) nie jako skutek działania siły grawitacji, lecz jako skutek zakrzywienia przestrzeni — tak więc eliptyczne orbity planet Układu Słonecznego są według OTW liniami geodezyjnymi (liniami najprostszymi) w obszarze krzywizny Słońca. Opis czasoprzestrzeni jako zakrzywionej czterowymiarowej przestrzeni sprawdził się w wielu zastosowaniach, jednak równie wiele zagadnień pozostaje do dziś nie wyjaśnionych. Jednym z nich jest pytanie o pierwotne pochodzenie bezwładności, zadawane już przez Izaaka Newtona, a później przez Ernesta Macha w prostym doświadczeniu myślowym: obracając wiadro z wodą względem nieruchomego Wszechświata, obserwujemy wpływ siły bezwładności na znajdującą się w wiadrze wodę; czy zatem obracając całym Wszechświatem wokół nieruchomego wiadra, zaobserwujemy ten sam wynik? Innymi słowy, czy bezwładność jest skutkiem oddziaływania masy testowej z całą resztą Wszechświata? Z całą pewnością odpowiedź na to pytanie nie jest trywialna.

Za życia Einsteina zweryfikowano jego teorię w dwóch eksperymentach: zmierzono ruch peryhelium Merkurego (wynoszący 43 sekundy łuku na stulecie) oraz zaobserwowano ugięcie światła gwiazd w polu grawitacyjnym Słońca (soczewkowanie grawitacyjne). Spośród proponowanych ówcześnie testów poczerwienienie grawitacyjne, czyli zmniejszenie częstości fotonów emitowanych w pobliżu masywnego obiektu zostało doświadczalnie dowiedzione w latach 70. za pomocą satelitarnych eksperymentów zegarowych. Sprawdzono także tzw. efekt Shapiro — opóźnienie czasowe sygnału przechodzącego w pobliżu ciała masywnego. Strumień interesujących astrofizycznych danych pochodzi też z obserwacji podwójnych relatywistycznych pulsarów, w szczególności sławnego obiektu PSR 1913+16, za odkrycie którego R. Hulse i J. Taylor dostali Nagrodę Nobla w 1993 r. — jest to jeden z niewielu obiektów wykorzystywanych przez naukowców do badania własności silnego pola grawitacyjnego. Można więc zadać sobie pytanie, czy po prawie stu latach sukcesów istnieje w ogóle potrzeba nowych niezależnych testów — dotychczasowe weryfikacje utwierdziły badaczy w przekonaniu, że nowatorska teoria Einsteina jest poprawna. Paradoksalnie jest mimo to faktem, że OTW jest jedną z najgorzej sprawdzonych doświadczalnie teorii.

Szczególną uwagę fizyków przy-



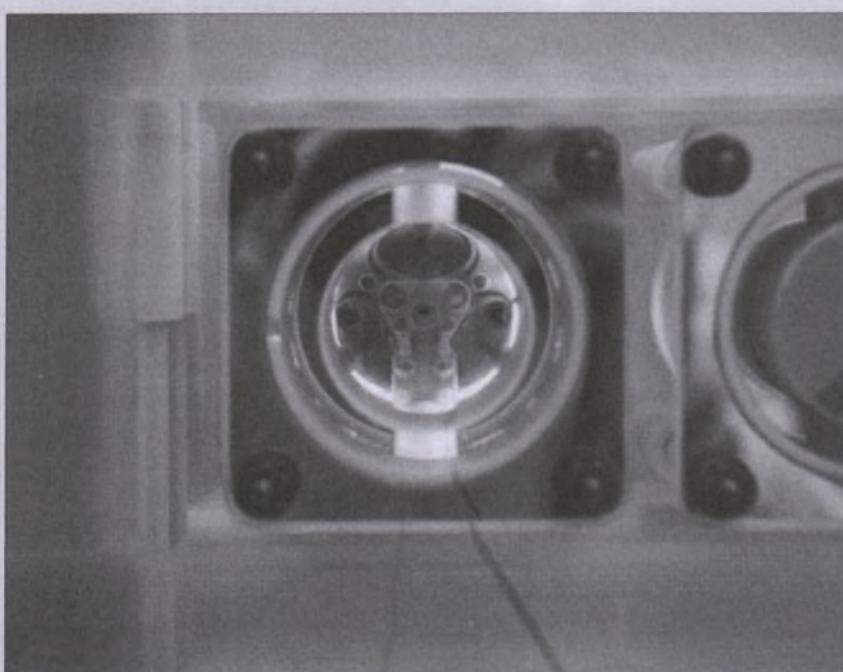
Rys. 1. Relatywistyczne efekty rotacyjne: cel misji Gravity Probe B

ciąga możliwość skonstruowania teorii grawitacji o właściwościach innych niż OTW. O prawidłowości danej teorii decydują jednak tylko dodatkowe eksperymenty. Przykładem może być negatywna weryfikacja efektu Nordtvedta, czyli hipotetycznej nie-Newtonowskiej oscylacji w odległości Ziemia-Księżyc (efekt ten nie istnieje w OTW). Dokładne laserowe pomiary odległości nie wykazały istnienia efektu Nordtvedta, co pozwoliło wyeliminować parę współzawodniczących teorii.

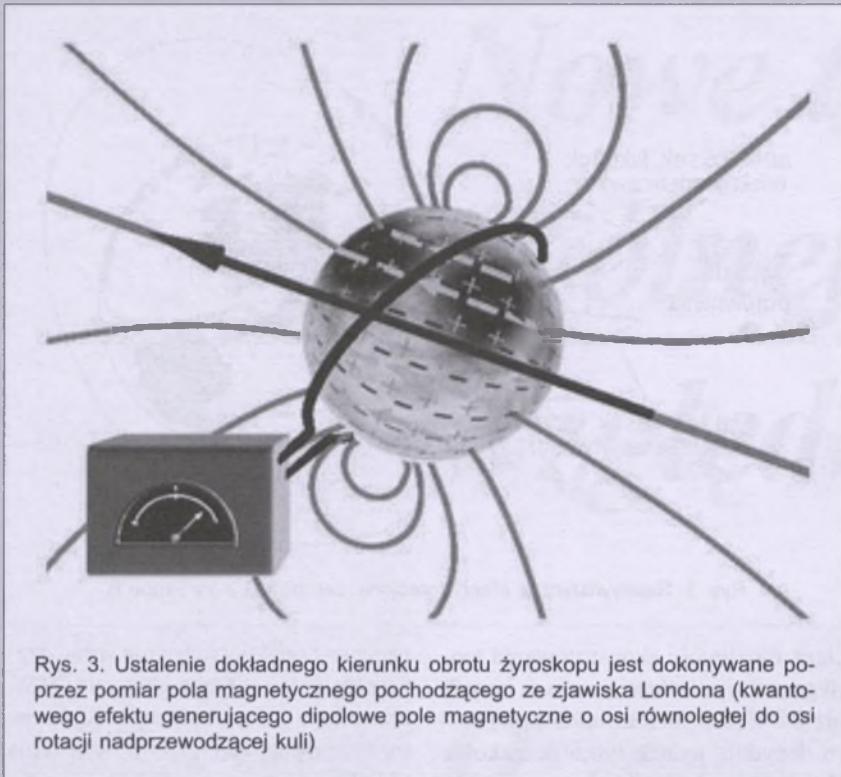
W roku 1960 Leonard Schiff z Uniwersytetu Stanforda oraz, niezależnie George Pugh z Departamentu Obrony USA, zaproponowali nowy test. Eks-

peryment miał dotyczyć nie sprawdzanego dotychczas przewidywania OTW, tzw. efektu Lense-Thirringa. Efekt ów (nazywany także efektem „wleczenia układów inercjalnych”, ang. *frame-dragging effect*) został przewidziany teoretycznie w 1918 r. przez austriackich fizyków, J. Lense i H. Thirringa. Postulowali oni, że obracające się masywne ciało „wleče” za sobą przestrzeń w kierunku ruchu rotacyjnego. Innymi słowy, wokół obracającego się obiektu nawet inercjalni obserwatorzy (obserwatorzy poruszający się ruchem jednostajnym) nie stanowią nieruchomego układu odniesienia względem punktu w nieskończoności. Nie trzeba oczywiście nikogo przekonywać, że efekt ten nie występuje w teorii Newtona.

Pozostawało jedynie pytanie, jak zmierzyć ów interesujący efekt. Sugestią L. Schiffa było skorzystanie z żyroskopu, naturalnego instrumentu utrzymującego wybrany kierunek. Dostatecznie długo swobodnie wirujący żyroskop powinien zatem odchylić się od pierwotnego kierunku właśnie za sprawą efektów relatywistycznych. Żyroskop nie może jednocześnie podlegać nawet najmniejszym zaburzeniom, co oznacza, że powinien poruszać się po „najbardziej geodezyjnej” trajektorii z możliwych. Z tego powodu od razu stało się jasne, że aby zapewnić odpowiednie warunki i gwarantowaną precyzję, eksperyment należy przeprowadzić w przestrzeni kosmicznej. Ze względu na koszty zdecydowano się na okoziemską



Rys. 2. Rotor żyroskopu Gravity Probe w obudowie z kwarcu

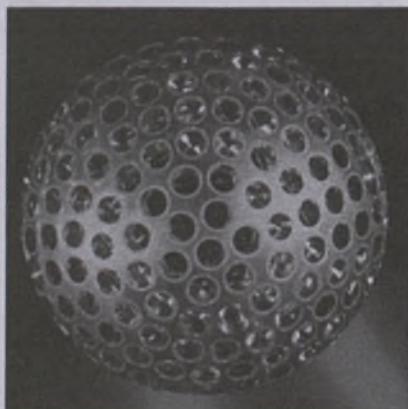


Rys. 3. Ustalenie dokładnego kierunku obrotu żroskopu jest dokonywane poprzez pomiar pola magnetycznego pochodzącego ze zjawiska Londona (kwantowego efektu generującego dipolowe pole magnetyczne o osi równoległej do osi rotacji nadprzewodzącej kuli)

misję orbitalną, ochrzczoną mianem Gravity Probe¹.

Jest to przypuszczalnie najdłużej projektowane, a z pewnością najdroższej przemyślano (w komisji oceniającej naukową część misji zasiadają znakomici fizycy, np. Clifford Will) doświadczenie z zakresu badania grawitacji. Od wstępnych planów do pomyslnego wystrzelienia sondy Gravity Probe przez NASA w kwietniu 2004 r. minęło ponad 40 lat. Sonda Gravity Probe B (dla odróżnienia od misji Gravity Probe A zrealizowanej w latach 70., przy użyciu której zmierzono po raz pierwszy poczerwienie grawitacyjne) ma za zadanie obserwację zmian kierunku żroskopu swobodnie poruszającego się w polu grawitacyjnym Ziemi. Satelitę umieszczono na 640-km orbicie biegunowej. Zmiana kierunku żroskopu składa się w istocie z dwóch odrębnych efektów (rys. 1). Ilościowo dominujący efekt geodetyczny jest wywoływany przez krzywiznę przestrzeni wokółziemskiej oraz sprzężenie spin-orbita (przewidywanie OTW: 6600 milisekund łuku/rok odchylenia osi żroskopu w kierunku równoległym do płaszczyzny

orbity). O wiele mniejszy, ale bardziej istotny z punktu widzenia teoretycznego, bowiem bezpośrednio związany z rotacją efekt Lense-Thirringa spowoduje (wg OTW) odchylenie 42 milisekund łuku/rok prostopadle do płaszczyzny orbity w kierunku ruchu obrotowego Ziemi. Wspomniane kąty są bardzo małe, biorąc pod uwagę, że skumulowany w ciągu roku efekt Lense-Thirringa odpowiada rozmiarowi kątowemu monety widzianej z odległości 100 km (dla bardziej astronomicznego porównania, średnica Jowisza obserwowanego z Ziemi to około 50 sekund łuku, czyli 1000 razy więcej niż efekt „wleczenia układów”), dokładność pomiaru jest wręcz kluczowa.



Rys. 4. Satelita LAGEOS: aluminiowa kula pokryta odbijającym światło laserów materiałem

Niestety, problemy piętrzą się wszędzie. Po pierwsze, należało ustalić względem czego mierzyć odchylenie. Konstruktorzy misji wybrali gwiazdę odniesienia IM Peg (HR8703), będącą w rzeczywistości układem podwójnym typu RS Cvn o średniej jasności wizualnej 5^{m,6}. Przez cały czas trwania misji jest ona obserwowana z dokładnością 0,1 milisekund łuku przez umieszczone na pokładzie sondy teleskop o średnicy lustra 14 cm. Aby nie stracić dokładności ze względu na ruchy własne gwiazd w Galaktyce, istotna jest radiowa aktywność IM Peg; obserwacje gwiazdy są prowadzone równocześnie przez VLBI (Very Large Base Interferometer) z powierzchni Ziemi i porównywane z pozycją odległego radiokwazara. W ten sposób układem odniesienia dla Gravity Probe B stają się najdalsze widoczne we Wszechświecie obiekty.

Drugim ważnym problemem jest monitorowanie ruchu samego żroskopu, a właściwie czterech niezależnych od siebie urządzeń. Pojedynczy żroskop składa się kwarcowej kuli o promieniu 19 mm pokrytej cienką warstwą niobu (rys. 2). Rotory Gravity Probe są, oprócz gwiazd neutronowych, najbardziej kulistymi obiektami znanimi ludzkości — nierówności na ich powierzchni są rzędu długości fali światła widzialnego! Docelowa prędkość rotacji wynosi około 10 000 obrotów/min. Całość konstrukcji jest przez cały czas utrzymywana w temperaturze 1,8 K za pomocą zgromadzonego na pokładzie płynnego helu. Temperatura bliska zera absolutnego jest niezbędna, aby pokrywający rotory niob stał się nadprzewodzący — wyznaczenie kierunku osi żroskopu korzysta z odkrytego w latach 50. poprzedniego stulecia zjawiska Londona: wirująca nadprzewodząca kula generuje bardzo słabe pole magnetyczne o osi dokładnie równoległej do osi obrotu (rys. 3). Kierunek osi obrotu określa się pośrednio poprzez pomiar napięcia generowanego przez pole magnetyczne w nadprzewodzącej pętli otaczającej rotor. Dokładność pomiaru pola magnetycznego jest rzędu 10^{-14} G, co odpowiada 0,1 milisekundzie łuku odchylenia osi żroskopu. O tak fantastyczną precyzję dba urządzenie o nazwie SQUID (Superconducting QUantum Interference Devi-

¹ Szczerze zachęcam do odwiedzenia strony internetowej projektu: <http://einstein.stanford.edu>. Znajdą tam Państwo mnóstwo ciekawych informacji, a także bieżące relacje z przebiegu misji.

ce), którego używano m.in. do pomiaru pola magnetycznego emitowanego przez żywe organizmy.

Misja Gravity Probe nie jest oczywiście jedynym eksperymentem stawiającym sobie za cel zbadanie relatywistycznych efektów rotacji. We wrześniu 2004 r. prestiżowe czasopismo naukowe „Nature” zamieściło artykuł badaczy z grupy LAGEOS (Laser GEodynamics Satellites) I. Ciufoliniego i E. C. Pavlisa, w którym ogłasza oni zarejestrowanie efektu Lense-Thirringa. Satelity LAGEOS (rys. 4) zostały pierwotnie zaprojektowane do badania ziemskiego

potencjału grawitacyjnego. Ich pozycje wyznacza się, używając precyzyjnych pomiarów laserowych. Efekt opublikowany w „Nature” jest w pełni zgodny z OTW, nie jest natomiast do końca jasne, czy metody użyte do otrzymania wyniku były całkowicie poprawne. W literaturze naukowej trwa na ten temat ożywiona debata.

Wygląda więc na to, że aby być w zupełności pewnym co do ostatecznych rezultatów, należy poczekać do końca misji Gravity Probe. Sonda jest w trakcie zbierania informacji i, jak na razie, wszystko idzie zgodnie z planem. W połowie przyszłego roku ze-

spół opiekujący się satelitą otrzyma od obserwatorów VLBI wyniki pomiarów ruchu własnego IM Peg, umożliwiając tym samym korekcję pomiarów, a wtedy przekonamy się ostatecznie, czy i tym razem Einstein miał rację.

Michał Bejger jest doktorantem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. Główny temat jego badań stanowi gwieździste neutronowe, w szczególności wpływ własności materii gęstej na ich parametry obserwacyjne

Młoda galaktyka w dojrzałym Wszechświecie

Obserwacje uzyskane przy użyciu teleskopu Hubble'a pozwoliły uściślić wiek gwiazd wchodzących w skład galaktyki I Zw 18, potwierdzając przypuszczenia, że może to być najmłodsza z dotychczas zaobserwowanych galaktyk. Wszystko wskazuje na to, że rozpoczęła ona swoją ewolucję poprzez procesy gwiazdotwórcze zaledwie 500 mln lat temu. W skali kosmologicznej to rzeczywiście niewiele — Droga Mleczna jest ponad 20 razy starsza i zapewne trudno będzie znaleźć w obecnym Wszechświecie inny przykład tak słabo wyewoluowanej galaktyki.

Tajemnicze oznaczenie I Zw 18 pochodzi z katalogu około 30 tys. pobliskich galaktyk, sporządzonego w latach 30. XX w. przez szwajcarskiego astronoma Fritza Zwicky'ego na podstawie fotograficznego przeglądu nieba północnego. Już ponad 30 lat temu obiekt ten zwrócił na siebie uwagę nietypowymi charakterystykami. Odległa o 45 mln lat św. I Zw 18 stała się prototypem całej klasy błękitnych, zwartych galaktyk karłowatych. Jak się okazało, zawartość metali oszacowana na podstawie widma była 50-krotnie mniejsza od słończej, co do chwili obecnej pozostaje rekordowo niską wielkością, jeśli chodzi o galaktyki. Toteż astronomowie podejrzewali, że jest to obiekt młody, którego materia nie została jeszcze w sposób istotny wzbogacona w cięższe pierwiastki na drodze ewolucji gwiazd.

Jak się przypuszcza, obiektów tego typu było bardzo dużo w młodym Wszechświecie (potwierdzają to zresztą

obserwacje tzw. głębokich pól). Z czasem znakomita większość z nich, zderzając i sklejając się ze sobą, utworzyła galaktyki w formie znanej nam obecnie. Każde takie spotkanie rozniecało gwiazdotwórczą aktywność, w wyniku której zmienia się skład chemiczny materii galaktyk. Gwiazdy najmasywniejsze rozeszły ciężkie pierwiastki, wybuchaając jako supernowe, zaś te o masie zbliżonej do słończej — w formie wiatru gwiazdowego w fazie czerwonego olbrzyma oraz mgławicy planetarnej.

Szczegółowe badania składu gwiazdowego galaktyki I Zw 18 ujawniły zaskakujący fakt: w galaktyce tej nie ma jeszcze nawet czerwonych olbrzymów, najbardziej zaawansowane ewolucyjnie gwiazdy znajdują się na tzw. asymptycznej gałęzi olbrzymów i — jak się ocenia — rozpoczęły swą ewolucję 500 mln lat temu. Dzięki doskonalej rozdzielczości i czułości teleskopu kosmicznego (co prawda wykonanie tak drobnozawierającej analizy wymagało łącznie 19 godz. obserwacji, wykonanych na przełomie maja i czerwca 2003 r.) można było w dostatecznym stopniu rozdzielić obraz nawet tak niewielkiej, słabej i odległej galaktyki. Podsumowując

ca ten projekt praca ukazała się 1 grudnia ub. roku w *Astrophysical Journal* (dostępna też jako astro-ph/0408391). Prowadzący badania Y.I. Izotov z Obserwatorium Astronomicznego w Kijowie oraz T.X. Thuan z Uniwersytetu Virginii zidentyfikowali 3 pokolenia gwiazd, utworzone w odstępach około 200 mln lat. Najmłodsze pokolenie powstało w ciągu ostatnich 100 mln lat, przy czym ostatni okres wzmożenia gwiazdotwórczej aktywności miał miejsce 4 mln lat temu. Nic zatem dziwnego, że materia tworząca galaktykę I Zw 18 bardzo jeszcze przypomina pierwotną mieszaninę wodoru i helu. Badając ją, mamy więc niesamowitą wręcz okazję obcowania z jedyną w swoim rodzaju skamieniałością z epoki młodego Wszechświata. (kr)



Lot do Saturna



Od prawie czterech stuleci planeta Saturn, jako wyjątkowo urodziwe i frapujące ciało niebieskie, jest przedmiotem szczególnie intensywnych obserwacji i badań. Obecnie jest celem jednego z największych przedsięwzięć w dziedzinach penetracji przez człowieka Układu Słonecznego. W 1997 r. rozpoczął się bowiem prawie 7-letni lot do Saturna sondy kosmicznej Cassini, która w połowie 2004 r. stała się sztucznym satelitą tej planety i przez co najmniej 4 lata będzie poznawać jej osobliwości oraz tajniki pierścienia, licznych księżyców i najbliższego otoczenia. Jednym z najciekawszych punktów programu misji Cassini ma być lądowanie w styczniu 2005 r. próbnika Huygens na Tytanie dla poznania jego intrygującej atmosfery i tajemniczej powierzchni.

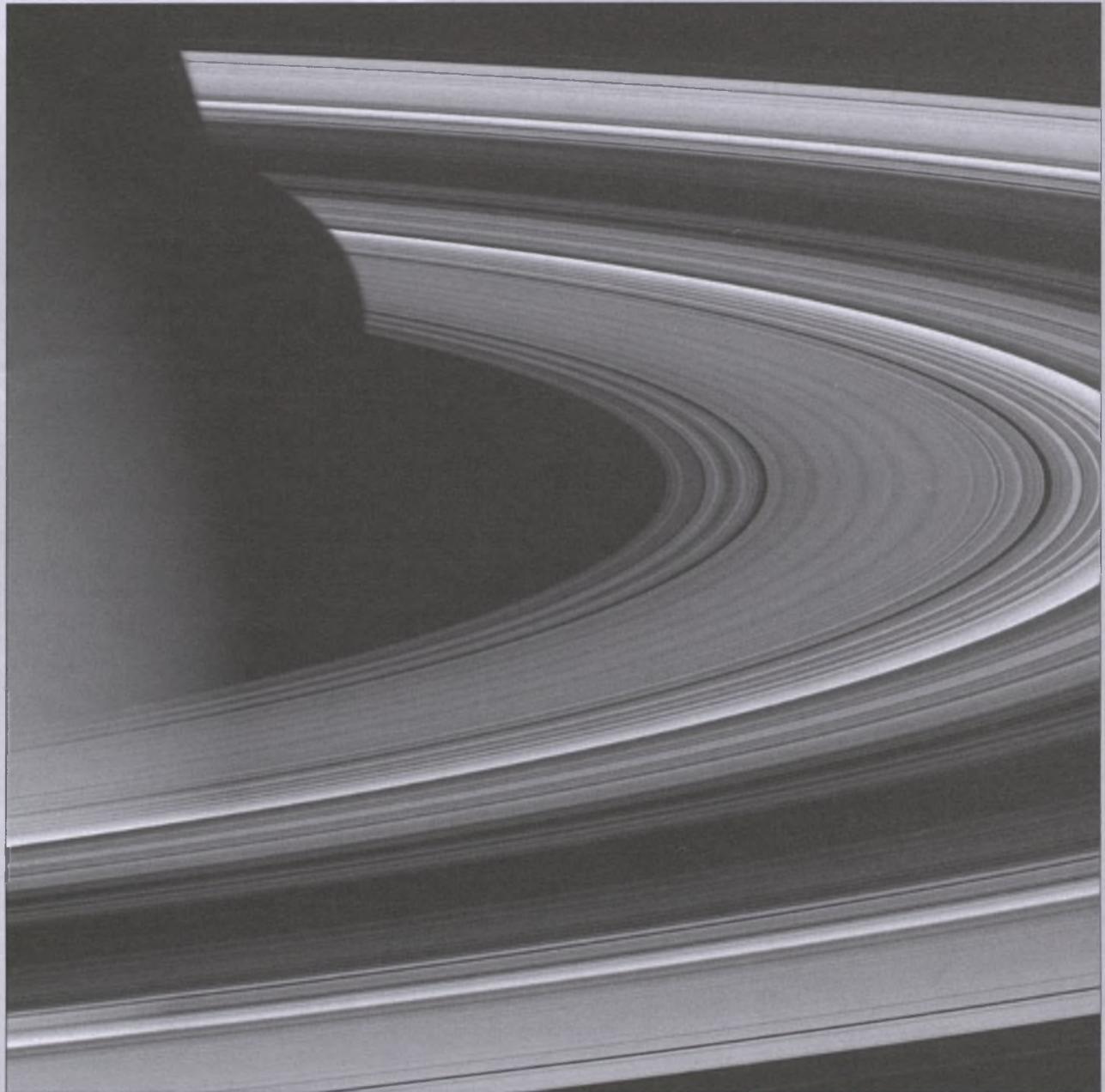
Cassini

Projekt utworzenia sztucznego satelity Saturna dla bardziej szczegółowego zbadania jego osobliwości zaczął się krystalizować wkrótce po obfitującym w spektakularne odkrycia przelocie kwieciny wieku temu dwóch sond Voyager koło tej planety. Prawie 15-letni okres tworzenia koncepcji naukowych, opracowywania planów i konstrukcji aparatury zaowocował niezwykle ambitnym projektem kompleksowych badań układu Saturna, nazwanym misją Cassini dla upamiętnienia astronoma, który położył podwaliny pod gmach wiedzy o Saturnie zbudowany przez nowożytną naukę. Jest to wspólne dzie-

łо amerykańskiej agencji NASA, Europejskiej Agencji Kosmicznej i Włoskiej Agencji Kosmicznej. W jego realizacji uczestniczy wiele instytucji naukowych i firm przemysłowych z kilkunastu krajów, w tym także z Polski.

Cele naukowe misji Cassini zostały sprecyzowane w pięciu grupach tematycznych uznanych za najważniejsze dla jak najlepszego poznania Saturna. Obejmują one wszechstronne badania: globu planety i jej atmosfery (uwzględniające skład pierwiastkowy, fotochemię, meteorologię, problemy cyrkulacji materii, budowę wewnętrzną itd.), struktury i dynamiki pierścieni (w szczególności ich związków z satelitami), magnetysfery (m.in. pola magnetycznego oraz jego relacji z wiatrem słonecznym, a także pierścieniami i księżycami), największego satelity Saturna — Tytana (przede wszystkim jego atmosfery i powierzchni) oraz księżyców skalnolodowych (topografii ich powierzchni, rozkładu kraterów uderzeniowych, ich oddziaływań z magnesferą i pierścieniami itp.).

Sonda kosmiczna Cassini jest jednym z największych i najbardziej złożonych obiektów międzyplanetarnych wystrzelonych dotychczas z Ziemi. Jej masa w momencie startu wynosiła 5548 kg, przy czym aż 3132 kg stanowiło paliwo niezbędne do pracy silników (głównego i zapasowego oraz 16 małych silniczków pomocniczych) dla wprowadzenia sondy na orbitę wokół Saturna i manewrów podczas czteroletnich badań planety i jej otoczenia.



Widok ciemnej strony Saturna i jego pierścieni uzyskany 27 października 2004 r. w podczerwieni. Widoczny jest fragment „nocnej” strony planety i cień jego atmosfery na płaszczyźnie pierścieni. Stacja kosmiczna była wtedy w odległości 618 tys. km od planety

Sonda ma kształt walca o wysokości 6,8 m i maksymalnej średnicy około 4 m. Jest wyposażona w trzy anteny: główną o średnicy 4 m i dwie mniejsze. Maksymalne tempo transmisji danych sięga prawie 250 kilobitów na sekundę. Łączność z sondą zapewniają trzy 34 m radioteleskopy w Australii, Hiszpanii i Kalifornii (przypomnijmy, że sygnał radiowy na przebycie odległości z Ziemi do sondy krążącej wokół Saturna i odwrotnie potrzebuje od 68 do 84 min w zależności od aktualnej odległości między obu planetami).

Źródłem energii elektrycznej dla zasilania aparatury naukowej i wszystkich urządzeń sondy są 3 izotopowe ogniwa termoelektryczne, których pa-

liwem jest promieniotwórczy pluton, dostarczające mocy około 675 W. Obecność substancji radioaktywnej na pokładzie sondy wywołała liczne protesty osób i organizacji zaniepokoionych możliwością skażenia atmosfery w przypadku nieudanego startu; NASA odpowiedziała na nie upowszechnieniem dowodów bardzo małego prawdopodobieństwa takiej katastrofy i szeroką prezentacją znaczenia i korzyści, jakie przyniesie misja. Warto jeszcze wspomnieć o ciekawostce, że w komputerze Cassiniego został umieszczony dysk z cyfrowym zapisem ponad 616 tys. podpisów mieszkańców Ziemi pochodzących z 81 krajów, w tym także z Polski (akcję zbierania takich

podpisów w naszym kraju zorganizowała „Gazeta Wyborcza”).

Na pokładzie sondy Cassini znajduje się 12 kompleksowych zestawów aparatury naukowej (o łącznej masie 366 kg) oraz zbudowany przez Europejską Agencję Kosmiczną próbnik Tytana o nazwie Huygens (upamiętniający odkrywcę Tytana). Przewiduje się, że zespół kamer do wykonywania zdjęć w promieniowaniu widzialnym, bliskim nadfiolecie i bliskiej podczerwieni dostarczy około 300 tys. kolorowych fotografii Saturna, jego pierścieni i satelitów, w tym 1100 zdjęć wykonanych z próbnika Huygens. Urządzenia radarowe sondy pozwolą na poznanie ukształtowania powierzchni Tytana

i innych satelitów. Do badania własności fizycznych i składu chemicznego atmosfer Saturna i Tytana, pierścieni Saturna oraz najbliższego otoczenia jego satelitów lodowych będą służyć spektrometry masowe cząstek neutralnych i jonów oraz skanerowe spektrometry promieniowania widzialnego, nadfioletu i podczerwieni. Pomiary własności środowiska plazmowego układu Saturna i jego magnetosfery oraz ich wpływu na wiatr słoneczny będą prowadzone za pomocą magnetometru, detektorów fal plazmowych i radiowych, detektorów magnetosferycznych cząstek neutralnych oraz analizatora pyłu.

Próbnik Huygens ma masę 373 kg, z czego na aparaturę naukową przypada 43 kg i około 100 kg na mającą kształt dysku o średnicy 2,7 m osłonę termiczną, która będzie chronić próbnik podczas przelotu przez atmosferę Tytana (rozgrzeje się ona wtedy do temperatury około 1700°C). Ponieważ o powierzchni Tytana prawie nic nie wiadomo, więc próbnik został tak skonstruowany, aby mógł osiąść zarówno natwardej powierzchni, jak i w ewentualnym oceanie ciekłego metanu, którego istnienia nie można wykluczyć. Na pokładzie próbnika znajduje się 6 zestawów przyrządów: kamera i radiometr spektralny, urządzenie radarowe do dopplerowskich pomiarów prędkości wiatru, przyrząd do analizy aerosoli, chromatograf gazowy oraz dwa kompletty czujników do badań atmosfery i pomiarów fizykochemicznych na powierzchni. Elementem jednego z nich jest czujnik do pomiaru temperatury i przewodnictwa cieplnego zaprojektowany i zbudowany w Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie.

Wkład Polski

Zaproszenie Polski do udziału w tak wielkim i prestiżowym przedsięwzięciu międzynarodowym, jakim jest misja Cassini, wydaje się świadczyć o uznaniu, z jakim spotykają się na świecie dotychczasowe osiągnięcia naszego kraju w badaniach kosmicznych. Skonstruowane przez polskich naukowców i techników urządzenie zostało oparte na prostej zasadzie działania termometru oporowego, ale warunki, w których taki termometr musi funkcjonować, wymagały zastosowania skomplikowanych rozwiązań tech-

nicznych. Warto więc poświęcić im tutaj kilka słów omówienia.

Zestaw czujników do badań własności termicznych Tytana składa się z czterech cylindrycznych kapsułek wykonanych z metalu zwanego tytanem. Wzdłuż osi każdej z nich rozpięty jest bardzo cienki drucik platynowy (o grubości rzędu kilku mikronów), przez który przepuszczany jest prąd elektryczny o stałym natężeniu. Pomiar oporu elektrycznego drutu dostarcza informacji o jego temperaturze, a tym samym o temperaturze otoczenia. Ale przepływ prądu rozgrzewa drucik, a to z kolei powoduje ogrzewanie zawartości kapsułki. Szybkość, z jaką rośnie temperatura drutu, pozwala określić przewodnictwo cieplne materii znajdującej się w kapsułce, a więc zarówno atmosfery Tytana, jak i ewentualnej cieczy znajdującej się na jego powierzchni. Jednym z najtrudniejszych do pokonania problemów konstrukcyjnych była konieczność zagwarantowania kapsułkom takiego systemu wlotu i wylotu analizowanej substancji, który eliminowałby konwekcję w ich wnętrzu wymuszoną ruchem próbnika, np. podczas jego opadania w atmosferze Tytana. Inną poważną trudnością było umocowanie kapsuł w całym urządzeniu, zapewniające wytrzymanie przez cieniutkie druciki przeciążeń i wstrząsów podczas startu sondy.

Drugim wkładem polskiej myśli technicznej do misji Cassini było zaprojektowanie układów elektroniki analogowej obsługujących pięć czujników do badań własności fizycznych powierzchni Tytana. Szczególnie wysokie wymagania stwarzał akcelerometr, który będzie generował bardzo duży strumień danych pomiarowych w bardzo krótkim czasie, a także czujnik termiczny, od którego oczekuje się dokładności absolutnej pomiaru temperatury rzędu 0,01 stopnia, a względnej nawet na poziomie 0,0001 stopnia. Układy elektroniczne zbudowane w Anglii według polskiego projektu przeszły pomyślnie wszystkie skomplikowane testy przedstartowe i weszły w skład aparatury próbnika Huygens.

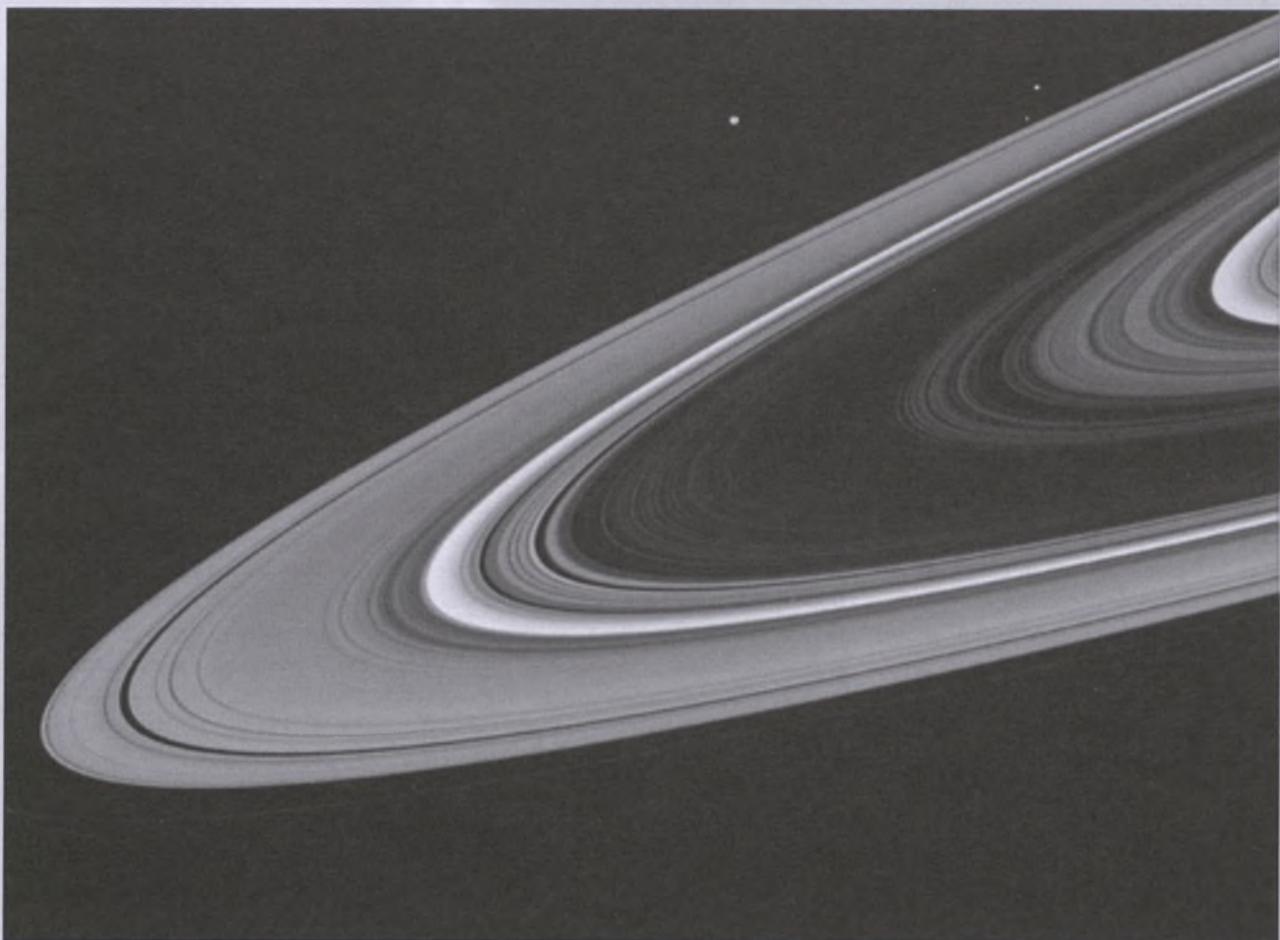
Wyniki pomiarów wykonanych przez przyrządy Huygensa — zarówno podczas przelotu przez atmosferę, jak i po osiągnięciu powierzchni — będą w czasie rzeczywistym przekazywane drogą radiową do sondy Cassini znajdującej się w tym czasie w pobliżu

Tytana, a następnie zostaną wysłane na Ziemię. Kontakt próbniaka z sondą będzie mógł być utrzymany jednak tylko przez zaledwie kilka godzin po wylądowaniu próbniaka, podczas których antena nadawcza próbniaka będzie „widziała” antenę odbiorczą sondy. To, jak również czas życia baterii dostarczających energię wszystkim urządzeniom, ogranicza okres funkcjonowania próbniaka na powierzchni Tytana.

Rozpędzanie się

Sonda Cassini została wystrzelona z przylądka Canaveral na Florydzie za pomocą rakiety Titan4B/Centaur w dniu 15 października 1997 r. Rozpoczęła się w ten sposób jej prawie 7-letnia podróż do Saturna. Optymalna pod względem energetycznym trasa przelotu prowadziła najpierw w kierunku Wenus. Aby osiągnąć zaplanowany efekt przyspieszenia sondy w wyniku oddziaływanego grawitacyjnego tej planety, przeprowadzono w dniu 9 listopada 1997 r. pierwszą niewielką korektę trajektorii. Polegała ona na powiększeniu prędkości sondy o 2,7 m/s, co osiągnięto w wyniku pracy jej głównego silnika przez 35 s. Zbliżenie do Wenus nastąpiło 26 kwietnia 1998 r.: Cassini przeleciał w odległości zaledwie 284 km od powierzchni planety, czyli niemal dokładnie tak, jak planowano; jego prędkość względem Słońca zwiększyła się dzięki temu o 6 km/s. Aby zapewnić odpowiednie przyspieszenie sondy i zmianę jej trajektorii podczas drugiego przelotu koło Wenus, który był planowany po pełnym okrążeniu Słońca, ponownie uruchomiono główny silnik w dniu 3 grudnia 1998 r. Jego praca przez 90 min doprowadziła tym razem do zmniejszenia prędkości sondy o 450 m/s, w wyniku czego 24 czerwca 1999 r. Cassini zbliżył się do Wenus na odległość 603 km od jej powierzchni, a to spowodowało powiększenie heliocentrycznej prędkości sondy o 7 km/s i skierowanie jej ku Ziemi.

Podczas obu przelotów koło Wenus nie prowadzono — głównie ze względów oszczędnościowych — żadnych obserwacji ani pomiarów naukowych dotyczących tej planety, z jednym wyjątkiem. Włączony na kilka godzin detektor fal radiowych i plazmowych wysokich częstotliwości (od 0,125 do 16 MHz) próbował wyśledzić wylądowania elektryczne w atmosferze Wenus.



Obraz pierścieni Saturna uzyskany przez sondę Cassini, gdy przechodziła nad ciemną stroną Saturna w dniu 27 października 2004 r. w odległości 757 tys. km od planety. Widoczne są 3 księżyce Saturna: Minas, tu najaśniejszy (ma „średnicę” 398 km), słabszy Janus (181 km) i najbliżej pierścieni — Prometeusz (102 km)

Wiadomo, że efektem tego rodzaju aktywności elektrycznej jest generacja fal, które przyrząd Cassiniego musiałaby zarejestrować. Sądzono, że w gęstej atmosferze Wenus do takich wyładowań dochodzi stosunkowo często; wydawały się to potwierdzać wcześniejsze obserwacje wykonane za pomocą sond kosmicznych Venera i Pioneer-Venus. Oceniano, że gdyby były one tak intensywne, jak w atmosferze Ziemi, to sonda Cassini bez trudu by je zarejestrowała. Wynik pomiarów okazał się jednak negatywny: podczas obu zbliżeń do Wenus nie zaobserwowano żadnych przejawów wyładowań, co wskazuje, że środowisko elektryczne Wenus jest odmienne od ziemskiego.

Niespełna 2 miesiące po drugim przelocie sondy koło Wenus Cassini powrócił w pobliże Ziemi. Drobna korekta trajektorii, którą wykonano 11 sierpnia 1999 r., włączając na 130 s główny silnik, pozwoliła na precyzyjne wykorzystanie wspomagania grawitacyjnego Ziemi dla zmiany toru i przyspieszenia ruchu sondy. W dniu 18 sierpnia 1999 r. Cassini przelciał nad

wschodnim Pacyfikiem w minimalnej odległości od powierzchni 1171 km; prędkość sondy została dzięki temu powiększona o 5,5 km/s. Zbliżenie to wykorzystano ponadto do kontroli i kalibracji niektórych urządzeń sondy, m.in. po raz pierwszy uruchomiono kamerę fotograficzną, którą skierowano na satelitę Ziemi, uzyskując znakomite zdjęcia Księżyca, świadczące o prawidłowym funkcjonowaniu przyrządu.

Po minięciu Ziemi Cassini poleciął w kierunku Jowisza, którego wspomaganie grawitacyjne miało już naprowadzić sondę na tor ku ostatecznemu celowi podróży. Osiagnięcie największej planety wymagało jednak przelotu przez pas główny planetoid. Mniej więcej od końca 1999 do połowy 2000 r. sonda znajdowała się w obszarze ruchu małych planet. Również i teraz wzgłydy oszczędnościowe spowodowały, że nie planowano żadnego jej zbliżenia do planetoidy. Okazało się jednak (na co zwrócił uwagę angielski student Tolis Christon), że 23 stycznia 2000 r. Cassini przeleci w odległości około 1,5 mln km od planetoidy (2685) Masursky.

Zdecydowano się więc na wyłączenie niektórych przyrządów sondy, w szczególności kamery, dla ewentualnego zaobserwowania obiektu, o którym dotychczas wiedziano niewiele więcej ponad to, jak się porusza wokół Słońca i do jakiego typu widmowego się zalicza. Planetoida Masursky została odkryta 3 maja 1981 r. przez Edwarda Bowella we Flagstaff i nazwana na cześć amerykańskiego geologa planetarnego Harolda Masursky'ego (1923-1990), który opracowywał dane m.in. z misji kosmicznych Apollo, Viking i Voyager. Z obserwacji, które Cassini zdołał wykonać, oszacowano jej rozmiary na 15-20 km i stwierdzono, że widmo promieniowania odbitego od jej powierzchni nie w pełni uzasadnia dotychczasową klasyfikację tej planetoidy jako obiektu typu S, czyli obfitującego w minerały (głównie oliwin i piroksen) z domieszkami metali; być może jest to więc obiekt o jakimś innym, nie znanym jeszcze materiale powierzchniowym.

Rok 2000 w życiu sondy Cassini zapisał się jeszcze jednym nieoczekiwa-

nym wydarzeniem. Przeprowadzone w lutym tego roku testy aparatury ujawniły poważny problem dotyczący łączności radiowej pomiędzy sondą a próbnikiem Huygens podczas jego lądowania i pracy na powierzchni Tytana. Okazało się, że prędkość Cassiniego względem Tytana będzie tak duża, iż wynikające stąd przesunięcie dopplerowskie częstotliwości sygnałów wysyłanych z próbnika uniemożliwi ich odbiór przez sondę, co spowoduje utratę niemal wszystkich danych pomiarowych zebranych przez przyrządy Huygensa. Groźba niepowodzenia jednego z najważniejszych i najciekawszych eksperymentów całej misji stała się realna. Kilkumiesięczne intensywne poszukiwania sposobu zaradzenia temu wcześniejszemu niedopatrzeniu, którego można było przecież uniknąć, przyniosły zadziwiająco proste rozwiązanie. Wystarczyło nieco zmienić planowaną geometrię przelotu Cassiniego koło Saturna i moment lądowania Huygensa na Tytanie, aby zapewnić urządzeniu odiorczemu sondy możliwość pełnej rejestracji danych wyemitowanych z próbnika. Według zmodyfikowanego

programu, lądowanie nastąpi 14 stycznia 2005 r. (zamiast planowanego pierwotnie 27 listopada 2004 r.), a Cassini minie w tym czasie Tytana w odległości około 65 tys. km, czyli ponad 50 razy większej niż początkowo zakładana. Ceną za naprawienie tego błędu będzie jednak trochę większe zużycie paliwa potrzebnego do odpowiednich manewrów sondą.

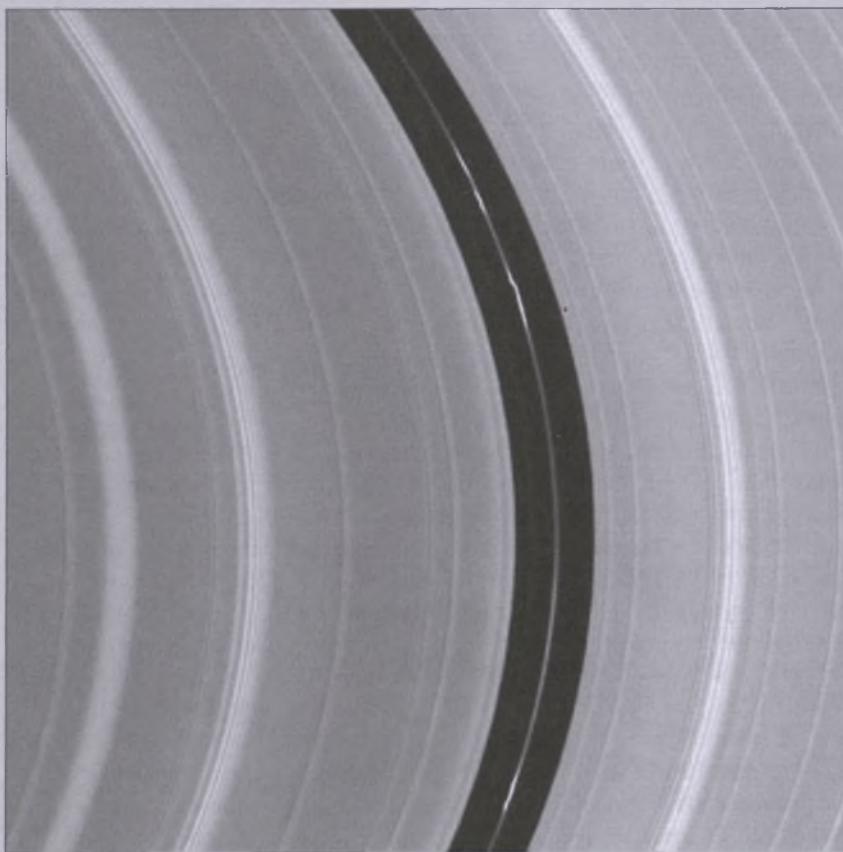
Przelot Tysiaclecia

Na przełomie lat 2000 i 2001 Cassini znalazł się w pobliżu Jowisza. W dniu 30 grudnia 2000 r. sonda minęła największą planetę Układu Słonecznego w odległości 9,7 mln km, co spowodowało powiększenie jej prędkości względem Słońca o 2,2 km/s i taką zmianę kierunku ruchu, żeby 1 lipca 2004 r. mogła osiągnąć Saturna. Ale wykorzystanie wspomagania grawitacyjnego masywnej planety nie było jedynym celem zbliżenia do niej sondy. Od października 2000 do marca 2001 r. przeprowadzono ponadto program zakrojonych na szeroką skalę pomiarów oraz obserwacji Jowisza i jego otoczenia zwany Przelotem Tysiaclecia (ang. *Jupiter*

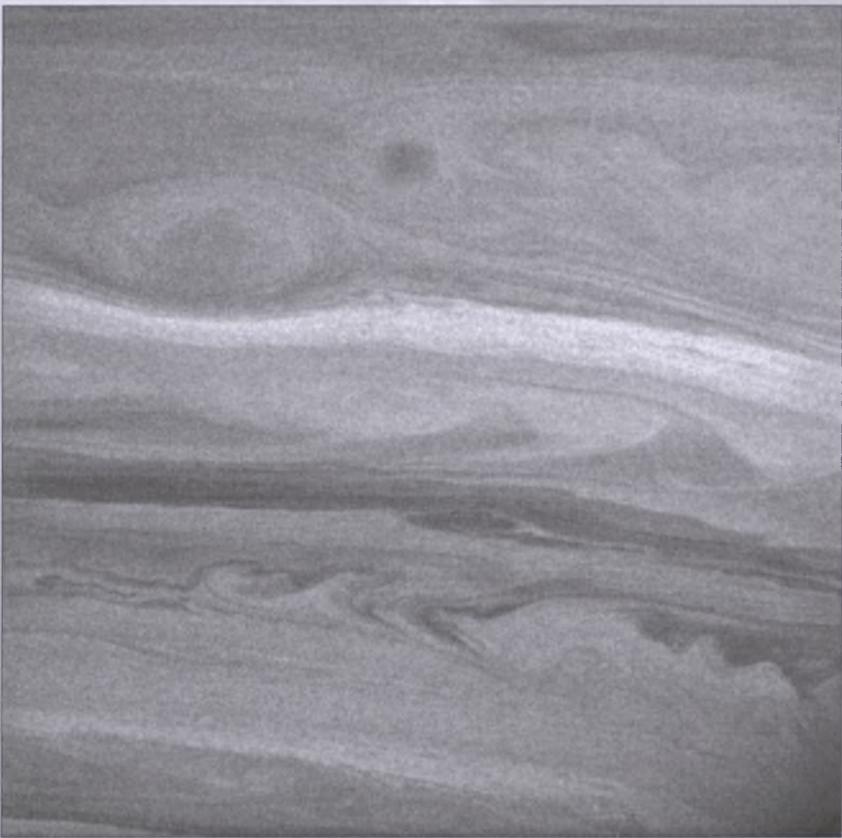
Millennium Flyby). Jego niezwykłość wynikała nie tylko z wyjątkowości okresu historycznego, w którym był realizowany (co znalazło odzwierciedlenie w nazwie), ale przede wszystkim z faktu, że po raz pierwszy ten olbrzym planetarny mógł być jednocześnie badany przez dwie sondy kosmiczne. Przypomnijmy bowiem, że od końca 1995 r. aż do września 2003 r. wokół Jowisza krążyła sonda Galileo. Wprawdzie podczas największego zbliżenia do planety Cassiniego dzielił od Galileo dystans aż 7 mln km, to jednak śledzenie w tym samym czasie tych samych zjawisk czy obiektów z dwóch zupełnie różnych perspektyw dawało szansę znaczącego wzbogacenia zasobu uzyskiwanych danych, poszerzając tym samym możliwości ich interpretacji.

Podczas zbliżania się Cassiniego do Jowisza niespodziewanie pojawiły się — w dniu 17 grudnia 2000 r. — jakieś nieprawidłowości w funkcjonowaniu jednego z czterech jego żyroskopów, których zadaniem jest zapewnienie sondzie odpowiedniej orientacji w przestrzeni. Spowodowało to automatyczną zmianę sposobu ukierunkowywania obiektu z zasilanej energią elektryczną rotacji kół żyroskopowych na zużywającą paliwo pracę silniczków korekcyjnych. Aby nie uszczuplać zapasu paliwa wyłączono — rozkazem z Ziemi — przyrządy wymagające właściwej orientacji (w szczególności kamerę fotograficzną) do czasu wyjaśnienia przyczyny i usunięcia awarii. Szczęśliwie nie trwało to długo. Po kilku dniach intensywnych badań prowadzonych na ziemskim symulatorze stwierdzono, że powodem wadliwego działania żyroskopu mogło być nieodpowiednie smarowanie jego urządzeń trących. Pozwoliło to szybko usprawnić podstawowy system orientacji sondy i już 21 grudnia przywrócić normalne funkcjonowanie wszystkich jej przyrządów.

Sześciomiesięczne obserwacje Jowisza zaowocowały przede wszystkim zebraniem około 26 tys. doskonalej jakości zdjęć planety, jej pierścienia i niektórych księżyców. Umożliwiły one prześledzenie różnych szybkozmiennych procesów zachodzących w tym czasie w atmosferze i warstwach powierzchniowych Jowisza. Jednym z najbardziej okazałych zjawisk zarejestrowanych przez Cassiniego w promieniowaniu nadfioletowym był tzw.



Ciekawy, o zmiennej grubości, cienki pierścień znajdujący się w Przerwie Enckego. Zagęszczenia są najprawdopodobniej spowodowane oddziaływaniem małego sputnika imieniem Pan (20 km średnicy), który też jest odpowiedzialny za utrzymywanie się tej Przerwy. Zdjęcie wykonane w świetle widzialnym w dniu 29 października 2004 r., gdy sonda Cassini była w odległości 807 tys. km od planety



Obraz górnych warstw turbulentnej atmosfery Saturna na południowej półkuli planety. Obraz uzyskany przez sondę Cassiniego w świetle pasm metanu (bliska podczerwienie) w dniu 6 grudnia 2004 r. z odległości 3,3 mln km

wielki ciemny oval, który pojawił się w pobliżu północnego bieguna planety na początku października, osiągnął rozmiary niemal takie jak słynnej jowiszońskiej wielkiej czerwonej plamy i zakończył swą ewolucję w połowie listopada. Mechanizm tworzenia się tej struktury nie został jeszcze wyjaśniony, ale podejrzewa się, że może mieć ona związek z rejestrowaną w tym czasie — m.in. za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a — aktywnością zorzową obszarów okołobiegunkowych atmosfery planety. Bogaty materiał zdjęciowy pozwolił ponadto na szczegółową analizę ruchów konwektywnych materii w strefach i pasach warstw powierzchniowych Jowisza.

Na zdjęciach satelity Io wykonanych z pokładu Cassiniego odkryto nowe, silne źródło erupcji wulkanicznych w pobliżu bieguna północnego księżyca. Wyrzucana z niego materia jest unoszona do wysokości około 400 km ponad powierzchnię, co budzi zdziwienie, dla tego że dotychczas tak wielkie pióropusze obserwowano jedynie w przypadku wulkanów znajdujących się w strefie równikowej Io. Wykonane z odległości 4,4 mln km zdjęcia księżyca Himalia pozwoliły dostrzec jego nieregularne

kształty i wobec tego dokładniej oszacować wielkość. Okazało się, że jest on trochę mniejszy, niż dotychczas sądzono i ma rozmiary około 150×120 km. Obrazy małych wewnętrznych satelitów Adrastea i Metis, widoczne na zdjęciach wykonanych od początku grudnia do połowy stycznia, umożliwiły precyzyjniejsze obliczenie parametrów orbit, po których te obiekty poruszają się wokół Jowisza, co z kolei wpłynie zapewne na lepsze zrozumienie związku tych księżyców z pierścieniem Jowisza.

Wśród najciekawszych wyników przelotu Cassiniego koło Jowisza trudno nie wspomnieć o zobrazowaniu magnesofery największej planety, co umożliwiło po raz pierwszy zobaczenie niewidzialnej dla oka ludzkiego, chociaż największej struktury w Układzie Słonecznym. Dzięki nowemu urządzeniu MIMI (ang. *Magnetospheric Imaging Instrument*), które składa się z detektorów cząstek neutralnych i zjonizowanych, poznano globalny rozkład materii w otoczeniu Jowisza w zależności od energii i masy cząstek. W szczególności uzyskano dynamiczny obraz magnesofery odtwarzający nie tylko jej kształt i rozmiary oraz zmiany tych parametrów w czasie, ale także skład chemiczny

uwięzionych w jej wnętrzu cząstek. Głównymi jej składnikami, oprócz oczywiście wodoru, są tlen, siarka i dwutlenek siarki, których zasadniczym źródłem jest aktywność wulkaniczna księżyca Io. W tym ogólnym obrazie magnesofery został wyraźnie wyodrębniony, rozciągający się wzduł orbitę Io (czyli w odległości od planety ok. 420 tys. km), tzw. torus plazmowy, w którym poruszają się z ogromnymi prędkościami jony m.in. tlenu i siarki. Te z jonów magnesofery, które po kolizji z elektronami uległy neutralizacji i miały dostateczną prędkość, aby opuścić magnesofere, rozprzestrzeniły się w — także odkrytą przez Cassiniego — ogromną mgławicę otaczającą planetę do odległości około 22 mln km, złożoną z cząstek neutralnych przede wszystkim tlenu, sodu, potasu, siarki.

W czasie zbliżenia do Jowisza Cassini znajdował się na zewnątrz magnesofery, podczas gdy Galileo w jej wnętrzu, ale przez 18 godz. w dniu 10 stycznia 2001 r. obie sondy penetrowały wnętrze tej struktury. Taka konfiguracja obu obiektów stworzyła wyjątkową okazję do prześledzenia współzależności i wzajemnego na siebie oddziaływanie wiatru słonecznego i magnesofery, a w szczególności wykonania pomiarów wpływu na magnesoferę fluktuacji wiatru słonecznego. Szybkie zmiany rozmiarów magnesofery są jednym z najbardziej dramatycznych przejawów tego wpływu. Przejście Cassiniego przez falę uderzeniową o dzień wcześniej niż się spodziewano, pokazało, że magnesofera Jowisza wydaje się być niemal dwukrotnie większa niż wynikało to z dawniejszych pomiarów. Dzięki Cassiniemu okazało się również, że zanurzone w magnesoferze pasy radiacyjne Jowisza też są znacznie większe niż dotychczas sądzono. Wykorzystując główną antenę sondy jako radioteleskop odbierający różne naturalne emisje radiowe generowane w otoczeniu planety, odkryto promieniowanie synchrotronowe emitowane przez wysokoenergetyczne elektrony rozprzedszone w polu magnetycznym Jowisza do prędkości bliskich prędkości światła. Tego promieniowania nie da się zaobserwować z powierzchni Ziemi, gdyż jest jakby zagłuszone przez znacznie silniejsze niesynchrotronowe emisje radiowe Jowisza. Ocenia się, że ten obszar szczególnie zwiększonej radiacji sięga odległości około 300 tys. km od planety.

Przelot Cassiniego koło Jowisza był czwartym i już ostatnim przed osiągnięciem Saturna zbliżeniem sondy do wielkiej planety, mającym na celu naturalne zwiększenie jej prędkości i zmianę kierunku jej ruchu. Dzięki wspomaganiu grawitacyjnemu masywnych planet można było uzyskać efekt, którego osiągnięcie za pomocą silników wymagałoby aż 75 t paliwa. Obecne możliwości techniczne wykluczają wystrzelenie z Ziemi obiektu o tak dużej masie.

W kierunku Saturna

Ponad 3-letni okres, który po minieciu Jowisza pozostał jeszcze sondzie Cassini do osiągnięcia celu, też został wykorzystany do przeprowadzenia ciekawych eksperymentów naukowych. Warto w szczególności wspomnieć o testach niektórych efektów ogólnej teorii względności. Wiadomo, że, zgodnie z tą teorią, materia jako źródło grawitacji zakrzywia czasoprzestrzeń. Ujawnia się to np. ugięciem promienia świetlnego w obecności wielkiej masy, co po raz pierwszy uzyskało obserwacyjne potwierdzenie podczas całkowitego zaćmienia Słońca w 1919 r. W połowie 2002 r., gdy Cassini i Ziemia znajdowały się po przeciwnych stronach Słońca i dzieliła je odległość ponad miliarda km, wykonano serię pomiarów subtelnych zmian częstotliwości fal radiowych, za pomocą których jest utrzymywana łączność sondy z Ziemią. Pozwoliło to stwierdzić, że przebiegający w pobliżu Słońca sygnał radiowy ulega przewidywanemu teoretycznie zakrzywieniu. Osiagnięcie tym razem aż pięćdziesięciokrotnie większej dokładności niż w dotychczasowych eksperymentach tego typu (ostatnio w 1979 r. za pomocą dwóch sond marsjańskich Viking) jest zasługą ogromnego dziś postępu w technologii transmisji i odbioru sygnałów radiowych, który nie tylko zapewnił wielką czułość używanych do tego przyrządów, ale także umożliwił eliminację zakłóceń wywoływanych przez plazmę słoneczną i międzyplanetarną.

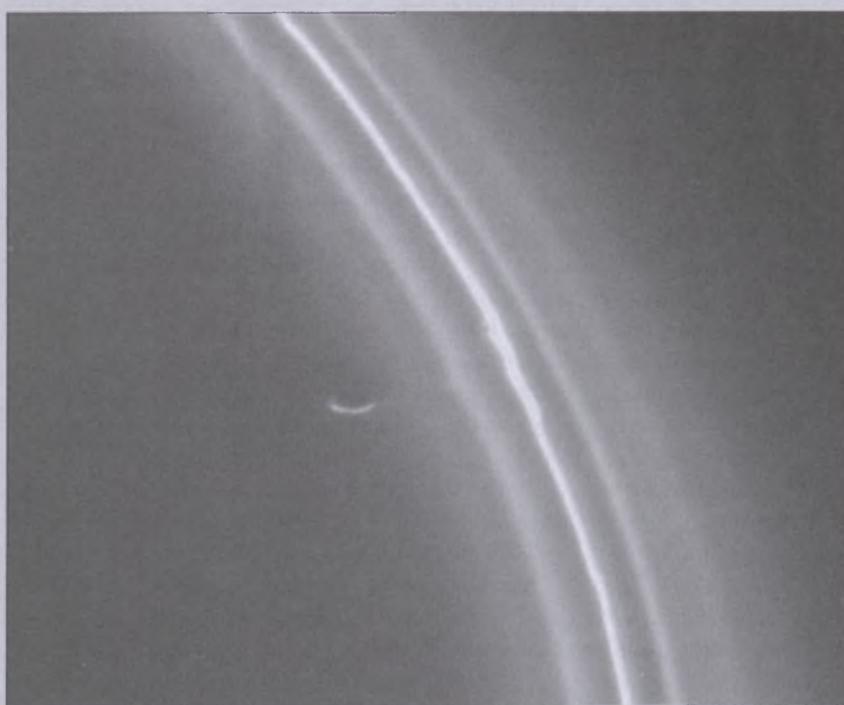
Łączność radiowa Cassiniego z Ziemią dostarczyła ponadto możliwości wykonania prób wykrycia fal grawitacyjnych, czyli zaburzeń czasoprzestrzeni, których źródłem, według ogólnej teorii względności, są różne procesy kataklizmiczne (np. wybuchi supernowych, zapadanie się czarnych dziur) oraz zmiany położenia mas we Wszechświecie. Przechodzące przez Układ Słoneczny fale grawitacyjne o dużej długości jakby na przemian rozciągają i ściskają przestrzeń, rytmicznie zmieniając odległość między Ziemią i sondą. Subtelna analiza zmian częstotliwości sygnału radiowego wywołanych pochodzącymi stąd fluktu-

acjami prędkości sondy względem Ziemi stwarza szansę bezpośredniej detekcji jednego z fundamentalnych zjawisk fizycznych, ciągle bardzo trudnego do zaobserwowania. Eksperyment został przeprowadzony trzykrotnie podczas kilkutygodniowych okresów (26 XI 2001 — 5 I 2002, 6 XII 2002 — 14 I 2003, 9—30 XI 2003), gdy Ziemia znajdowała się pomiędzy Słońcem i sondą, co minimalizowało szумy pochodzące od Słońca. Uzyskane dane są opracowywane, ale wyniki eksperymentu nie zostały jeszcze ogłoszone.

Jesienią 2002 r. Cassini został wykorzystany do nieprzewidzianych wcześniej zadań poszukiwania zaginionej sondy kosmicznej CONTOUR. Przypomnijmy, że 3 lipca 2002 r. wystrzelono z Ziemi amerykański obiekt CONTOUR (ang. *Comet Nucleus TOUR*) przeznaczony do badań komety, który miał przelecieć w pobliżu co najmniej dwóch przedstawicielek tych intrygujących i ciągle słabo znanych małych ciał Układu Słonecznego (komety Enckego w listopadzie 2003 r. i komety Schwassmann-Wachmanna w czerwcu 2006 r.). Początkowo sonda krążyła wokół Ziemi, a gdy 15 sierpnia 2002 r. włączono silnik dla przeniesienia jej z orbity okołoziemskiej na trajektorię wiodącą do pierwszego celu misji, sonda zamilkła i utraciła z nią wszelki kontakt. Bezskuteczne próby nawiązania z nią łączności, w których uczestniczyła sonda Cassini, nasłuchując ewentualnych sygnałów emitowanych być może przez zagubioną sondę, prowadzono do 20 grudnia 2002 r. Nie udało się niestety ustalić przyczyn niepowodzenia tego obiecującego i bardzo ciekawego z naukowego punktu widzenia projektu.

Początki

Jednym z pierwszych odkryć dotyczących Saturna, które zawdzięczamy sondzie Cassini, jest dostrzeżenie zupełnie niezrozumiałego faktu wydłużenia się okresu obrotu planety w czasie niewiele dłuższym niż 20 lat. Do tego niezwykłego wniosku doprowadziły pomiary modulacji naturalnych emisji radiowych Saturna spowodowanych rotacją planety. Promieniowanie o częstotliwości 50–100 kHz jest generowane przez naładowane cząstki poruszające się w planetarnym polu magnetycznym. Z pomiarów wykonanych w okresie od 29 IV 2003 do 10 VI



Jednym z zaskakujących odkryć sondy Cassiniego jest struktura pierścienia F. Widzimy powyżej, że składa się z 5 oddzielnych pierścieni, o różnej grubości i jasności. Te zafalowania grubości i kształtu są spowodowane prawdopodobnie grawitacyjnym oddziaływaniem na materię pierścienia satelity o nazwie Prometheus, który krąży wokół Saturna w pobliżu (widac go na zdjęciu) tego pierścienia. Powyższy obraz został uzyskany w świetle widzialnym w dniu 29 października 2004 r. z odległości 782 tys. km. Fot. NASA/JPL

2004 obliczono, że średni okres obrotu planety wynosi $10^{\text{h}}45^{\text{m}}45^{\text{s}} \pm 36^{\text{s}}$, podczas gdy analogiczne pomiary wykonane przez sondy kosmiczne Voyager w latach 1980-1981 dały wartość $10^{\text{h}}39^{\text{m}}24^{\text{s}} \pm 7^{\text{s}}$. Nie znaleziono dotychczas wyjaśnienia tej kilkuminutowej różnicy.

Dolatując do celu swej podróży, 11 czerwca 2004 r., Cassini przeleciał w odległości zaledwie 2068 km od satelity Saturna Phoebe (dotycznie w pobliżu tego księżyca znalazła się jedynie sonda Voyager 2 w 1981 r., ale wtedy minimalna odległość między nimi wyniosła 2,2 mln km). Nie planowane wcześniej tak duże zbliżenie do niego sondy stało się możliwe dzięki korekcji trajektorii, którą zdecydowano się wykonać 27 maja 2004 r., uruchamiając na prawie 6 min główny silnik. Ponieważ było to jedyne zbliżenie do Phoebe podczas całej misji, więc nie dziwnego, że szczególnie wnikliwie starano się go w tym czasie zbadać, tym bardziej że wydaje się on być wyjątkowo intrygującym księżykiem. Przypomnijmy, że obiega on Saturna ruchem wstecznym w okresie 1,5 roku po wyraźnie eliptycznej orbicie w średniej odległości około 13 mln km. Nietypowość ruchu sugeruje, że może to być obiekt pochodzący z Pasa Kuipera, który po np. zderzeniowym wytrąceniu z tego obszaru ruchu wokół Słońca został schwytany przez Saturna. Tę hipotezę ugruntowują dane zebrane przez Cassiniego, a przede wszystkim doskonalej jakości fotografie. Na ich podstawie oszacowano średnią wartość średnicy Phoebe na 214 km. Widoczna na zdjęciach powierzchnia oficjalnie pokryta kraterami uderzeniowymi wskazuje, że jest to prawdopodobnie pozostałość ciał uformowanych ponad 4 mld lat temu na skraju dysku protoplanetarnego. Spod stosunkowo cienkiej (300–500 m) i ciemnej, skalistej skorupy powierzchniowej w wielu miejscach, głównie na wewnętrznych stokach młodych kraterów, prześwituje jasna, lodo-wa materia wnętrza. Stosunkowo niewielka średnia gęstość globu Phoebe, którą oszacowano na $1,6 \text{ g/cm}^3$, a także podobieństwo składu chemicznego jego powierzchni do powierzchni jąder kometarnych pozwala przypuszczać, że jest to skalnolodowy obiekt podobny do ciał krążących wokół Słońca w Pasie Kuipera.

Zbliżając się do Saturna, Cassini przekazał na Ziemię bardzo dużo zdjęć planety będącej celem misji, jej pierścieni i satelitów; zebrany materiał stanowi jakby zapowiedź tego, co w najbliższych latach będzie przedmiotem szczegółowych badań i analiz. Prawie 7-letni lot sondy do Saturna zakończył się manewrem wprowadzenia jej na orbitę około-planetarną. Aby nastąpiło przechwycenie sondy przez planetę, trzeba było zmniejszyć jej prędkość o 626 m/s, co osiągnięto przez wyłączenie jej głównego silnika w dniu 1 lipca 2004 r. na okres 96 min (jego praca pochłonęła 830 kg paliwa). Cassini minął Saturna w minimalnej odległości 19980 km od warstw powierzchniowych i rozpoczął krążenie wokół planety po silnie wydłużonej orbicie eliptycznej, której perycentrum wyniosło 1,33 promienia planety, a apocentrum aż 178 jej promieni. Okres obiegu Saturna przez sondę po takiej orbicie jest równy 148 dni. W kilkanaście godzin po pierwszym zbliżeniu do Saturna Cassini przeleciał w odległości 339 tys. km od Tytana; pierwsze duże zbliżenie do niego nastąpiło 26 października 2004 r., kiedy sonda znalazła się w odległości zaledwie 1176 km od jego powierzchni.

Plany

Zrzucenie na powierzchnię Tytana próbnika Huygens, który nie ma własnych silników, będzie wymagało specjalnych manewrów. Rozpocząć się one w końcu grudnia 2004 r., na około 3 tygodnie przed zbliżeniem Cassiniego do największego księżyca Saturna. Najpierw za pomocą silników zmieni się kierunek ruchu sondy tak, aby leciała wprost na Tytan. Wkrótce potem zoorientuje się ją w ten sposób, aby umocowany z boku korpusu sondy próbnik znalazł się na wprost swego celu i wtedy Huygens zostanie odłączony od Cassiniego; nastąpi to najprawdopodobniej 25 grudnia 2004 r. Przewiduje się, że prędkość próbnika względem sondy w momencie rozłączania wyniesie około 0,3 m/s. Kilka dni później znów nastąpi kolejna niewielka zmiana kierunku ruchu sondy, aby nie doszło do jej zderzenia z Tytanem, lecz żeby przeleciała w zaplanowanej odległości około 65 tys. km od jego powierzchni. Próbnik natomiast osiągnie Tytan 14 stycznia 2005 r., wdzierając się w jego atmosferę na wysokość około 1300 km z przed-

kością około 6200 m/s. Opór górnych warstw atmosfery wyhamuje go w ciągu 3 min do prędkości około 400 m/s. Na wysokości około 160 km, gdzie temperatura atmosfery wynosi prawdopodobnie około -120°C , rozwinię się spadochron (o średnicy 9 m), zostanie odrzucona osłona termiczna próbnika, a odsłonięte przyrządy pomiarowe rozpoczęną pracę. Kilkanaście minut później, na wysokości około 120 km, gdy prędkość próbnika zmniejszy się do około 80 m/s, nastąpi zamiana spadochronu na mniejszy, tzw. spadochron stabilizacyjny, który doprowadzi do zmniejszenia prędkości opadania do około 5 m/s. Wysokiemierz radarowy rozpoczęcie pomiary odległości próbnika od powierzchni na wysokości 10-20 km. Szacuje się, że przelot Huygensa przez atmosferę Tytana będzie trwał około 2,5 godz. Oczekuje się, że przyrządy próbnika wytrzymają spadek na powierzchnię z końcową prędkością 5 m/s, a baterie dostarczające im energii będą działały przez co najmniej kilka godzin.

W ciągu planowanych czterech lat pracy sondy jako sztucznego satelity Saturna Cassini 75 razy okrąży planetę po różnych orbitach. Okresy obiegu zmieniać się będą w granicach od 7 do 155 dni, a odległość perycentrum od 2,6 do 15,8 promienia planety. Nabylenie płaszczyzny orbity do płaszczyzny równika planety będzie zmieniane od 0° do 75° . Sonda wielokrotnie będzie się zbliżała do satelitów Saturna, w tym 45 razy do Tytana na odległość mniejszą niż 2500 km od jego powierzchni. Właśnie te zbliżenia, ze względu na stosunkowo dużą masę największego księżyca, będą głównym mechanizmem zmian orbity sondy. Ponadto nastąpi 7 zbliżeń do lodowych satelitów Saturna na odległość mniejszą niż 1000 km i 27 przelotów koło tych satelitów w odległościach poniżej 100 tys. km. Ta różnorodność toru sondy i liczne jej zbliżenia umożliwiają głębłą i wszechstronną penetrację całego układu Saturna.

Doktor Krzysztof Ziolkowski był przez wiele lat Redaktorem „Uranii”. Obecnie jest Sekretarzem Naukowym Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie. Jego badania naukowe dotyczą dynamiki małych ciał Układu Słonecznego

Zagadkowe wydłużenie doby Saturna

Wielkie planety Jowisz i Saturn są pokryte powłoką chmur i dlatego dokładne wyznaczenia temp ich rotacji nie są możliwe na podstawie obserwacji wizualnych. Na nich podstawie można powiedzieć, że okres obrotu zony równikowej Jowisza, w tym i czerwonej plamy, jest o około 5 minut krótszy (9 h 50 m 30,003 s) niż okres obrotu zony na większych szerokościach planety (9 h 55 m 40,632 s). Dopiero odkrycie niezmiernie regularnej periodyczności dekametrowego promieniowania Jowisza w latach 50. pozwoliło na dokładny pomiar doby Jowisza. Okres pojawiania się radioźródła na Jowiszu był jeszcze krótszy — 9 h 55 m 29,37 s, ale tak regularny, że Międzynarodowa Unia Astronomiczna przyjęła go w roku 1962 za podstawę nowego systemu współrzędnych Jowisza (system III). (Obecnie stosuje się „zmodyfikowany” okres obrotu równy 9 h 55 m 29,71 s.) Po 40 latach okres ten nie uległ zmianie. Regularność doby radiowej Jowisza pozwalała przyjąć, że źródło promieniowania radiowego na tej planecie obraca się w synchronizmie z jej stałym jądrem lub głęboką, płynną warstwą o dużej lepkości i jego periodyczność wynika z rotacji wnętrza planety.

Obserwacje optyczne Saturna pozwoliły stwierdzić, że w jego równikowych obszarach wieją wichy o prędkościach do 500 m/s, znacznie szybciej niż w obszarach okołopolarnych. Zatem wyznaczenie okresu obrotu wnętrza planety nie jest możliwe. Dekametrowego promieniowania Saturna nie wykryto. Promieniowanie radiowe Saturna odkryły dopiero sondy międzyplanetarne Voyager 1 i 2 w listopadzie 1980 r., kiedy zbliżały się do tej planety. Saturn okazał się silnym emitorem fal o długościach kilometrowych (50 do 500 kHz) i o bardzo regularnym rytmie dobowym. Od listopada 1980 do sierpnia 1981 r. Mike Desch i Mike Kaiser z Goddard Space Flight Center w Greenbelt Maryland zmierzyli długość doby radiowej Saturna na 10 h 39 m 24 s ± 7 s (10,6567 $\pm 0,0002$ g) (patrz rysunek). W ciągu prawie jednego roku

okres obrotu planety nie uległ widocznej zmianie, co pozwoliło przypuszczać, że podobnie jak w przypadku Jowisza, źródło radiowe na Saturnie jest sztywnie związane z głębokim wnętrzem planety i że okres jego obrotu jest okresem obrotu wnętrza Saturna.

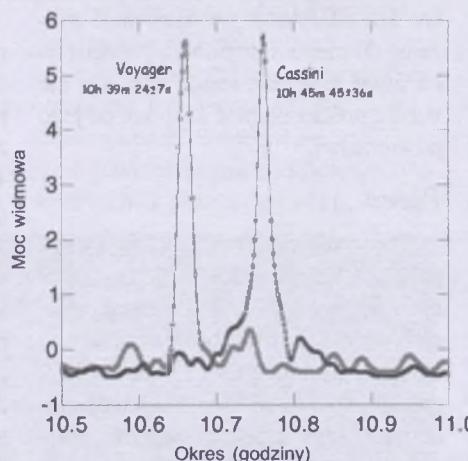
Ten fakt mogły potwierdzać obserwacje optyczne stabilnej struktury heksagonalnej w obszarze podbiegunowym Saturna, prowadzone przez D. A. Godfreya za pomocą kamer zainstalowanych na Voyagerach w ciągu 270 dni. Jej okres rotacji wyznaczony na 10 h 39 m 22,082 $\pm 0,122$ s praktycznie nie różnił się od okresu radioźródła. Wyznaczenia Patryka Galopeau, Filipa Zarki i Dominika Le Queau z CETP/CNRS (Francja) wskazują, że radioźródło to było usytuowane w podbiegunowym obszarze

starannych pomiarów z Voyagerów. Im również trudno uwierzyć, by cała planeta spowolniła swój obrót tak znaczco w ciągu 22 lat. Źródło radiowe na Saturnie, podobnie jak na Ziemi i Jowiszu, jest rezultatem oddziaływanego energetycznych elektronów ze strukturą pola magnetycznego planety. Zatem spowolnienie obrotu źródła wskazywałoby na poślizg pomiędzy głębokim wnętrzem planety a strukturą pola magnetycznego, która kontroluje elektrony odpowiedzialne za emisję radiową. Nie wiadomo, dlaczego doba radiowa Jowisza pozostaje stała, podczas gdy doba radiowa Saturna się wydłużała. Profesor Gurnett sugeruje, że rozwiązanie tej zagadki może tkwić w różnicach między nabytkami osi magnetycznych względem osi rotacji tych planet. O

rotacji Saturna jest prawie identyczna z osią magnetyczną, natomiast osią magnetyczną Jowisza jest nachyloną o 11°. Wyjaśnienia trzeba więc szukać w sprężeniu pomiędzy rotacją głębokiego wnętrza Saturna a polem magnetycznym.

Warto też przy okazji przypomnieć, że pierwsza wzmianka o zmianie okresu rotacji radioźródła na Saturnie pojawiła się w roku 1996, na 8 lat przed obserwacjami z Cassiniego. Jej autorzy: Alain Lecacheux, Patryk Galopeau i Monika Aubier analizowali kilometrowe promieniowanie Saturna rejestrowane na pokładzie sondy międzyplanetarnej Ulysses. Już wtedy wyznaczyli okres zmienności źródła na 10 h 45 m 36 s, ale wynik ten przeszedł bez echa. Wskazywał on, że zmiana okresu nastąpiła już pomiędzy rokiem 1981 a 1996. Potem, między rokiem 1996 a 2003 nie ma zmiany. Stąd wniosek, że tempo zmiany okresu radiowego nie jest jednostajne. Cassini będzie krążył dookoła Saturna przez następne 4 lata. W tym czasie będzie z małej odległości monitorował promieniowanie kilometrowe. Pomiary periodyczności radioźródła, obserwacje struktur optycznych, w tym zór polarnych, a także pomiary grawimetryczne będą ukierunkowane na lepsze poznanie budowy wnętrza Saturna.

Jan Hanasz



zorowym. Wypływa stąd wniosek, że rotacja struktury optycznej i radioźródła w zonie podbiegunowej odzwierciedla rotację wnętrza.

Po 22 latach kolejna sonda międzynarodowa Cassini zbliżyła się na tyle blisko do Saturna, że zarejestrowała jego radiowe promieniowanie na falach kilometrowych. Pomiary periodyczności radioźródła prowadzono w okresie od 29 kwietnia 2003 do 10 czerwca 2004. Wynik podany przez Mike'a Descha i Donalda Gurnetta z Uniwersytetu Iowa odbiegał znacznie od wyniku pomiarów z Voyagerów: 10 h 45 m 45 s ± 36 s (patrz rysunek). Oto doba radiowa Saturna wydłużała się w ciągu 22 lat o więcej niż 6 min. (1%).

Uczniowie z Cassiniego nie kwestionują

Portrety supernowych w galaktykach spiralnych

Trudno przejść obojętnie wobec przepięknych obrazów galaktyk spiralnych, jakie są uzyskiwane przy użyciu największych naziemnych teleskopów. Galerii obserwatorium ESO przybyły portrety kolejnych dwóch arcydzieł natury, ozdobione do datkowo fajerwerkami gwiazd supernowych. Przy użyciu trzeciej jednostki VLT (Melipal) uzyskano w ostatnim półroczu nowe zdjęcia galaktyk NGC 6118 oraz NGC 7424.

Położona w pobliżu równika niebieskiego w konstelacji Węża NGC 6118



to obiekt o jasności 13 mag. Z uwagi na niewielką jasność powierzchniową jest znana wśród miłośników astronomii jako „migocząca galaktyka”, którą dostrzec można co najwyżej metodą zerkania. Tymczasem 8,2-m zwierciadło pozwoliło uzyskać w niespełna 45 min w drugiej połowie sierpnia 2004 r. ten doskonały, pełen subtelnych szczegółów obraz.

Odległa o około 80 mln lat świetlnych galaktyka, choć obserwowana pod dość niewielkim kątem, charakteryzuje się doskonale rozwiniętą spiralną strukturą (klasyfikuje się ją jako typ SA(s)cd) — jest widocznych kilka ramion spiralnych z jaśniejącymi błękitem barwą zagęszczeniami obszarów powstawania masywnych gwiazd.

Na uwagę zasługuje stosunkowo jasny, gwiazdopodobny obiekt leżący dokładnie na północ (na zdjęciu do góry) od centrum galaktyki — to supernowa 2004dk, odkryta 1 sierpnia ub. roku, kil-

ka dni przed maksimum blasku. Sklasyfikowano ją jako supernowę typu Ib lub Ic. W jej widmie nie odnaleziono śladów wodoru, co oznacza, że gwiazda kończąca swój żywot zdążyła już wcześniej pozbyć się swojej wodorowej otoczki, prawdopodobnie wskutek przepływu masy na swojego towarzysza.

Na tym samym obrazie jest widoczny też ślad przelotu sztucznego satelity, zarejestrowany w paśmie B. To przykład, że nawet w tak odległym od cywilizacji miejscu jak pustynia Atacama nie można do końca uniknąć zanieczyszczenia nieba sztucznymi światłami...

Kolejny przykład galaktyki spiralnej, tym razem widocznej w całej okazałości, „z góry”, to odległa o 40 mln lat św. NGC 7424 z konstelacji Żurawia, którą odkrył, prowadząc obserwacje z Przylądka Dobréj Nadziei, sir John Herschel. Klasyfikuje się ją jako typ SAB(rs)cd, co oznacza, że jest to galaktyka typu pośredniego między klasycznymi spiralami a spiralami z po przeczką; literki rs oznaczają odpowiednio obecność pierścienia otaczającego jądro (r) oraz fakt, że ramiona spiralne zdają się wybiegać z samego jądra (s). Również ten obiekt ujawnia liczne obszary zjonizowanego wodoru oraz gromady młodych, masywnych gwiazd. Wyodrębniono 10 takich gromad gwiazd o rozmiarach od 1 do 200 lat św. Sama galaktyka ma średnicę około 100 tys. lat św. — a więc zbliżoną do rozmiarów Drogi Mlecznej.

Przy użyciu mniejszych teleskopów można dostrzec jedynie ovalną mgiełkę, do-

piero zdjęcie uzyskane teleskopem VLT w nocy 9 października ub. roku ukazuje strukturę ramion spiralnych i jasną, wyraźną poprzeczkę.

Trzy lata wcześniej, 10 grudnia 2001, australijski miłośnik astronomii R.R. Evans odkrył przy pomocy swego 30-cm teleskopu kolejną (39. w swoim dorobku!) supernowę na obrzeżach NGC 7424 (SN 2001ig). Początkowo była obiektem o jasności 14,5 mag., pojaśniała jednak jeszcze 8-krotnie, do 12,3 mag., by po kilku miesiącach osłabnąć poniżej 17 wielkości gwiazdowej. Dla porównania, cała galaktyka ma jasność 11 mag., tak więc w maksimum blasku supernowa była zaledwie 3-krotnie słabsza od całej galaktyki!

Przeszukując archiwum VLT, odnaleziono obraz NGC 7424 uzyskany 16 czerwca 2002, a więc już pół roku po maksimum blasku, ale nawet wtedy pozostała ona jeszcze wyraźnie widocznym obiektem. Z kolei na podstawie obserwacji widmowych określono typ supernowej na Ib/c. Najprawdopodobniej eksplozji uległa gwiazda Wolf-Rayeta wchodząca w skład układu podwójnego o okresie orbitalnym poniżej 100 dni. Być może dalsze obserwacje ujawnią obecność towarzysza, którego w przyszłości spotka zapewne podobny los.

(kr)



Urodziny 32 m anteny

Toruński radioteleskop ma już 10 lat

Jubileusz toruńskiej radioastronomii

Dzień 28 października 2004 r. był szczególny dla toruńskich radioastronomów — pracowników i studentów Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. W Katedrze Radioastronomii w Piwnicach koło Torunia obchodzono bowiem dość nietypowe urodziny. Nietypowe, bo jubileatem był... 32-metrowy radioteleskop, w skrócie nazywany RT-4.

Z okazji 10-lecia zakończenia budowy RT-4 prof. Andrzej Kus, dyrektor CAUMK zorganizował sesję naukową poświęconą dotychczasowym odkryciom dokonanym przy użyciu toruńskiego radioteleskopu, a także planom i projektom na przyszłość. Na jubileusz przybyli przedstawiciele władz miasta, Uniwersytetu i Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej. Ważna była także obecność astronomów z innych ośrodków badawczych — m.in. z CAMK w Warszawie i Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie.

Sesję jubileuszową rozpoczęły wspomnienia emerytowanego prof. Stanisława Gorgolewskiego oraz innych osób, które od samego początku były związane z budową radioteleskopu. Został pokazany film wideo, będący montażem krótkich fragmentów rejestrujących kolejne etapy powstawania RT-4. Pokaz ten był szczególnie interesujący dla młodych pracowników naukowych oraz studentów, którzy mieli rzadką okazję zobaczyć trud i zaangażowanie wielu ludzi

oraz ogrom pracy włożonej w budowę anteny, którą na co dzień widzą z sal wykładowych.

Następnie pracownicy naukowi obserwatorium toruńskiego wygłosili krótkie referaty, w których przedstawili projekty naukowe zrealizowane bądź nadal realizowane przy użyciu 32-metrowej anteny, a pracownicy techniczni — planowane udoskonalenia zarówno instrumentów odbiorczych, jak i samej konstrukcji anteny. Uczestnicy mieli okazję wpisać się do Księgi Pamiątkowej, był też czas na tradycyjną lampkę wina i wspólne zdjęcie z „jubileum” w tle. Cały jubileusz zakończył uroczysta kolacja z udziałem gości i pracowników Centrum Astronomii.

Trochę historii

Początki toruńskiej radioastronomii sięgają połowy lat 50. ubiegłego wieku, kiedy to współzałożycielka Obserwatorium Astronomicznego UMK w Piwnicach prof. Wilhelmina Iwanowska zainteresowała się nową, przenie rozwijającą się na świecie gałęzią astronomii. Pionierami w budowie i organizacji nowej pracowni, a później Zakładu w Toruńskim Obserwatorium byli mgr Henryk Iwaniszewski, mgr Stanisław Gorgolewski i mgr inż. Kazimierz Grześkowiak. Pierwszym zbudowanym w Toruniu instrumentem radioastronomicznym był interferometr, mający pracować na falach 127 MHz. Niestety nie spełnił pokładanych w nim nadziei i nie zdążył odebrać fal radiowych od naszej dziennej gwiazdy. Dopiero



następna konstrukcja przez tydzień obserwowała Słońce. Kolejny radioteleskop, paraboloid o średnicy 12 m, zbudowany przy udziale magistrów Zygmunta Turły i Jana Hanasza wziął udział w regularnych obserwacjach Słońca od sierpnia 1958 r. na częstotliwości 127 MHz w programie Międzynarodowego Roku Geofizycznego. Te obserwacje, choć na innym instrumencie, trwają do dzisiaj.

Z okazji 500-lecia urodzin Mikołaja Kopernika powstał „jubileuszowy” projekt Ośrodku Radioastronomii w Toruniu, wyposażonego w system pięciu anten o średnicy 25 m, które, pracując jako interferometr, posiadałyby zdolność rozdzielczą równoważną radioteleskopowi o rozmiarach 3 km. Niestety na plany budowy całego interferometru zabrakło pieniędzy. Jednakże, opierając się na holenderskiej dokumentacji 25-metrowych paraboloidów uzyskanej od prof. J. H. Oorta, wybudowano i uruchomiono w końcu 1978 r. radioteleskop o średnicy 15 m, nazwany w skrócie RT-3. Głównymi jego projektantami byli mgr inż. Eugeniusz Śledziewski oraz mgr inż. Zygmunt Bujakowski, na co dzień pracujący w biurze projektowym w Gliwicach, a koordynatorem i spiry-tus movens tego zadania był dr Zygmunt Turło. Reflektor anteny, w odróżnieniu od poprzednich, ma litą powierzchnię

zbierającą (stanowią ją płyty aluminiowe a nie siatka) po to, by móc odbierać fale bardzo krótkie, do częstotliwości 10 GHz. Jego ruchy za ciałami niebieskimi odbywają się wokół osi w układzie równikowym.

RT-3 był już zaawansowanym technicznie instrumentem i umożliwił Polsce, jako szóstemu państwu w Europie, wejście do europejskiej (1982 r.) i światowej (1984 r.) wielkobazowej sieci interferometrycznej tzw. VLBI (patrz ramka) i tym samym uczestnictwo w światowych projektach badawczych. Inne przedsięwzięcia zrealizowane na RT-3 to m.in. monitorowanie pulsarów, obserwacje obszarów wodoru neutralnego HI oraz odbiór sygnałów telemetrii satelitarnej.

Obecnie radioteleskop RT-3 wyposażony jest w niechłodzone odbiorniki w zakresie 300-5000 MHz, rubidowy wzorzec częstotliwości i terminal VLBI Mark IIc. Większość aparatury powstała w pracowni Katedry Radioastronomii. Teleskop RT-3 nadal funkcjonuje i jest głównie wykorzystywany do celów dydaktycznych. Studenci astronomii mają okazję „własnoręcznie” przeprowadzać przy jego pomocy swoje pierwsze obserwacje radioastronomiczne, a opierając się na zdobytych doświadczeniach mogą nauczyć się planowania własnych projektów obserwacyjnych. Jednym

z nich jest obecnie realizowany przegląd naszej Drogi Mlecznej na linii wodoru neutralnego 1420 MHz ($\lambda = 21$ cm). RT-3 był ponadto szeroko wykorzystany do obserwacji Słońca. Dzięki trwającym 2 lata regularnym obserwacjom w paśmie 1352-1490 MHz udało się zebrnąć unikalowy materiał o krótkoczasowej aktywności Słońca przejawiającej się w postaci tzw. „szpilek słonecznych”. Szpilki słoneczne należą do najkrótszych wybuchów, jakie obserwujemy w widmie radiowym Słońca. Czas ich trwania jest krótszy niż 0,010 s, a szerokość widmowa jest rzędu 3 MHz. Pochodzenie szpilek wiąże się z drobnoskalowymi procesami anihilacji pola magnetycznego i uwolniania energii w centrach słonecznej aktywności, ale nie jest jeszcze w pełni wyjaśnione.

Kilka słów o narodzinach Jubilatu

Kolejnym krokiem w rozwoju toruńskiej radioastronomii była budowa większej anteny — również o ciągłej powierzchni reflektora — w układzie Cassegraina. Ten nowy 32-metrowy radioteleskop został skrótnie nazwany RT-4.

Budowa w pełni sterowanego 630-tonowego radioteleskopu na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku była wielkim wyzwaniem technicznym i finan-



Wspólne zdjęcie uczestników uroczystości 10-lecia RT-10 („jubilat” w tle), fot. S. Krawczyk

sowym dla polskich astronomów i inżynierów. Jednak determinacja i pełne oddanie się tej pasji kilkunastu osób, życzliwość Komitetu Badań Naukowych i władz UMK doprowadziły do powstania tego nowoczesnego narzędzia do badania nieba na falach radiowych. Głównymi konstruktorami teleskopu był wspomniany już mgr inż. Z. Bujakowski, budowniczy RT-3 oraz inż. Stanisław Drwięga z Gliwic. W przedsięwzięciu inwestycyjnym uczestniczyło 59 krajowych firm. Koordynacją zadań zajmowali się ówczesny Rektor UMK prof. S. Łęgowski oraz prof. S. Gorgolewski i prof. A. Kus, natomiast dr B. Krygier — pełnomocnik Rektora UMK ds. budowy radioteleskopu — prowadził z ramienia UMK bezpośredni nadzór nad zleceniami i realizacją poszczególnych zadań.

22 października 1994 r. odbyły się uroczystości kończące ponad 6-letni okres budowy radioteleskopu. Przy tej okazji prof. W. Iwanowska nadała radioteleskopowi imię Mikołaja Kopernika. Pierwsze testy obserwacyjne przeprowadzono już jesienią 1994 r., natomiast rozpoczęcie systematycznych wartościowych obserwacji astronomicznych nastąpiło w styczniu 1996 r., po uruchomieniu czułych, chłodzonych helem, odbiorników radiowych.

32-metrowy radioteleskop jest nie tylko unikalnym instrumentem w Polsce, ale także w całej Europie Środkowo-Wschodniej, co ma ogromne znaczenie dla obserwacji VLBI. Pod względem czułości i rozdzielczości

ustępuje on jedynie dwóm największym radioteleskopom europejskim (100-metrowemu w Effelsbergu koło Bonn w Niemczech i 76-metrowemu w Jodrell Bank koło Manchesteru w Wielkiej Brytanii).

...i parametrach Jubilata

Radioteleskop RT-4 jest precyzyjną anteną o klasycznym montażu horyzontalnym (azymut-wysokość) stosowanym we wszystkich instrumentach tego rodzaju o podobnych rozmiarach. Zwierciadło główne ma kształt paraboloidy obrotowej i złożone jest z 336 aluminiowych paneli, których powierzchnia wykonana jest z dokładnością do 0,4 mm. Panele zostały zamontowane, a następnie ustalone z dokładnością lepszą od 0,4 mm przy użyciu metody opartej na pomiarach laserowych. Zwierciadło wtórne ma kształt hiperboloidy obrotowej, a jego średnica wynosi 3,2 m. Teleskop posiada cztery podwójne (tzw. przeciwsobne) układy napędowe w azymucie i dwa w osi wysokości. Taki system został zastosowany, aby zapewnić bardzo precyzyjny ruch, bez zbędnych wahań radioteleskopu, potrzebny do śledzenia źródeł kosmicznych. Teleskop śledzi źródła z dokładnością 10 sekund luku. Sterowanie napędami realizowane jest za pomocą nowoczesnego systemu automatyki przemysłowej. Komputer nadzorujący, szereg sterowników i kontrolerów mikroprocesorowych, zespoły napędowe zapewniają pełną kontrolę położenia anteny i jej ruchu z wymaganą precyzją w każdym momencie.

Oczywiście współczesny radioteleskop to nie tylko sama antena, ale także specjalnej konstrukcji, najwyższej klasy niskoszumowe odbiorniki oraz układy przetwarzania i rejestracji sygnału. Znaczna część tych urządzeń została zaprojektowana i wykonana w laboratoriach Katedry Radioastronomii przez mgr Eugeniusza Pazderskiego, mgr inż. Janusza Mazurka i mgr Andrzeja Kępe.

Teleskop RT-4 jest wyposażony w nowoczesne, kriogenicznie chłodzone systemy odbiorcze na pasma 1,4; 1,6; 5; 6,8 oraz 30 GHz, które są zamontowane w kabинie ogniskowej teleskopu. Są to radiometry mierzące dwie ortogonalne składowe polaryzacji w szerokim paśmie odbieranych częstotliwości (500 MHz). Są one komputerowo sterowane i strojone, posiadają też przenianę częstotliwości fazowo zsynchromizowaną do wodorowego wzorca częstotliwości i czasu. Wzorcem tym jest maser wodorowy pracujący nieprzerwanie od roku 1994, posiadający dokładność 10^{-14} s. Na pomocniczy osprzęt radioteleskopu składają się również: odbiorniki czasu GPS, szybki szerskokopasmowy spektrograf zwany „maszyną pulsarową”, autokorelacyjny cyfrowy spektrograf „4×4096”-kanałowy oraz stacja meteorologiczna.

Badania radioastronomiczne dzisiaj

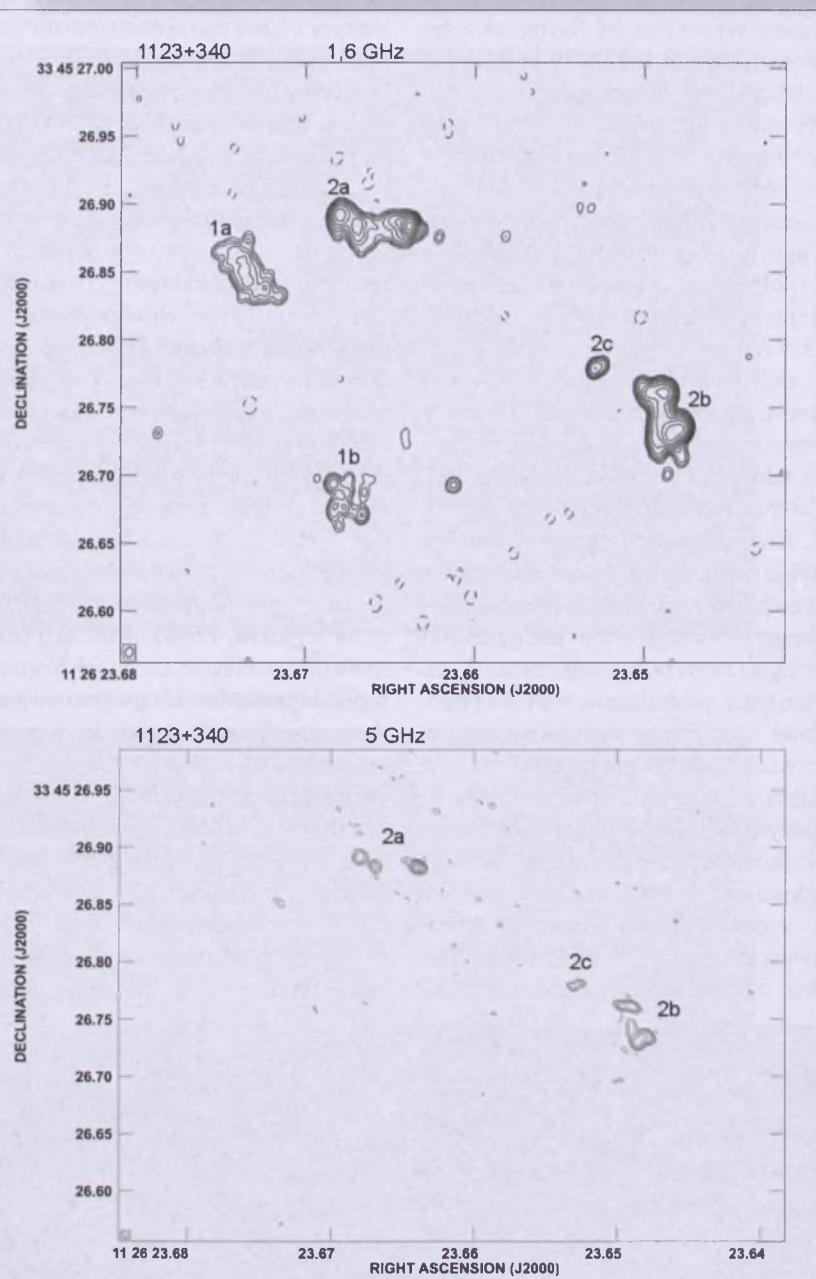
Obecnie 32-metrowy toruński radioteleskop jest, podobnie jak jego poprzednik RT-3, którego zresztą zastąpił na tym „stanowisku”, bardzo cenioną stacją obserwacyjną europejskiej i światowej sieci radioteleskopów pracujących w systemie interferometrii wielkobazowej VLBI. Europejska sieć (European VLBI Network, EVN), w której współpracuje ze sobą 12 radioteleskopów (trzy włoskie, dwa brytyjskie i po jednym w Szwecji, Holandii, Niemczech i Polsce oraz dodatkowo jeden radioteleskop w RPA i dwa w Chinach) jest ciągle modernizowana. Udoskonala się zarówno aparaturę odbiorczą, jak i sposób komunikowania się między antenami. Jeszcze do niedawna dane z tych obserwacji były nagrywane na taśmy magnetyczne, a następnie taśmy te przesypane do Joint Institute for VLBI in Europe (JIVE) w Holandii, gdzie zapisane na nich informacje były poddawane tzw. korelacji prowadzącej do zrekonstruowania faktycznego przebiegu

VLBI (Very Large Baseline Interferometry), czyli wielkobazowa interferometria radiowa to metoda obserwacji astronomicznych, w której uczestniczy kilka radioteleskopów odległych o setki lub nawet tysiące kilometrów, a komputerowe opracowanie zapisanych danych pozwala na uzyskanie obrazów obiektów kosmicznych z bardzo dużą rozdzielczością. W trakcie obserwacji wszystkie teleskopy są skierowane na jeden badany obszar nieba i tworzą w ten sposób jeden ogromny wirtualny radioteleskop, którego średnica równa się maksymalnej odległości między teleskopami. Każde dwa radioteleskopy tworzą tzw. bazę interferometru, a rozdzielcość interferometru jest odwrotnie proporcjonalna do maksymalnej długości bazy. Aby zatem osiągnąć maksymalną rozdzielcość, konstruuje się interferometry dające jak najdłuższe bazy. Do niedawna jedynym ograniczeniem na ich długość były rozmiary Ziemi. Obecnie — po umieszczeniu anteny na orbicieokołoziemskiej (projekt VSOP) — górne ograniczenie na długość bazy jest rzędu 6×10^4 km. Przy tak znaczących długościach baz uzyskuje się zdolność rozdzielczą rzędu 0,001. Najdłuższa baza w amerykańskiej sieci VLBA (miedzy Hawajami a Wyspami Dziewiczymi) ma 8611 km, a jedna z najdłuższych baz spotkanych w światowej sieci radioteleskopów VLBI: Toruń — Owens Valley (Kalifornia) ma długość 9360 km.

obserwacji tak, jakby była ona przeprowadzona jednym „wirtualnym” teleskopem o rozmiarach kontynentalnych. Dziś obserwatorium dysponuje już najnowszym systemem rejestracji danych na macierzach dyskowych (tzw. system Mark V) oraz szybkim łączem światłowodowym, którym dane mogą być bezpośrednio przesyłane do korelatora w trakcie wykonywania obserwacji. Przepustowość łącz, jaką już dysponujemy, to 2 Gb/s i jest ona największa wśród wszystkich europejskich obserwatoriów. Aktualne tempo transmisji to 512 Mb/s. Ta nowa technologia tzw. e-VLBI wykorzystywana jest od niedawna. Pierwsze eksperymentalne obserwacje z jej użyciem przeprowadzono w kwietniu 2004 r. W tym kontekście data 22 września br. jest poniekąd historyczna dla naszego obserwatorium, wtedy odbyły się bowiem pierwsze naukowe obserwacje e-VLBI z udziałem RT-4. Radioteleskopy w Wielkiej Brytanii, Szwecji, Holandii, Puerto Rico wraz z toruńską anteną obserwowały jednocześnie przez 20 godz. gwiazdę IRC+10420. Jest to nadolbrzym o mase 10 mas Słońca leżący od nas w odległości 15000 lat świetlnych, który w niedługim czasie może wybuchać i przejść w dalszy etap ewolucyjny — stać się supernową. Maksymalna odległość między radioteleskopami, czyli odległość decydująca o rozdzielczości interferometru, to odległość między Arecibo w Puerto Rico a Piwnicami w Polsce. Wartość ta wynosi 8200 km, co dało rozdzielcość obserwacji 20 milisekund łuku, czyli pięciokrotnie lepszą wartość od rozdzielcości kosmicznego teleskopu Hubble'a. Szczygólnym elementem obserwacji było natychmiastowe przesyłanie danych z każdej anteny (w efekcie 9 Tb!) do korelatora w JIVE. Cała ta próba przebiegła pomyślnie i pokazała wielkie możliwości techniki e-VLBI mogjącej znacząco przyspieszyć badania astrofizyczne poprzez uproszczenie całego cyklu obróbki danych, zmniejszenie kosztów obserwacji (eliminacja kosztownego transportu taśm) oraz polepszenie jakości przenoszenia informacji.

Projekty obserwacyjne na RT-4

Na co dzień czas pracy radioteleskopu — a jest to 24 godz. na dobę przez 7 dni w tygodniu — przydzielony jest kilku projektom obserwacyjnym opraco-



Mapy przedstawiające struktury radioowe w polu gromady galaktyk 1123+340 na dwóch częstotliwościach: 1,6 (u góry) i 5 GHz (u dołu). Co najmniej dwie z tych galaktyk przejawiają cechy aktywności, a ich składniki są oznaczone literami a i b dla galaktyki oznaczonej umownie cyfrą "1" oraz a, b i c dla galaktyki "2". Pierwsze radioźródło składa się tylko z dwóch składników i są to tzw. płaty radioowe, czyli skupisko materii wyrzuconej z centrum aktywności (jądra). Prawdopodobnie jednak aktywność ta ustała już jakiś czas temu, a świadczy o tym fakt, że źródło to nie jest widoczne na wyższej częstotliwości (5 GHz). Nie ma zatem tzw. gorących plam, co z kolei świadczy o tym, iż nie ma wyrzutu nowych, wysokoenergetycznych cząstek z jądra. Radioźródło "2" jest widoczne na obu częstotliwościach. Obserwacje na częstotliwości 1,6 GHz zostały wykonane amerykańskim interferometrem VLBA, natomiast obserwacje na częstotliwości 5 GHz przeprowadzono europejską siecią radioteleskopów EVN z udziałem RT-4. Jest to pierwszy udokumentowany przykład niegdyś czynnej galaktyki aktywnej o tak małych rozmiarach (1,38 kpc).

wanym i zaplanowanym przez pracowników naukowych Centrum Astronomii oraz projektom prowadzonym we współpracy z innymi ośrodkami w kra-

ju i za granicą. Regularnie prowadzone są obserwacje szczególnego rodzaju gwiazd — pulsarów (prof. A. Wolszczan z zespołem), obserwacje źródeł emisji

maserowej (dr hab. M. Szymczak z zespołem) oraz badanie aktywnych jąder galaktyk (prof. A. Kus z zespołem). Realizowany jest również projekt badań polarymetrycznych naszej Galaktyki we współpracy z Obserwatorium Astronomicznym UJ oraz przegląd nieba radiowego na częstotliwości 30 GHz we współpracy z Obserwatorium Jodrell Bank w Wielkiej Brytanii (projekt OCRA).

OCRA, czyli One Centimetre Receiver Array, to akronim angielskiej nazwy oznaczającej matrycę stu odbiorników na falę 1 cm (częstotliwość 30 GHz). Centrum Astronomii w Piwnicach (prof. A. Kus z zespołem) zaproponowało toruński radioteleskop do realizacji wspólnego projektu z Uniwersytetem w Manchesterze, którego celem jest pionierski przegląd nieba północnego na falę 1 cm. Położenie geograficzne, warunki pogodowe występujące szczególnie zimą w Piwnicach, duża czułość teleskopu oraz dobra wieloletnia współpraca między naszymi ośrodkami okazały się bardzo przekonującymi argumentami. W przyszłości na RT-4 zostanie zamontowana — zgodnie z nazwą — matryca zawierająca docelowo sto odbiorników. Będzie ona, na wzór oka ludzkiego czy

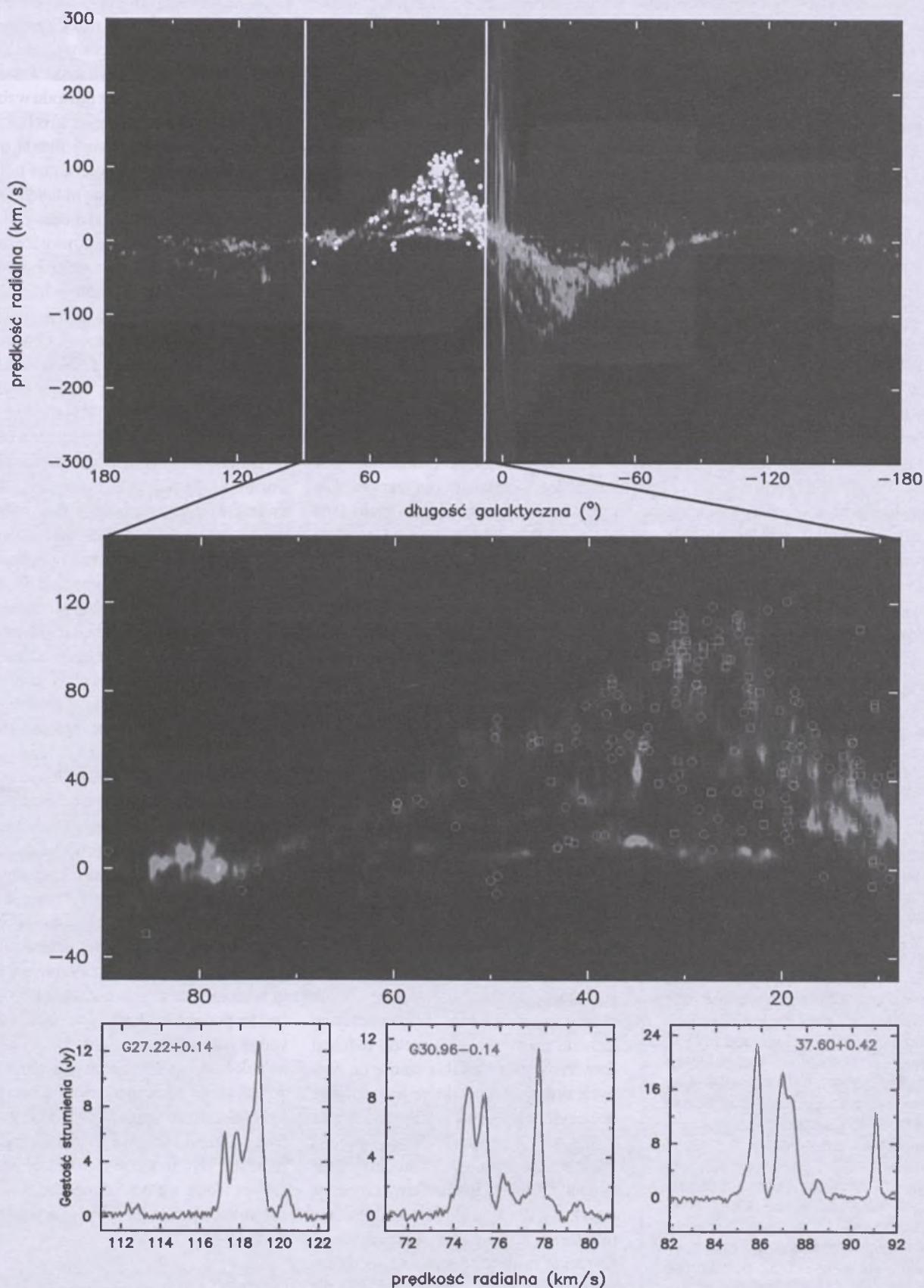
matrycy cyfrowego aparatu fotograficznego, odbierała sygnały z całego wycinka nieba, a nie tylko punktowego obszaru jak teraz. Umożliwi to znaczne przyspieszenie prac przeglądowych nieba, które inaczej zajęłyby ponad 100 lat. Liczymy na odkrycie nowych zwartych i młodych kwazarów, nie poznanych jeszcze do tej pory aktywnych galaktyk i udzielenia kolejnych odpowiedzi na podstawowe problemy kosmologiczne. Dziś są wykonywane już testowe obserwacje przy użyciu prototypowego urządzenia, tzw. OCRA-p, czyli zespołu składającego się z dwóch odbiorników. Jest badana m.in. emisja kilkuset aktywnych galaktyk i kwazarów. Przed realizacją głównego projektu należy bowiem dokładnie poznać zachowanie atmosfery na wysokich częstotliwościach oraz sprawdzić stabilność anteny, jak również napisać i przetestować oprogramowanie sterujące odbiornikami tak, by w przyszłości móc jak najlepiej wykorzystywać kompletną matrycę OCRA.

Pulsary są gwiazdami neutronowymi o silnych polach magnetycznych, które z dwóch swoich biegunów wysyłają snop promieniowania radioowego, przy czym bardzo szybko obracają się wokół własnej osi. Działają one na po-

dobieżstwo latarni morskich, omijając regularnie swoim promieniowaniem Ziemię w krótkich odstępach czasu (od milisekund do kilku sekund). W Centrum Astronomii są prowadzone systematyczne obserwacje kilkudziesięciu pulsarów. Pozwala to z bardzo dużą precyzją określić czasy przyjścia impulsów radiowych od poszczególnych obiektów. Ponieważ charakterystyczną cechą tych gwiazd jest ogromna stałość okresu ich pulsacji (są one zegarami lepszymi od zegarów atomowych), szczególnie ciekawe są te przypadki, w których z jakichś powodów następują nieregularności w momentach przyjścia impulsu. Może się bowiem okazać, że zmiany te powodują krażące wokół pulsara planety. Za pomocą teleskopu RT-4 można odkryć planetę o masie nawet 0,1 masy Ziemi wokół dowolnego pulsara w naszej Drodze Mlecznej. Toruński radioteleskop ma już kilka znaczących wyników w realizacji projektów pulsarowych. Regularne obserwacje pulsarów obaliły wcześniej postulowaną tezę o istnieniu dwóch planet wokół pulsara B0329+54, jednego z najjaśniejszych znanych pulsarów. Niedawne kolejne osiągnięcia toruńskiej grupy pulsarowej to sejsmologia gwiazd neutronowych,



Radioteleskop RT-4 o świcie. Fot. S. Krawczyk



Rozkład źródeł metanolowych, jaki uzyskano w wyniku kilkuletnich systematycznych obserwacji w kierunku płaszczyzny Drogi Mlecznej przy użyciu RT-4 (dr hab. M. Szymczak z zespołem). Przebadany obszar to wycinek nieba o współrzędnych: długość galaktyczna / od +8° do +90°, szerokość galaktyczna b od -0,52° do +0,52°. Do wcześniej znanych źródeł (kwadraty na środkowym panelu) doszło ponad 100 nowych obiektów (oznaczone za pomocą kółek na środkowym panelu) o zróżnicowanych widmach (przykłady na panelu dolnym). Są one teraz przedmiotem obserwacji interferometrycznych (EVN) mających na celu szczegółową analizę struktur rzędu milisekund łuku. Mapa radiowa na górnym i środkowym panelu prezentuje rozkład emisji CO (prędkość radialna vs. długość galaktyczna) i została użyczona przez Dr. T. Dame (Dame, Hartman, Thaddeus, ApJS, 1986)

czyli badanie nieciągłości ich rotacji (tzw. gliczy).

Maserы kosmiczne to obiekty wysyłające silne, nietermiczne promieniowanie, których mechanizm emisji jest podobny do działania znanego nam skądinął lasera, a różnica polega na wzmacnieniu mikrofal, a nie światła. Okazuje się, że w przestrzeni kosmicznej wzmacnienie maserowe pochodzące np. od cząsteczek wody czy metanolu dochodzące nawet do 10^{10} razy powstaje naturalnie i dzięki temu możemy badać gazowo-pyłowe środowisko narodzin gwiazd albo śledzić kinematykę materii wyrzuconej przez wyewoluowaną gwiazdę. Obszary te w inny sposób nie są dla nas dostrzegalne — promieniowanie z zakresu widzialnego nie jest w stanie wydostać się z konkuru tak gęstej materii. Dzięki pracy toruńskiego radioteleskopu odkryto w pewnym wycinku płaszczyzny Drogi Mlecznej ponad 100 nowych radioźródeł zawierających metanol. Jest to jak dotąd najlepszy przegląd źródeł metanolowych w Galaktyce wykonany dla

nieba północnego. Obszar płaszczyzny Drogi Mlecznej, ze względu na duże skupisko materii i pochłanianie światła, nie jest jeszcze w pełni poznany. Analiza emisji maserowej pozwala identyfikować centra gwiazdotwórcze, a ponadto daje możliwość zbadania ruchu materii wokół młodej gwiazdy i weryfikacji teorii powstawania gwiazd.

Galaktyki aktywne to obiekty, których centralne części (jądra) swoją jasnością znacznie przewyższają resztę galaktyki, emitując duże ilości energii w całym zakresie widma elektromagnetycznego. Każda galaktyka zawiera w swoim centrum masywną czarną dziurę wraz dyskiem akrecyjnym. Materia znajdująca się w dysku traci moment pędu na skutek procesów tarcia i turbulencji, emitując promieniowanie termiczne w zakresie optycznym, UV i miękkim rentgenowskim. Około 10% aktywnych galaktyk emisję ponadto promieniowanie radiowe, a pierwotna przyczyna generacji tych fal nie jest do końca określona. Blazary, które należą do grupy aktywnych galaktyk, były przez długi czas obserwowane w Toruńskim Obserwatorium, a otrzymane dane w połączeniu z obserwacjami w innych zakresach widma elektromagnetycznego pozwoliły stworzyć kompletny model ewolucji tych obiektów. Przede wszystkim jednak wiele aktywnych galaktyk obserwuje się podczas sesji VLBI.

Radioteleskop ze swoim nowoczesnym wyposażeniem i realizowanymi programami badawczymi jest również znakomitym narzędziem dydaktycznym. Studenci astronomii mają regularne ćwiczenia i pracownie, uczestnicząc bezpośrednio w pomiarach i w rutynowych obserwacjach. Dostęp do nowoczesnej techniki i wyszukanych metod redukcji danych daje im unikalną szansę na zdobycie doświadczenia, które jest możliwe do pozyskania jedynie w kilku wiodących ośrodkach europejskich. Przyjmowani są także studenci z innych ośrodków akademickich kraju. Realizujemy coroczne warsztaty dla szczególnie uzdolnionej młodzieży. Radioteleskop przyciąga liczne rzesze odwiedzających nas codziennie uczniów szkół i turystów. Także dla nich znajdujemy dodatkowy czas na wyjaśnienia i dyskusje.

I co dalej?

Patrząc wstecz na 50-letnią tradycję uprawiania radioastronomii w Piwni-

cach, nie sposób nie zauważać entuzjazmu, pomysłowości, a przede wszystkim talentu i uporu pracowników i studentów kiedyś Instytutu, a dziś Centrum Astronomii. RT-4 nie bez powodu wzbudza zainteresowanie przejezdnych, którzy często zatrzymują się i pytają o tę ogromną konstrukcję stojącą „na polu” i jej przeznaczenie. Antenę radioteleskopu zaprojektowano i wykonano całkowicie w kraju. Dla wielu firm uczestniczących w przedsięwzięciu było to znakomitym sprawdzeniem ich możliwości, nałożyło najwyższe wymagania jakościowe i technologiczne. Otwarcie radioteleskopu jesienią 1994 r. zostało połączone z organizacją ważnej konferencji międzynarodowej. RT-4 to najmniej nie tylko charakterystyczna bryła znacząca sielski krajobraz okolic Torunia, ale jedno z najbardziej zaawansowanych technologicznie narzędzi naukowych w kraju, umożliwiające prowadzenie znaczących i uznanych na świecie badań naukowych.

Ale, jak w każdej dziedzinie, istnieje potrzeba ciągłej modernizacji i ulepszenia przyrządów badawczych. Dlatego też RT-4 jest ciągle unowocześniany poprzez budowę odbiorników na kolejne pasma i modernizację oprogramowania. Muszą też być prowadzone żmudne pomiary własności samej anteny (wielkość odkształceń grawitacyjnych, deformacje czaszy i struktury nośnej, dokładność pozycjonowania, ogniskowanie).

Dochodzące osiągnięcia pozwalają na coraz śmiesze projekty i wizje na przyszłość. Od wielu już lat istnieje projekt większej, 70-metrowej anteny (RT-5), którego autorem jest wspominany już wielokrotnie mgr inż. Z. Bujakowski. Jest to, podobnie jak RT-4, w pełni sterowalna paraboliczna antena. Do tej pory jednak budowa 70-metrowej anteny pozostała w sferze marzeń. Od pewnego jednak czasu zaczyna się mówić o możliwości zrealizowania tego ambitnego projektu. Być może w niedalekiej przyszłości ukaże się artykuł opisujący uroczyście zakończenie prac nad radioteleskopem RT-5...

Magdalena Kunert-Bajraszewska i Anna Bartkiewicz są doktorantkami w Centrum Astronomii UMK. Ich prace badawcze dotyczą odpowiednio aktywnych galaktyk oraz emisji maserowej w obszarach narodzin gwiazd.

OZMA 2004



Teleskop RFNT 250/1250, stałe wyposażenie obserwatorium w Niedźwiadach



Refraktor 140 mm, obok klęczy szczęśliwy właściciel Przemek Rudż



Konkurs wiedzy astronomiczno-astronautycznej



Obserwacje plam słonecznych



Nocne obserwacje Księżyca



Pieczenie kiełbasek przy ognisku



Stanowisko radioastronomii



Wydawnictwo „VEGA”, stałego uczestnika zlotów astronomicznych

W SIECI TARANTULI

(opis na stronie 25)



Galeria Uranii



Kometa C/2004 Q2 (Machholz). Fot. Adam Block (NOAO), AURA, NSF



Słońca poboczne, Gdynia 4.04.2004. Fot. Paweł Salewski



Młody Księżyca o zmierzchu, 21.02.2004. Fot. Marcin Wutkowski



Spotkanie Wenus, Marsa i Księżyca 22.04.2004. Fot. Dariusz Dorosz



Spotkanie Wenus i Jowisza 4.11.2004. Fot. Dariusz Dorosz

na rozkładówce:

W SIECI TARANTULI



Urania • E.S. •
POSTĘPY ASTRONOMII

Mgławica Tarantula to jeden z najpiękniejszych obiektów południowego nieba. Widoczna jest nawet gołym okiem jako część Wielkiego Obłoku Magellana. To gigantyczny obszar powstawania młodych, masywnych gwiazd, otoczony olbrzymim kłębowiskiem gazu i pyłu. Jego rozmiary sięgają tysiąca lat świetlnych, co stawia go na czele tego typu obszarów w całej Lokalnej Grupie Galaktyk. Gdybyśmy umieścili Tarantulę w naszej Galaktyce na miejscu Mgławicy Oriona, zajęłaby czwierć całego nieba, a swoją całkowitą jasnością przewyższałaby nawet planetę Wenus! Centralne obszary tego niezwykłego obiektu prezentowaliśmy już na rozkładówce „Uranii-PA” nr 1/2002, dziś pora się przyrzeć, co kryje się na jego peryferiach.

Północno-wschodni skraj mgławicy Tarantula (a) został sfotografowany 6 i 7 grudnia 2001 r. przy użyciu teleskopu o średnicy 2,2 m w ESO. Wykorzystano trzy obrazy uzyskane w filtrach U (objął on swym zakresem linię emisyjną tlenu [OII] 372,7 nm) oraz dwóch wąskopasmowych (z maksimami czułości odpowiadającymi liniami [OIII] 500,7 nm oraz H-alfa wodoru 656,2 nm). Każdy obraz to z kolei mozaika czterech 20-minutowych ekspozycji. Pole obejmuje obszar o rozmiarach bliskich rozmiarom Księżyca — 30 na 33 minuty kątowe, północ jest u góry, wschód — po lewej stronie.

Na zbliżeniu fragmentu tego obszaru (b), bliskiego centralnej gromadzie R136, jest widoczna struktura mgławicy rozświetlonej promieniowaniem pobliskich gwiazd. Zielonkawy odcień odpowiada linii [OIII], niebieski — linii [OII]. Za kłaczkowaty i włóknisty charakter mgławicy, podkreślony dodatkowo ciemnymi strugami pyłu, odpowiadają zjawiska turbulencji i przepływu materii oraz energii w obecności pól magnetycznych. Obszar na zdjęciu: około 6' na 6'.

Mgławica SNR 0543-689 (c) jest pozostałością po wybuchu supernowej sprzed kilku milionów lat. Jest ona fragmentem większej, pierścieniowej struktury oznaczonej jako DEM L 299 (oznaczenie to pochodzi od katalogu mgławic w Obłokach Magellana, opublikowanego w roku 1976 przez R.D. Davisa, K.H. Elliotta oraz J. Meaburna). Można ją odnaleźć na mozaice (a) nieco poniżej środka zdjęcia.

Kolejne zbliżenie (d) to również portret pozostałości po wybuchu supernowej (SNR B0544-6910), tyle że znacznie młodszej od poprzedniej, liczącej sobie zaledwie kilkadziesiąt tysięcy lat.

Na obrazie (e) widzimy mgławicę N 164 (oznaczenie N pochodzi od katalogu jasnych mgławic w Obłokach Magellana, sporządzonego w roku 1956 przez K.G. Henize), rozświetloną promieniowaniem kilku jasnych gwiazd widocznych w jej wnętrzu. Obszar na zdjęciach c, d i e to niespełna 4' na 4'.

Zbliżenie (f) to mgławica DEM L 297, widoczna też na mozaice (a) nieco poniżej i na prawo od DEM L 299. Jasne obszary przecina niemal dokładnie na pół ciemne pasmo pyłu, którego nie brakuje w całej Tarantuli. Zdjęcie obejmuje obszar 6' na 6'.

Peryferia gigantycznego „pajaka” zajmują liczne gromady gwiazd. Na zdjęciu (g) widzimy NGC 2093, liczącą sobie kilkadziesiąt milionów lat. To gromada bogata w młode, masywne gwiazdy, silnie promieniujące w barwie niebieskiej. Z kolei zbliżenie (h) prezentuje znacznie bardziej zatrą NGC 2108, przypominającą gromadę kulistą, ale znacznie młodszą od jej galaktycznych odpowiedników — powstała ona bowiem około 600 mln lat temu. Możliwe, że kiedyś stanowiła znacznie bardziej efektowne jądro olbrzymiego obłoku wodoru, który od tamtej pory został rozproszony w mięzygwiazdnej przestrzeni. Obszar na zdjęciu g to niespełna 6' na 6', na zdjęciu h — o połowę mniejszy. (kr)

Marsjańskie impresje

Mars nie przestaje fascynować. I to mimo licznych ziemskich „wycieczek”, zwłaszcza ostatnio czynionych z dużym nasileniem. Bacznie obserwowany już szósty rok przez sondę Mars Global Surveyor przy pomocy urządzenia Mars Orbiter Camera, nie przestaje zadziwiać. Mnogość i stopień skomplikowania marsjańskich krajobrazów stoi w jaskrawej sprzecznosci z mimowidnym przeświadczenie o „jalowości” tej planety. Trudno jest wydrzeć Czerwonej Planecie jej tajemnice, skrywane okresowo lub na stałe pod pyłem i lodem. Naukowcom wszakże cierpliwości zazwyczaj nie brakuje, więc krok po kroku zbliżają się do pełniejszej wiedzy o Marsie, zarazem chętnie się dzieląc poznawanym jego pięknem. Przyjrzymy się zatem i my wybranej mozaice marsjańskich pejzaży, skomponowanej z najnowszych zdjęć. Warto zwrócić uwagę na niewiarygodną wręcz różnorodność tych widoków, które dzielnie opierają się wietrznej erozji, ścieraniu przez okresowo zaledgający lód, jak i ogólnie mało przyjaznemu środowisku.

Prawie wszystkie zaprezentowane zdjęcia obejmują obszar około 3 km; numery 1, 2, 4 są oświetlone światłem słonecznym padającym od lewej strony z dołu, natomiast pozostałe — od strony górnego lewego rogu. (mag.)

Fot. NASA/JPL/Malin Space Science Systems



Rys. 2. Candor Chasma. Odkryte skały, jak te na zdjęciu wschodnich obszarów Candor Chasma ($7,8^{\circ}\text{S}$, $65,3^{\circ}\text{W}$), części olbrzymiej Doliny Marinerów, były znane już od 1972 r. dzięki sondzie Mariner 9. Ciemniejsze partie to piasek naniesiony wiatrem. Wciąż pozostaje otwartą kwestią natury tych skał, tzn. czy są one osadowe, czy też wulkaniczne. Sama widoma drobnoziarnista struktura nie daje wystarczających podstaw do takiego rozgraniczenia



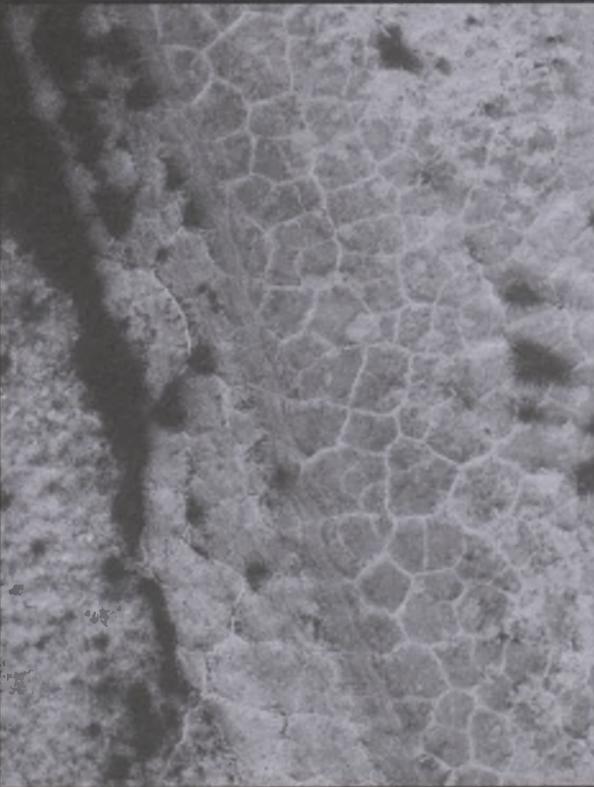
Rys. 1. Wiosenny Łomonosow. Szerokątne spojrzenie na zmróżone obrzeża krateru Łomonosowa (około 150 km średnicy, 65°N , 9°W), w trakcie późnej marsjańskiej wiosny. Na północy (góra zdjęcia) widać przygruntową mgłę znaczącą przedpole cofającą się sezonowo czapy polarnej



Rys. 3. Osadowy kobierzec. Ten malowniczy krajobraz to uwarstwione skały osadowe, wyłaniające się w południowo-zachodniej Kotlinie Melas ($9,8^{\circ}\text{S}$, $76,0^{\circ}\text{W}$), będącej częścią rozległego systemu Doliny Marinerów



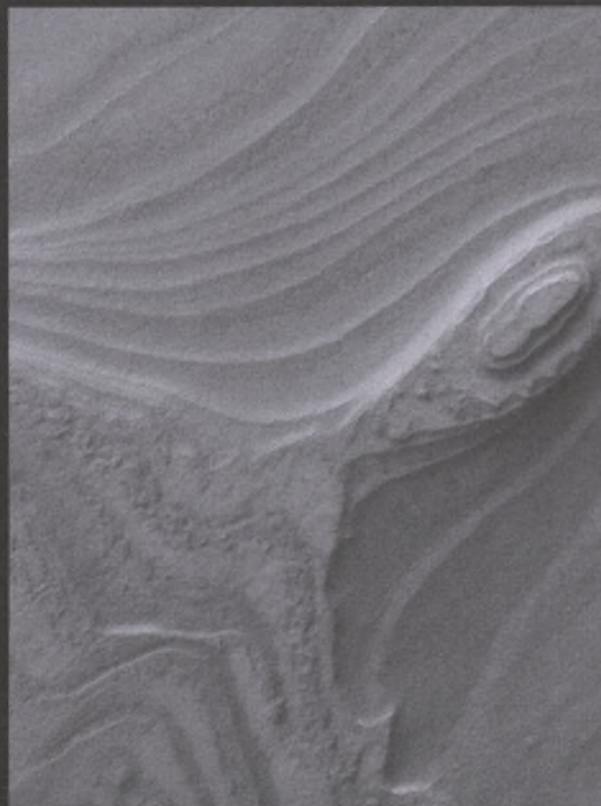
Rys. 4. Ekshumowane kratery. Taki jest cykl życiowy marsjańskich kraterów: nieustanne „pogrzeby” i następujące po nich ponowne odsłonięcia. Nie inny los spotkał kratery meteorytowe z okolic 39,7°N, 206,0°W, widoczne na zdjęciu. Każdy z nich wychynał spod warstwy osadów, których pozostałości widać jeszcze na ich dnie



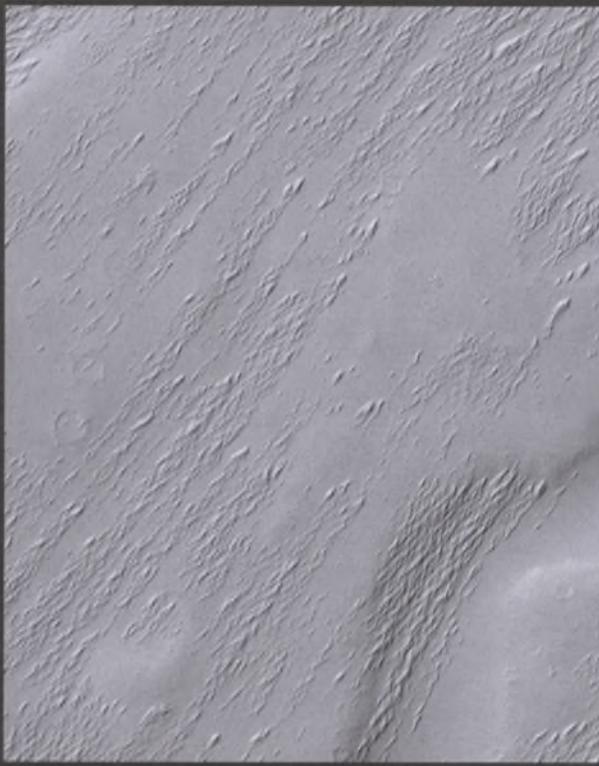
Rys. 6. Podbiegunowe wieloboki w okolicach bieguna południowego (82,0°S, 90,8°W). Krajobraz taki jest dość częsty na dużych szerokościach obu półkul, choć nie występuje tam wszędzy. Na Ziemi takie wieloboki wskazują na cykle zamarzania-rozmarzania gruntowego lodu. Być może tak samo jest na Marsie. Na zdjęciu kontrast wzmacnia sezonowy szron — najbardziej rozmarznięty w miejscach najciemniejszych



Rys. 5. Równina Hellas. Wykonany w kwietniu br. pejzaż małych wydm obejmuje około 3 km z całego „pola diunowego”, w okolicach 41,4°S, 275,6°W



Rys. 7. Bieguno we tajemnice. O ile wiadomo, że pod oblema cząsteczkami polarnymi są rozległe obszary uwarstwionej materii, to nie bardzo wiadomo, czy zawiera ona lód. Tak może być w przypadku warstw północnego bieguna, z których część może zawierać pył cementowany lodem właśnie. Południowy biegun jest bardziej zagadkowy — cienka pokrywa uniemożliwia ogląd w naturę tamtejszych warstw. Podlegają one jednak na pewno erozji, czego dowodem zdjęcie (82,0°S, 72,4°W)



Rys. 8. Apollinaris Patera to stary wulkan na północny-zachód od Krateru Guseva (miejscu lądowania łazika Spirit), pokryty kraterami, pyłowymi osadami i utwardzoną pokrywą z małego materiału, urzeźbioną wiatrem. Na widocznym wycinku tego wulkanu ($9,5^{\circ}\text{S}$, $186,4^{\circ}\text{W}$) ujawniają się stare utwory powierzchniowe spod względnie cienkiej pokrywy



Rys. 9. Tektoniczne pamiątki. Efektowne koryta i łańcuch zagłębień (na dnie głębszego rowu) znajdują się bezpośrednio na północny-wschód od wielkiego wulkanu rejonu Tharsis, Arsia Mons. Koryta te, przecinające wypływy lawy, powstały podczas rozszerzania się skorupy wzduł linii uskoków, między którymi skały zapadły się bądź zostały wyniesione ku górze. W geologii taki rów tektoniczny, ograniczony z grubsza równoległyimi uskokami, określa się mianem graben. Współrzędne zdjęcia: $7,1^{\circ}\text{S}$, $115,0^{\circ}\text{W}$



Rys. 10. Czadowe płaskowzgórza. Południowa czapa polarna to najszybcie zmieniający się krajobraz na Marsie. Widoczne na zdjęciu dwa duże i mrowie małe płaskowzgórza z dwutlenku węgla ($86,5^{\circ}\text{S}$, $358,5^{\circ}\text{W}$), kurczą się w tempie nawet do trzech metrów w trakcie marsjańskiego lata. Tu widzimy obszar obejmujący około 2 km



Rys. 11. Wytrawiony biegun. Widoczna tu część południowej czapy polarnej Marsa ($86,0^{\circ}\text{S}$, $350,8^{\circ}$) w pełni lata, sfotografowana z maksymalną rozdzielczością (1,5 m/piksel; zdjęcie obejmuje 1,5 km), dynamicznie zmienia swój wygląd. Każdego marsjańskiego lata skarpy utworzone ze zmrózowanego dwutlenku węgla cofają się średnio o 3 m.

Kosmiczne potęgi mieszkają w skromnych domach

Kwazary są najjaśniejszymi obiektami, których blask jest widoczny z odległości wielu miliardów lat świetlnych. Jednakże ostatnie badania wskazują na to, że potężne kwazary żyjące we wczesnym Wszechświecie (czyli ładnych parę miliardów lat temu) zamieszkiwały skromne mieszkania — znajdowały się w centrach niewielkich galaktyk, co jest nie lada niespodzianką dla astronomów, którzy umiejscawiali je w olbrzymich galaktykach czy też w wielkich galaktykach, które z jakiś powodów uległy zniszczeniu.

Podglądając kwazary na krańcach dostrzegalnego Wszechświata, astronomowie doznali szoku, widząc te giganty mocy w tak przeciwnym otoczeniu. Wrażenie takie można porównać do uczucia, gdy odkrywamy samochód formuły 1 w podmiejskim garażu. Mimo tak potężnego lokatora, jakim jest kwazar, jego macierzysta galaktyka jawi się obserwatorom jako szara myszka wśród innych znanych galaktyk.

Obserwacje wykonano, używając optyki adaptacyjnej, w którą zostało wyposażone obserwatorium Gemini na wzniesieniu Mauna Kea na największej wyspie Hawajów (USA).

Teoria głosi, że kwazary zamieszkują centralne części galaktyk — jądra, gdzie materia spada na supermasywną czarną dziurę przyciąganą jej ogromną siłą grawitacyjną. Spadająca materia rozgrzewa się do takich temperatur, aż zaczyna świecić oślepiającym światłem — to właśnie kwazar. Potęga imperium kwazarów przypada na okres między jedną dziesiątą a jedną trzecią obecnego wieku Wszechświata.

Możliwe, że uczeni będą musieli na nowo przemyśleć uznane modele opisujące działanie kwazarów. Wielu astronomów uważało, że macierzyste galaktyki zamieszkiwane przez kwazary są wielkie, masywne i noszą oznaki kolizji z innymi galaktykami. Nowe znalezisko kosmicznej archeologii ożywi dyskusje o tym, jak powstają i rosną galaktyki i czarne dziury.

Celem grupy, która dokonała tego odkrycia, było uzyskanie pierwszych zdjęć w podczerwieni 9 macierzystych galaktyk kwazarów, każda z nich w odległości około 10 mld lat świetlnych. Szef grupy badawczej dr Croom: *Mieliszmy nadzieję, że rozmiar i kształt galaktyk*

podpowie nam, co steruje aktywnością kwazarów. Niestety, nie uzyskano odpowiedzi na to frapujące pytanie, gdyż galaktyki były... za małe bądź za słabe, by móc je badać nawet tak czułą aparaturą jak teleskop Gemini. Galaktyki piastujące w swych centrach potężne kwazary okazały się za słabe do obserwacji! Z 9 obiektów udało się zaobserwować jedną galaktykę — jej kształt i jasność przypomina naszą Galaktykę Drogi Mlecznej; tak więc i ona nie spełniła oczekiwania poszukiwaczy.

Teleskop Gemini dzięki optyce adaptacyjnej jest w stanie otrzymać obrazy o ostrości porównywalnej z obrazami z teleskopu Hubble'a. Ale zwierciadła ziemnego teleskopu są w stanie zebrać 10 razy więcej światła niż teleskop Hubble'a, co przy badaniu słabych obiektów jest bardzo ważnym czynnikiem. Optyka adaptacyjna usuwa turbulencje atmosfery, dzięki temu dostajemy obrazy tak ostre jak te z satelitów, które nie muszą przejmować się atmosferą. Te dwie cechy: usunięcie zniekształceń obrazu wywołanych turbulencjami atmosfery oraz duża moc zbiorcza teleskopu, powodują, że w rękach astronomów znajduje się narzędzie, którego do tej pory nie mieli — możliwość uzyskania najostrejszych jak do tej pory podczerwonych obrazów słabych obiektów, które istniały we wczesnym Wszechświecie.

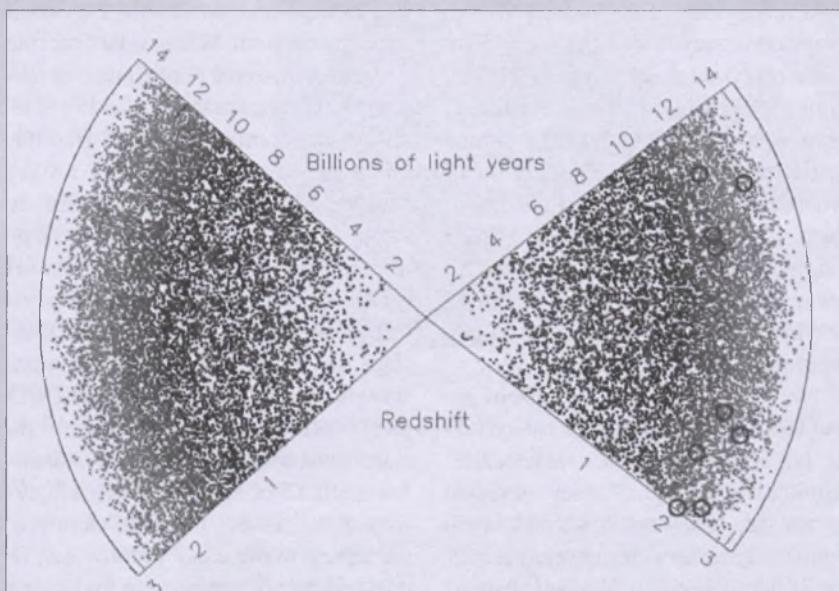
Dlaczego spośród wielu odkrytych do

tej pory kwazarów wybrano te 9, by przyrwać się ich najbliższemu otoczeniu? Aby móc użyć techniki adaptacyjnej do obserwacji słabych obiektów, trzeba było znaleźć gwiazdowych przewodników — stosunkowo jasne gwiazdy położone w pobliżu kwazarów (w pobliżu na sferze niebieskiej, rzeczywista odległość jest nieistotna). Aby znaleźć taką parę — kwazar plus jasna gwiazda w sąsiedztwie — zespół sięgnął do bazy danych 20 tys. kwazarów, uzyskanej dzięki Anglo-Australian Telescope w latach 1997–2002. Stanowi on największy przegląd kwazarów, jaki do tej pory wykonano.

Idea tłumacząca dokonane obserwacje małych galaktyk z wielkimi kwazarami mówi, że przyczyna tkwi w dużo większej gęstości materii panującej we wczesnym Wszechświecie w porównaniu do tego Wszechświata, w którym przyszło nam żyć. Wszechświat rozszerzając się, obniża swoją średnią gęstość, ale to nie znaczy, że spada np. gęstość planet — one nie biorą udziału w rozszerzaniu Wszechświata. Być może czarne dziury, zamiast czerpać moc do wzrostu ze wzajemnego zjadania się w trakcie zderzeń i kolizji, rosły, pochłaniając ten gęsty, zimny gaz.

Praca dotycząca opisanych obserwacji znajduje się w *The Astrophysical Journal* 606 (2004) 126–138 (astro-ph/0401442).

Karolina Zawada



Rozkład wszystkich kwazarów znalezionych w przeglądzie o nazwie 2dF QSO Redshift Survey, wykonanym przez Anglo-Australian Telescope. My znajdujemy się w centrum wykresu, a coraz odleglejsze kwazary znajdują się coraz dalej od centrum. Wśród tego mrowia obiektów ledwo garstka miała w swoim sąsiedztwie jasne gwiazdy, co było wymogiem obserwacji z użyciem optyki adaptacyjnej. Kwazary badane przez teleskop Gemini zakreślone są w kółka

VIII Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii — Niedźwiady 2004



Fot. Zdzisław Szalkowski

W dniach 5-8 sierpnia 2004 r. odbył się w Niedźwiadach koło Szubina VIII Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii. Gościnnymi i organizatorami imprezy byli członkowie Pałucko-Pomorskiego Stowarzyszenia Astronomiczno-Ekologicznego „Grupa Lokalna”, którzy na tę okazję udostępnili teren swojej stacji obserwacyjnej. Przypomnijmy: wcześniej już odbywały się w tym miejscu zloty: pierwszy w 1997 oraz piąty w 2001 r.

Podczas otwarcia zlotu odbyła się miła uroczystość. Pan Andrzej Wrona, Przewodniczący Rady Miejskiej w Szubinie otrzymał z rąk Prezesa PPSAE tytuł Honorowego Członka Stowarzyszenia za szczególny wkład i pomoc udzieloną „Grupie Lokalnej” w budowie stacji astronomicznej w Niedźwiadach. Ci, którzy byli w tym miejscu 3 lata temu na OZMA 2001, od razu zauważyci, że na polu obserwacyjnym przybyło kilka nowych stanowisk, a cały teren jest zadbane i uporządkowany.

Na VIII OZMA dotarło ogółem ponad 100 osób z terenu niemal całego kraju. Na boisku powstało „miasteczko” namiotowe, a na polu obserwacyjnym wyrósł las... teleskopów, wśród których wyróżniały się apochromatyczny refraktor 140 mm i 35 cm Newton. Patrząc z perspektywy czasu na poprzednie zloty, z pełną odpowiedzialnością można stwierdzić, że był to najbardziej astronomiczny z astronomicznych zlotów, jakie do tej pory odbywały się pod szyldem „OZMA”. Być może magia tego

miejsca sprawia, że na tej, jak i na wszystkich dotychczasowych imprezach w Niedźwiadach pogoda sprzyja obserwatorom. Ilość sprzętu obserwacyjnego była naprawdę imponująca, a przezroczyste powietrze i wolna od światła okolica zachęcały do podziwiania nocnego nieba.

Około południa, gdy najwytrwalsi obserwatorzy kończyli odsypanie nocy, rozpoczynały się imprezy towarzyszące, a były to pokazy sprzętu optycznego, astrofoto, dyskusje, wymiana doświadczeń oraz spotkania z gośćmi specjalnymi zlotu. W tym roku drugi raz z rzędu zaproszenie przyjęli doc. dr Romana Ratkiewicz oraz jak zwykle wspierający astronomów amatorów (nie tylko fachową wiedzą) prof. Andrzej Woszczyk. Pani docent podzieliła się swoją wiedzą na temat heliosfery, natomiast prof. Woszczyk przedstawił w skrócie „Wydarzenia astronomiczno-astronautyczne 2004 r.”. Kolega Wiesław Skórzyński wykładem na temat sprzętu i technik obrazowania CCD przekonał znaczną część uczestników do stosowania aparatów cyfrowych w astrophotografii. Choć sprzęt do fotografii cyfrowej jest jeszcze drogi i niekoniecznie lepszy, to nie ulega wątpliwości, że przedżej czy później wyprze tradycyjną fotografię analogową.

Niemal z samego sobotniego rana, tj. ok. 10, chętni zlotowicze mogli się udało podstawionym przez Szubiński Dom Kultury autobusem do miasta, a tam przy okazji zobaczyć wystawę „Astrofotogra-

fia — Barwy Wszechświata 3”. Oficjalne otwarcie wystawy odbyło się tydzień wcześniej w Galerii Plama's. Wystawa ta jest organizowana za każdym razem, gdy OZMA gości w Niedźwiadach. Tym razem swoje prace prezentowali członkowie PPSAE: Paweł Dobies, Marcin Grzybowski, Bartek Pilarski, Marek Nikodem, Sławek Szczęśniak i Zdzisław Szałkowski.

Po południu odbył się konkurs wiedzy astronomicznej i astronautycznej adresowany szczególnie do najmłodszych uczestników zlotu. Najlepszymi w tym roku byli: Maciej Błyszczak z Lubrańca (pierwsze miejsce), Michał Nowakowski z Goleniowa (drugie) oraz Tomasz Niedźwiedź ze Szczecina (trzecie).

Tradycją naszych zlotów jest przyznawanie przez uczestników specjalnych wyróżnień tzw. „Grand OZ'ów” za szczególne osiągnięcia na polu amatorskiej astronomii. W tym roku wyróżnienia otrzymali Artur Wrembel z Bydgoszczy za zbudowanie teleskopu Newtona o średnicy 270 mm (wykorzystał stary, zabytkowy bojler jako tubus) oraz Andrzej Rzemieniak z Zamościa za najpiękniejsze zdjęcia nieba. Od tego roku przyznawana jest również nagroda dla zlotowicza, który czymś ujmie organizatorów. Niemal zaraz po rozpoczęciu zlotu było wiadomo, kto otrzyma tę nagrodę (ŻÓŁTA koszulka z logo zlotu). Kolega Mateusz Kosztutowski, będąc już w Szubinie, zamiast jechać do oddalonych o około 10 km Niedźwiad, pojechał 50 km dalej do innej miejscowości

o tej samej nazwie! Dzięki panu Wojtyniakowi, który zgodził się po niego pojechać (serdecznie dziękujemy!), chłopak nie musiał przymusowo spać pod gólym niebem (było wtedy po godzinie 22 i nie jeździły już autobusy PKS).

Zlot pewnie nie byłby tak udany, gdyby nie życzliwe wsparcie osób i instytucji. Podziękowania należą się przede wszystkim Urzędowi Miasta i Gminy w Szubinie za finansowe wsparcie, Rejonowej Bibliotece Publicznej w Szubinie

za ufundowanie cennych nagród, Domowi Kultury w Szubinie za pomoc organizacyjną i finansową, PTMA Oddział w Toruniu oraz panu Arkadiuszowi Dominiakowi.

Podsumowując tegorocznego zlot, można stwierdzić, że według powszechniej opinii był on najlepszym z dotychczasowych spotkań miłośników astronomii. Pogoda była niemal rewelacyjna, do północy można było „polować” na wszelkie obiekty mgławicowe przez kil-

kanaście (!) teleskopów, później — po wschodzie Księżyca — podziwiano jego usianą kraterami powierzchnię, natomiast w dzień obserwowano plamy słoneczne. Niezapomniany będzie z pewnością bolid, który w piątkową noc rozświetlił do tego stopnia niebo, że część „ozmowiczów” od razu krzyknęła BEZ FLESZA!!!

PPSAE „Grupa Lokalna”

Zdjęcia z OZMA'2004 publikujemy na s. 1 kolorowej wkładki

Dąbrowskie Obserwatorium Astronomiczne im. S. R. Brzostkiewicza obchodzi swoje pierwsze urodziny

Minał rok od chwili otwarcia w Dąbrowie Górnictwa, w Zespole Szkół nr 1 miłośniczego obserwatorium astronomicznego i nowoczesnej sali prelekcyjno-audiowizualnej. Rocznica ta skłania do pewnych podsumowań. Dla Dąbrowskiego Koła Miłośników Astronomii im. S. R. Brzostkiewicza 19 listopada 2003 r. to bardzo ważna data. Oddanie tego wspomnianego obiektu skłania nas do jeszcze przeszego działania na polu astronomii amatorskiej, a jednocześnie otwiera nam nowe możliwości. W pierwszym roku istnienia obserwatorium zorganizowaliśmy tu wiele imprez o charakterze popularnonaukowym. Dużym uroczystym wieczorów astronomicznych było demonstrowanie przyrządów obserwacyjnych i modeli astronomicznych. Zorganizowaliśmy wiele wspaniałych spotkań, konferencji, odczytów i pokazów nocnego nieba. Regularnie dwa razy w tygodniu odbywały się i nadal się odbywają spotkania miłośników astronomii. Obecnie grono nasze liczy 45 członków. W dzień są prowadzone pokazy Słońca skierowane głównie do młodzieży szkolnej. Obserwatorium jest odwiedzane przez liczne wycieczki szkolne i przedszkolne. Odwiedziło nas 3200 osób, zaglądając do nas również mieszkańcy naszego miasta. Uczestniczymy w życiu kulturalnym miasta, współorganizując i biorąc udział w różnych spotkaniach i festynach miejskich. Ostatnia tego typu impreza to „Rodzinny Festyn”, który odbył się w miejscowości Błędów. Organizatorami byli Urząd Miejski i Pałac Kultury Zagłębia. Zachęcaliśmy przybyłych mieszkańców

do oglądania nocnego nieba, czytania fachowej literatury (reklamowaliśmy „Uranie”), można było zapoznać się z aktualnym wyglądem nocnego nieba, jak również z historią powstania amatorskiego ruchu astronomicznego w Dąbrowie Górnictwa. Dąbrowskie Koło Miłośników Astronomii nawiązało stałą współpracę z Towarzystwem Obserwatorów Słońca im. W. Szymańskiego, w ramach której prowadzimy obserwacje naszej dziennej gwiazdy. Byliśmy organizatorami pierwszego dnia Ogólnopolskiego Zjazdu TOS i Naukowej Sesji Astronomicznej w dniach 7 i 8 sierpnia w Dąbrowie Górnictwa i Żarkach. W pewnym sensie był to powrót po 13 latach do korzeni, a co za tym idzie, podtrzymanie pięknych astronomicznych tradycji. W Dąbrowie Górnictwa przez 27 lat istniał oddział PTMA — Centralna Sekcja Obserwacji Słońca, przemianowana

w 1981 r. w odrębne niezależne stowarzyszenie TOS. Oddział już nie istnieje. W pierwszym roku pracy udało się nam wyposażyć teleskop w dodatkową optykę, a salę w rzutnik. Obecnie są instalowane w sali dodatkowe gablity, docelowo będzie ich 13. Wiąże to się z powiększeniem ekspozycji poświęconej sylwetce S.R. Brzostkiewicza. Trwają również prace nad budową radioteleskopu. Uruchomienie przewidujemy na wiosnę przyszłego roku. W chwili obecnej

skupiamy się na największym naszym projekcie polegającym na wybudowaniu w szkole planetarium. Projekt zyskał duże uznanie u władz oświatowych i miejskich, ma pełne poparcie Prezydenta Miasta mgra Jerzego Tarkowskiego. Wybudowanie planetarium jest poważnym przedsięwzięciem, wymaga dużych nakładów finansowych. W pierwszym etapie budowy przewidujemy wybudowanie pomieszczenia sali projekcyjnej. Etap drugi to zakup aparatury projekcyjnej. W tej kwestii radą



Demonstracja plam Słonecznych przez teleskop

służy nam zastępca dyrektora Śląskiego Planetarium pan S.Janta, który jest niekwestionowanym fachowcem w tej dziedzinie w kraju, a nie chcemy popełnić tu jakiegoś błędu w kwestii zakupu. Ktoś mógłby zadać pytanie, po co to wszystko robimy? No cóż, jesteśmy pasjonatami tej dziedziny nauki, uważam też, że należy pielegnować tak piękne tradycje, które zapoczątkował Stanisław R. Brzostkiewicz.

Dariusz W. Nelle

VI Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA „Struktura i ewolucja komet i innych drobnych ciał Układu Słonecznego” 15-17 X 2004 poświęcona pamięci prof. Freda L. Whipple'a

Rozpoczęcie konferencji nastąpiło w piątek 15 października o godz. 16 w siedzibie Zarządu Głównego PTMA w Krakowie. Konferencję otworzył Przewodniczący Sekcji, dr Tomasz Ściążor (Politechnika Krakowska, Kraków), który po przywitaniu wszystkich przybyłych wygłosił referat wstępny pt. „Fred Whipple i modele jąder kometarnych”. Prelegent przedstawił postać Patrona Konferencji, zmarłego pod koniec sierpnia br. profesora Freda L. Whipple'a, na szerokim tle historycznym poznawania fizyki i struktury komet.

W kolejnym dniu konferencji, w sobotę 16 października o godz. 10:00, także w siedzibie Zarządu Głównego PTMA, wszystkich zebranych przywitał Prezes Towarzystwa, dr Henryk Brancewicz, wyrażając zadowolenie z jej ponownego zorganizowania i wyjątkowo licznie zgromadzonych uczestników.

Tę część konferencji rozpoczęła referat mgr Reginy Rudawskiej (Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań) pt. „Meteoroidy, meteory i ich roje”. Prelegentka opisała powstawanie i ewolucję strumieni meteorów oraz ich związki z kometami. Zostały także przedstawione metody obserwacji meteorów oraz ich znaczenie dla poznawania struktury Układu Słonecznego. Podkreślono prostotę tych obserwacji, które nie wymagają żadnego specjalistycznego sprzętu. Odczyt był bogato ilustrowany nowoczesnymi środkami multimedialnymi.



Uczestnicy VI Konferencji SOK PTMA w sali wykładowej OA UJ w Krakowie. Na pierwszym planie prof. Andrzej Manecki

Kolejny referat był związany z przypadającą w br. 50 rocznicą śmierci wybitnego polskiego astronoma, prof. Tadeusza Banachiewicza. Prelekcję „Prof. T. Banachiewicz i jego współpraca z IAU” wygłosił uczeń Profesora, dr Jan Mietelski (Uniwersytet Jagielloński, Kraków). Po opisaniu działalności prof. Banachiewicza w kilku komisjach Międzynarodowej Unii Astronomicznej prelegent odczytał fragmenty oryginalnych dzienników Profesora, co pozwoliło spojrzeć na astronomię pierwszej połowy XX w. oczami jednego z jej twórców.

Po przerwie wysłuchaliśmy referatu dra Krzysztofa Ziolkowskiego (Centrum Badań Kosmicznych PAN, Warszawa) pt. „Czego dziś oczekujemy po badaniach komet i planetoid?”. Prelegent przedstawił obecny model budowy Układu Słonecznego, ze szczególnym uwzględnieniem odkrywanych obecnie masowo obiektów z tzw. Pasa Kuipera. Zostały przedstawione perspektywy dalszych badań zewnętrznych obszarów Układu, wynikające m. in. z odkrycia niezwykłej planetoidy Sedna, mającej być może związek z, jak dotąd hipotetycznym, Obłokiem Oorta. Prelegent zwrócił uwagę na znaczenie badań komet i planetoid dla zrozumienia powstania i ewolucji Układu Słonecznego.

Wszystkie referaty wywołały ożywioną dyskusję zgromadzonych.

Po wysłuchaniu omówionych referatów ogłoszono trzygodzinną przerwę. Po przezwrocie dalsza część konferencji w tym dniu odbywała się już w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego „Fort Skała” w Krakowie.

W sali wykładowej Obserwatorium, gdzie ozdobą jednej ze ścian jest gablota z bezcennymi zbiorami me-

teorytów, wysłuchaliśmy prelekcji prof. Andrzeja Maneckiego i mgr Magdaleny Żmudzkiej (Akademia Górnictwo-Hutnicza, Kraków) pt. „Nowa klasyfikacja meteorytów”. Przedstawiono rozwój poglądów na naturę meteorytów i ich dawne klasyfikacje, aby na koniec przedstawić współczesny podział spadającej na Ziemię materii pozaziemskiej. Zwrócono uwagę na znaczenie badania meteorytów oraz na ich związki z planetoidami i kometami. Podkreślono konieczność współpracy amatorów z astronomami zawodowymi, w szczególności przy rejestracji jasnych meteorów (bolidów), co umożliwia powiązanie znalezionych potem meteorytów z konkretnymi ciałami niebieskimi.

Jako ostatni w tym dniu wystąpił Michał Drahus, wygłaszając referat swój i dra Wacława Waniaka (Obserwatorium Astronomiczne UJ, Kraków) pt. „Dlaczego komety się rozpadają? – o hipotezie rozpadu rotacyjnego”. Bardzo profesjonalnie przygotowany i prowadzony referat był poświęcony częstemu w świecie komet zjawisku rozpadu ich jąder. Prelegent dokonał klasyfikacji możliwych wyjaśnień tego zjawiska, skupiając się następnie na możliwości inicjowania rozpadu przez działające na powierzchni jądra strumienie materii, powodujące zwiększenie prędkości jego wirowania, co w rezultacie prowadzi do rozpadu obiektu. Hipoteza ta została poparta wynikami prowadzonych przez autorów referatu badań komety C/2001 K5 (LINEAR). Prelekcja wzbudziła duże zainteresowanie zgromadzonych licznie słuchaczy.

Po części oficjalnej uczestnicy konferencji spotkali się przy grillu i bigosie, niestety nastrój psuł nieco coraz silniej padający deszcz, który zresztą uniemożliwił przeprowadzenie pokazu nieba. Pomimo to jednak mogliśmy zwiedzić obserwatorium, zapoznając się z niektórymi znajdującymi się tam teleskopami, takimi jak np. pochodzący z 1874 r. refraktor Grubba (200/2480). Niejako „przy okazji” zwiedziliśmy także podziemia samego „Fortu Skała”, będącego unikalnym zabytkiem sztuki fortyfikacyjnej XIX w.

W niedzielę, w trzecim i zarazem ostatnim dniu konferencji, jej uczestnicy, zgromadzeni ponownie w siedzibie Zarządu Głównego PTMA, mogli wysłuchać referatów poświęconych zagadnieniom obserwacyjnym. Obrady rozpoczęto o godz. 10 referatem mgra Marka Kubali (Politechnika Krakowska, Kraków) pt. „Obserwacje komet w dziennikach obserwacyjnych dra Antoniego Wilka”. Prelegent przedstawił w nich badane przez siebie dzienniki obserwacyjne jednego z najwybitniejszych polskich odkrywców komet, dra Antoniego Wilka. Niezwykle ciekawie przygotowany referat pozwolił zapoznać się z tą, jakże ciekawą, postacią, jednocześnie zwracając uwagę na wiele zagadnień obserwacyjnych aktualnych także do dzisiaj.

Jako drugi prelegent wystąpił mgr Jarosław Grolik (Uniwersytet Jagielloński, Kraków) z referatem pt. „Amatorskie obserwacje CCD: czyli co powinniśmy wieǳieć, wybierając sprzęt do astrofotogra-

fii cyfrowej”. Prelegent opisał zasadę działania coraz popularniejszych także i w naszym kraju detektorów CCD i ich zastosowanie przy rejestracji obrazów obiektów astronomicznych. Zostały przedstawione wady i zalety ww. urządzeń w porównaniu do innych czujników elektronicznych, jak np. układy CMOS.

Jako ostatni wystąpił dr Tomasz Ścieżor (Politechnika Krakowska, Kraków) z referatem „Zmiany zanieczyszczenia świetlnego w Polsce w okresie działalności Sekcji Obserwatorów Komet PTMA: 1994–2004”. Prelegent przedstawił wszystkim zwrócił uwagę na fakt, że właśnie mija 10 rocznica reaktywowania Sekcji Obserwatorów Komet w Krakowie. Przedstawiono obszerne podsumowanie działalności Sekcji w minionym okresie, podkreślając dużą liczbę wykonanych obserwacji, co pozwala na dokonywanie różnego rodzaju rozważań statystycznych. Wykorzystując obserwacje komet z archiwum SOK, dokonano próby oszacowania zmian świecenia nocne-

go nieba w Polsce w okresie ostatnich 10 lat zarówno w skali całego kraju, jak też dla poszczególnych jego regionów. Prezentowane wyniki wzbudziły ożywioną dyskusję zgromadzonych słuchaczy, wśród których było wielu aktywnych obserwatorów komet.

Konferencja zakończyła się o godz. 14. Była to chyba najbardziej udana z dotychczasowych konferencji SOK PTMA, co było zasługą niewątpliwie zarówno dużej liczby interesujących prelekcji (9 referatów), jak też licznie przybyłych uczestników (ponad 50 osób). Przyczyniła się do tego także z pewnością „astronomiczna” atmosfera Obserwatorium Astronomicznego UJ, za którego udostępnienie dla potrzeb konferencji jej organizatorzy składają Dyrekcji Obserwatorium gorące podziękowania. Mamy nadzieję, że kolejna, VII Konferencja SOK w 2005 r. będzie przynajmniej równie udana!

Przewodniczący SOK
Tomasz Ścieżor

Zaćmienie Księżyca na Wielkiej Raczy

Na obserwacji całkowitego zaćmienia Księżyca 28 października 2004 na Wielkiej Raczy w Beskidzie Żywieckim spotkała się spora grupa miłośników astronomii.

Organizatorami wyprawy byli członkowie Koła Miłośników Astronomii ANTARES z Żywca z jego prezesem, Jakubem Nowakiem. Wielka Racza (1236 m n.p.m.) jest bardzo dobrym miejscem do obserwacji astronomicznych, o czym miłośnicy z Żywca już niejednokrotnie się przekonali. Tym razem do wspólnych obserwacji zaprosili również członków

Szkolnego Koła Astronomicznego DENEB z Libiążą z opiekunką Lucyną Gut, uczniów z ZSME w Żywcu z panią Bożeną Piątek oraz miłośników astronomii z Krakowa i Pszczyny.

Pogoda była wspaniała: bezchmurne niebo, przejrzyste powietrze, temperatura około 7°C (trochę przeszkadzał zimny wiatr). Dysponowaliśmy trzema teleskopami w systemie Newtona: 90/900, 120/900 i 150/800 mm oraz lornetkami.

W czasie zaćmienia zmierzyliśmy czas kontaktów cienia Ziemi z Księżykiem i wyznaczyliśmy jego jasność pod-



czas fazy całkowitej. Jasność tę oceniliśmy na około 0,0 mag. do +0,1 mag. Na mapie Księżyca odnotowywaliśmy casy, w których cień osiągał poszczególne morza i kratery.

Uczeń I LO w Pszczynie, Damian Jabłka, robił zdjęcia zjawiska aparatem Zenit zamontowanym do teleskopu 90/900 mm.

Czas całkowitego zaćmienia Księżyca wykorzystaliśmy do obserwacji kilku obiektów z katalogu Messiera i widocznych o tej porze planet.

I tym razem Wielka Racza okazała się dla miłośników astronomii łaskawa — była jednym z nielicznych miejsc w Polsce, gdzie Księżyca nie przesłaniały chmury.

Lucyna Gut



75 lat kłopotów ze stałą Hubble'a

Stała Hubble'a (wówczas jeszcze tak nie nazwana) pojawiła się po raz pierwszy w 1929 r. Wtedy to Edwin Hubble (ramka 1) opublikował wyniki swoich pomiarów odległości i przesunięć do czerwieni dla 24 galaktyk (rys. 1). Jak widać z wykresu, Hubble przyjął dopplerowską interpretację przesunięć do czerwieni, odkładając na osi rzędnych prędkości radialne. Linia prosta najlepiej dopasowana do punktów na wykresie dość wyraźnie sugeruje liniową relację wiążącą odległość galaktyki z jej prędkością radialną (prędkością ucieczki)

$$v_r = H \cdot r \quad \text{— prawo Hubble'a.}$$

Prędkość radialną v_r wyznaczamy w oparciu o zmierzone dla dowolnej linii widmowej przesunięcie do czerwieni

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = z \cdot c \quad (\text{dla } v_r \ll c)$$

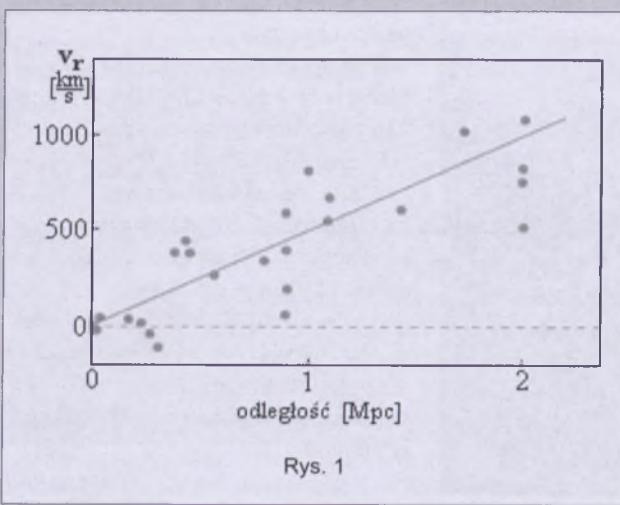
lub w przypadku relatywistycznym

$$v_r = c \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1}$$

Względne przesunięcie linii z jest niezależne od długości fali, a więc możemy je wyznaczać w dowolnym zakresie widma elektromagnetycznego (optycznym lub np. radiowym). Przebieg funkcji $v_r(r)$ w przypadku nierelatywistycznym i relatywistycznym widzimy na rysunku 2.

Odkrycie Hubble'a nastąpiło we właściwym czasie. W 1915 r. Albert Einstein uzyskuje poprawną postać równań pola i formułuje ogólną teorię względności. Dwa lata później publikuje pracę „Kosmologiczne konsekwencje ogólnej teorii względności”. W 1922 Aleksander Friedman pokazuje, że stacjonarne rozwiązywanie równań pola nie jest jedynym możliwym. Prawie równolegle (lata 1917–1925) powstają modele kosmologiczne Willema de Sittera i Georges'a Lemaitre'a. Niezbędne są fakty obserwacyjne weryfikujące tworzone modele.

Wartość stałej H uzyskaną przez Hubble'a w 1929 r. możemy odczytać bezpośrednio z rys. 1 jako $500 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$.



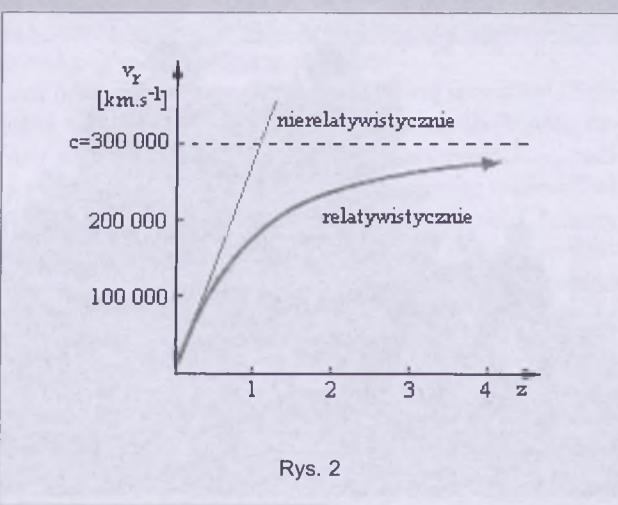
Rys. 1

Bardzo szybko okazało się, że jest ona nie do przyjęcia. Jak wiadomo, odwrotność stałej Hubble'a określa czas T niezbędny, aby jedna galaktyka oddaliła się od drugiej na odległość r . Czas T nazywamy też często „wiekiem Wszechświata”. Dla tej wartości stałej wiek Wszechświata wynosiłby ok. 2 mld lat, byłby więc dwukrotnie krótszy od wieku Ziemi oszacowanego niezależnymi metodami geologicznymi. Skąd tak duży błąd? Otóż w 1929 r. upłynęło zaledwie kilka lat od stwierdzenia, że „obiekty mgławicowe” (ściślej: mgławice spiralne) galaktyki podobne do naszej są położone w znaczących odległościach od niej. Odległości te były wyznaczane z bardzo małą dokładnością. Zresztą do dziś wyznaczanie odległości galaktyk stwarza poważne trudności (o czym niżej). Kłopoty sprawia też wyznaczenie przesunięcia do czerwieni w widmach galaktyk. Ich widma to wynik nałożenia się widm bardzo wielu gwiazd, w dodatku poruszających się względem obserwatora z różnymi prędkościami (rotacja galaktyk). Stąd linie widmowe są silnie rozmyte i precyzyjne określenie ich położenia jest dość trudne.

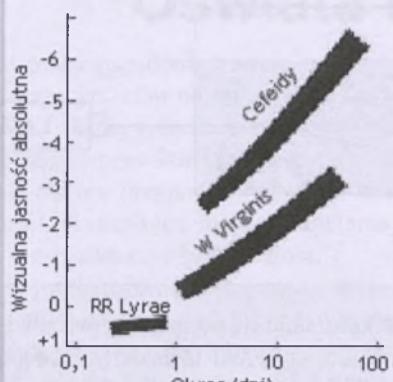
Wszystko zaczęło się w nocy z 5 na 6 października 1923 r. Hubble fotografuje zewnętrzny obszar „mgławicy spiralnej” M31 w gwiazdozbiorze Andromedy. Na zdjęciu identyfikuje pierwszą cefeidę w M31. Pozwala mu to wyznaczyć odległość do tego obiektu (ramka 2). Uzyskany wynik (900 000 l. św., ponad dwukrotnie mniej niż w rzeczywistości) jest obarczony znacznym błędem, pokazuje jednak w sposób niepodważalny, że mgławica M31 znajduje się bardzo daleko poza granicami naszej Galaktyki. Nasza Galaktyka stała się tylko jedną z bardzo wielu cegieł znacznie większego Wszechświata.

Dalsze badania powodują systematyczne zmniejszanie wartości stałej Hubble'a. Największa zmiana nastąpiła w 1952 r., gdy to podwojenie odległości wyznaczanych metodą cefeid spowodowało dwukrotne zmniejszenie stałej. W pewnym okresie nawet przeholowano, w połowie lat 70. przypisano stałej wartość $53 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$.

Kłopoty ze stałą Hubble'a to bezpośredni konsekwencja



Rys. 2



Rys. 3

cja kłopotów z wyznaczaniem odległości. A te z kolei wynikają z ogromnych odległości, z jakimi mamy do czynienia i konieczności korzystania z różnych metod ich wyznaczania, nie zawsze ze sobą skorelowanych. W dodatku interesujące nas odległości stale się powiększają. Jeszcze w 1998 r. sensacją było zaobserwowanie galaktyki o z przekraczającym 5 (odległość 12,3 mld lat św.), to w 2004 mamy już galaktykę o $z = 10!$ (odległość 13,23 mld lat św.). W ramach Układu Słonecznego posługujemy się metodą paralaks geocentrycznych (a także ostatnio metodami laserowymi i radarowymi). Odległości do gwiazd (i to stosunkowo bliskich) wyznaczamy metodą paralaks heliocentrycznych. W wyznaczaniu odległości do bliższych galaktyk pomagają nam cefeidy, a dalszych wybuchy gwiazd nowych i supernowych. W zastosowaniu do najdalszych pozostaje już tylko prawo Hubble'a. Taką wielostopniową strukturę pomiarów cechuje kumulowanie się błędów na coraz wyższych jej szczeblach. Stąd poszukiwanie nowych, różnych metod wyznaczania stałej Hubble'a, najlepiej bezpośrednich, niezależnych od błędów, jakie cechują „drabiny odległości”. Podobno znaleziono ich już ponad 20 [2]. Jedna z nich wykorzystuje soczewkowanie grawitacyjne. Inna dla niespecjalistów wygląda jak wzięta z opowiadania science fiction. Wykorzystuje supersamyswne czarne dziury (w których istnienie nie wszyscy wierzą) i krążące wokół niej masery wodne. Obserwacje dla galaktyki M106 zawierającej czarną dziurę o masie 39 000 000 mas Słońca określiły wartość stałej Hubble'a na $72 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$. Nieco wcześniejsze przebadanie 800 cefeid w 18 galaktykach w odległościach sięgających 20 Mpc przez teleskop kosmiczny Hubble'a dały wynik: $H = 70 \text{ km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$. Miejmy nadzieję, że dalsze wysiłki astronomów będą wnosiły do wartości stałej już tylko niewielkie poprawki.

Juliusz Domański

Literatura

- [1] Heller M., *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, PWN, Warszawa 1985.
- [2] Marecki A., *Stała Hubble'a — jak dokładnie ją znamy?* Delta 10/2001.

Ramka 1

Edwin Powell Hubble urodził się w 1889 r. w stanie Missouri [1]. Po ukończeniu szkoły średniej podjął studia prawnicze na uniwersytecie w Chicago. Pod koniec studiów uzyskał stypendium na studia w Anglii, w Oxfordzie, gdzie przez 3 lata doskonalił wiedzę prawniczą. Po powrocie do Stanów rozpoczął karierę adwokacką w Louisville (Kentucky). Jednak bardzo szybko stwierdził, że minął się z powołaniem, porzucił pracę i podjął ponowne studia na kierunku astronomii (też w Chicago). Już po 3 latach kończył rozprawę doktorską i otrzymał propozycję pracy w obserwatorium na Mount Wilson, gdzie właśnie został oddany do użytku (rok 1917) nowy, 2,5 m teleskop. Trwa jednak I wojna światowa i Hubble zgłasza się ochotniczo do wojska. Walczy, awansuje (do stopnia majora), zostaje ranny i w 1919 r. zostaje zdemobilizowany. Propozycja z Mount Wilson okazała się nadal aktualna. Zmarł w 1953 r.

Ramka 2

W 1908 r. Henrietta Leavitt zauważa, że okresy zmian jasności cefeid w Małym Obłoku Magellana są dobrze skorelowane z ich jasnościami widomymi. A ponieważ z dobrą dokładnością można przyjąć, że znajdują się one w jednakowej odległości od nas, mamy korelację okresu zmienności z jasnością absolutną (mocą promieniowania). Aby można było wykorzystać tę zależność do wyznaczania odległości, należało ustalić punkt zerowy skali, a do tego była niezbędna znajomość odległości przynajmniej jednej cefeidy. Niestety, do dziś jest to problem. W 1917 r. Harlow Shapley ustala ten punkt metodami statystycznymi. Niestety, ustalenie okazało się błędne i zostało poprawione dopiero w 1952 r. (rys. 3). Poprawka była znaczna, wymagała podwojenia wszystkich odległości wyznaczonych tą metodą.

Nietypowa lekcja

Lekcja, jeśli można użyć tego określenia, odbyła się 17 października 1986 r. Byłem wówczas z klasą na wycieczce w Sudetach. Dość późnym popołudniem schodziliśmy ze Szczelińca do Kudowy Zdroju. Pogoda wspaniała, w pełni mogliśmy podziwiać całą paletę barw jesieni. Udało się jeszcze załatwić obiad (czy raczej obiad-kolację). O 20²⁰ mieliśmy pociąg do Dusznik, skąd jeszcze trzeba było przemaszerować ok. 5 km do Łęzyc na nocleg do schroniska. Ustaliłem spotkanie na peronie na godz. 19⁴⁰. Parę minut po wyznaczonym terminie sprawdziłem obecność. Szczęśliwie wszyscy są.

- Zanim wsiądzicie do wagonów, popatrzycie na Księżyc.
- Ojej, panie profesorze, czyżby to było zaćmienie?
- Rzeczywiście, macie rację.

No i zaczęło się. Posyapały się pytania. Na szczęście miał mocne wsparcie (była z nami p. Hanna Osicka, również nauczycielka fizyki z astronomią).

— Lepiej będzie, jeśli nie będę odpowiadał na kolejne pytania, ale nieco uporządkuję odpowiedź. Jeśli coś pominę, możecie pytać dalej.

Oczywiście zacząłem od wyjaśnienia, czym jest oglądane właśnie zaćmienie, zaćmienia Słońca, czym się różnią, warunki występowania, częstotliwość obu zjawisk, dlaczego zaćmienia Księżyca możemy obserwować częściej. Postawiłem też pytanie:

— Przypuśćmy, że na Księżyco znajdują się teraz astronauci (lub kosmonauci). Co oni widzą?

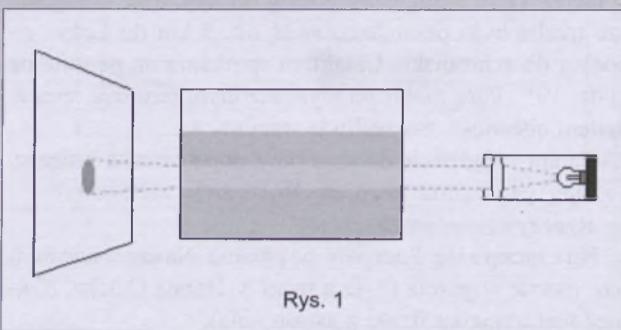
Tłumek wokół mnie szybko się zagęścił. Podchodziły ludzie stojący na peronie, wychodzili z wagonów. O 20^o konduktor poprosił o wsiadanie do pociągu (choć, zdaje się, sam nie miał na to ochoty).

W międzyczasie poprosiłem:

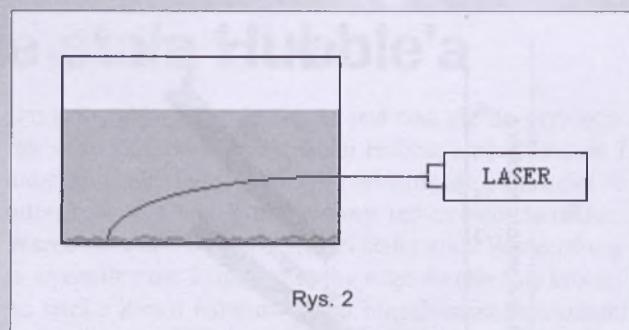
— Marku, widziałem u Ciebie niewielki teleobiektyw. Jeśli masz jeszcze parę wolnych klatek, zrób zdjęcie Księżyca. Musisz tylko solidnie unieruchomić aparat. Mam nadzieję, że uda się to na tym murku.

Dalszy ciąg „lekcji” odbywał się w marszu na szosie z Dusznik do Łęzyc. Kto postawił pytanie, czy zaćmienia to zjawiska typowe tylko dla Ziemi i Księżyca. Powiedziałem trochę o zaćmieniach na innych planetach Układu Słonecznego (o innych układach planetarnych jeszcze nic nie wiedziano), a także o zakryciach gwiazd przez Księżyca (i ich znaczeniu) oraz o gwiazdach zaćmieniowych. Oczywiście musiałem powiedzieć, dlaczego takie układy budzą zainteresowanie astronomów. Zapowiedziałem też, że po powrocie do szkoły przygotuję parę dodatkowych doświadczeń.

Pierwsze dotyczyło rozpraszania światła. Zwykle wykonuję je następująco. Niewielkie prostopadłościenne naczynie (akwarium) napełniam wodnym roztworem tiosiarczanu sodu (mniej więcej łyżka stołowa na litr wody). Roztwór powinien być czysty, przefiltrowany. Na naczynie kieruję wąską, możliwie równoległą wiązkę światła. Uczniowie oglądają naczynie na ciemnym tle. Za naczyniem znajduje się biały ekran (rys. 1). Wiązka światła w wodzie powinna być niewidoczna. Pałeczkę szklaną zanurzam w kwasie siarkowym i miesząc nim roztwór w naczyniu. Zaczynają się wytrącać mikroskopijne kryształki siarki. Po chwili w roztworze pojawia się błękitnawa smuga. Mamy model rozpraszania światła w atmosferze ziemskiej (błękit nieba). Aby przyspieszyć wzrost kryształków, dodaję pałeczkę więcej kwasu siarkowego. Błękitne zabarwienie wiązki powoli zanika, plamka świetlna



Rys. 1



Rys. 2

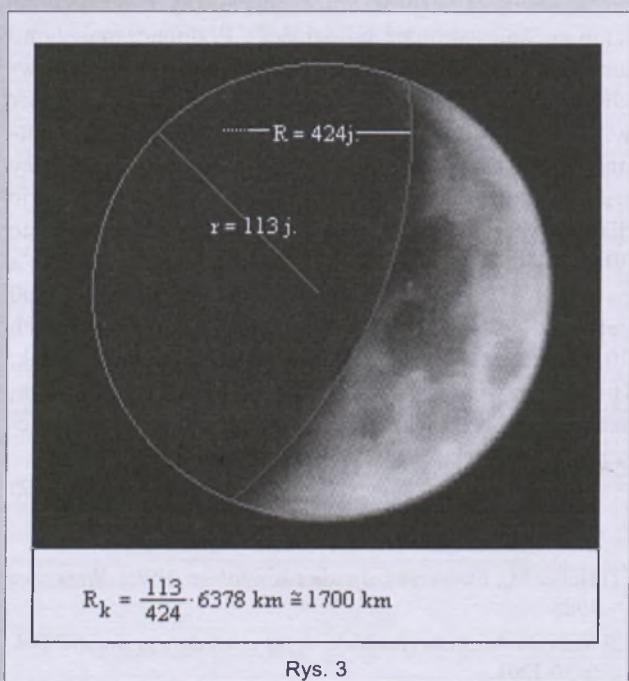
na ekranie żółknie, staje się pomarańczowa a w końcu prawie czerwona. Lepszy efekt uzyskamy, zastępując pałeczkę białą diodą elektroluminescentną o podwyższonej jasności (10000–15000 mcd). Drugie doświadczenie przygotowujemy w takim samym naczyniu jak poprzednie. Napełniamy je wodą i wsypujemy 2-3 garście soli. Pozostawiamy w spokoju na ok. 24 godz. Sól powoli rozpuszcza się, dyfunduje i wytwarzająca się dość duży gradient gęstości. Kierujemy na naczynie poziomą wiązkę światła (rys. 2). Oba doświadczenia łącznie wyjaśniają powód poczerwienienia nie oświetlonej części Księżyca w czasie zaćmienia, a także poczerwienienie tarczy Słońca (Księżyca), gdy znajdują się one nad horyzontem, poczerwienienie światła gwiazd i zjawisko refrakcji atmosferycznej.

I na koniec wykorzystanie wykonanego na peronie zdjęcia. Nie było najlepszej jakości, ale od biedy dało się wykorzystać (po maksymalnym możliwym powiększeniu). Uczniowie otrzymali polecenie: wyznaczcie promień Księżyca.

Znacie tylko promień Ziemi $R_z = 6378 \text{ km}$.

Sposób postępowania wyjaśnia w zupełności rys. 3. Metoda nie jest zbyt dokładna, zakłada bowiem równoległość promieni słonecznych, co nie jest prawdą.

Juliusz Domański



Rys. 3

Oświata i nauki ezoteryczne

Tekst pracy pseudonaukowej jest zwykle belkotem polegającym albo na wprowadzaniu nowej terminologii znanej tylko autorowi, albo na posługiwaniu się słowami wprawdzie znymi, ale przemieszanymi na zasadzie doboru przypadkowego (np. zmarszczki czasoprzestrzeni, ginekologia międzyplanetarna), co świadczy o ich niezrozumieniu przez autora.¹

Co mają wspólnego oświata i nauki (o ile można użyć tego określenia) ezoteryczne? W pewnym stopniu wyjaśnia to powyższy cytat. Być może z małą różnicą. Nie sądzę bowiem, że są niezrozumiane przez autora, raczej mają wzbudzić w czytelniku przekonanie, że to, co czyta, jest bardzo mądro i „naukowe”. Zaowocowała tym wprowadzana właśnie w życie stale kulejąca reforma oświatowa. W dokumentach z nią związanych aż roi się od standardów, kanonów, sylabusów, akredytacji, kompetencji, ewaluacji itp. W ramce poniżej cytuje, jak objasnia je *Praktyczny słownik poprawnej polszczyzny*² (i niektóre inne źródła).



Dyrektor szkoły teraz nie obserwuje kadrę i ocenia, a monitoruje i ją ewaluuje. Placówki oświatowe zabiegają o akredytację. Uczeń nie zdobywa wiedzy i umiejętności tylko kompetencje. Niektóre klasy realizują kanon, a inne program rozszerzony. Nauczyciel, omawiając silniki spalinowe, jeśli wspomni, że stosowane są one w samochodach, to wkracza na ścieżkę edukacyjną, a wszystko to dzieje się na platformie edukacyjnej.

Z tej dziwnej gimnastyki językowej można się trochę pośmiać, gorzej, że pod jej przykrywką podejmuje się zupełnie nie przemyślone decyzje, a innych (koniecznych) usiłuje się nie dostrzegać. Przytoczę tu tylko dwa przykłady. Nauczyciel, aby otrzymać awans zawodowy, nie musi już wykazywać się rzetelną pracą, musi natomiast usiłować całkiem pokaźną stertę często zupełnie bzdurnych papeczków. Oraz (to bardzo ważne!) właściwie je posegregować. Jest to niezwykle skuteczna metoda przyzwyczajania do pracy pozorowanej.

Ministerstwo Edukacji (tudzież Sportu) opublikowało *Informator maturalny od 2005 roku z fizyki i astronomii*. Na Zjeździe Fizyków Polskich we wrześniu 2003 r. po zapo-

znaniu się z *Informatorem* podjęto uchwałę, w której m.in. czytamy: „Informator zawiera istotne błędy merytoryczne, a zakres programowy planowanych wymagań egzaminacyjnych wobec maturzystów jest niezgodny z obowiązującą podstawą programową.” W październiku 2003 r. w redakcji *Fizyki w Szkole* odbyło się spotkanie Dyrekcji Centralnej Komisji Egzaminacyjnej oraz Zarządu Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Redakcji czasopisma³. Ze spotkania w zasadzie nic nie wynikło. Ministerstwo nie wyda nowego informatora „bo to za dużo by kosztowało”. A jakie koszta poniosą przyszłoroczni maturzyści? To nieważne. Ważne, że można nadal uprawiać radosną twórczość i pobierać (ministerialne) pensje. Après nous le déluge!⁴

Juliusz Domański

akredytacja — oficjalne uprawnienie przedstawiciela dyplomatycznego lub prasowego do pełnienia funkcji przy obcym rządzie,

ewaluacja — określenie wartości, oszacowanie ceny czegoś,

kompetencja — formalny zakres uprawnień do jakiegoś działania; zakres spraw podlegających określonymu organowi,

kanon — ogólnie przyjęta zasada; norma, wzór do naśladowania,

monitorowanie — dokonywanie systematycznych zmian zachodzących w jakimś procesie,

standard — przeciętny model, wzór, typ, pewien wzorzec,

sylabus — spis zagadnień, które student ma przygotować do egzaminu, ale też

sylabus lub **syllabus** — spis wszystkich nauk i teorii pojętych przez Kościół, ogłoszony przez papieża Piusa IX w roku 1864⁵



³ Matura 2005 – konfrontacje, *Fizyka w Szkole* 1/2004.

⁴ Po nas choćby potop (powiedzenie przypisywane madame de Pompadour).

⁵ M. Arct, *Słownik wyrazów obcych*, Warszawa 1939.

¹ A.K. Wróblewski, *Prawda i mity w fizyce*, Ossolineum 1982.

² Praca zb., *Praktyczny słownik poprawnej polszczyzny*, wyd. Kursip, Poznań 1994.

Interesujące obiekty: Jaszczurka, Jednorożec

JASZCZURKA

JEDNOROŻEC

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
NGC 7243	GO	22:15:18,0	+49:53:00	6,4	21'	50–60/10–20×	50–80/200–500
NGC 7209	GO	22:05:12,0	+46:30:00	7,7	25'	50–80/15–40×	60–80/135–500
IC 1434	GO	22:10:30,0	+52:50:00	9,0	8'	80–100/40–80×	60–80/1500
IC 1442	GO	22:16:30,0	+54:03:00	9,1	5'		
NGC 7245	GO	22:15:18,0	+54:20:20	9,2	5'		
NGC 7296	GO	22:28:12,0	+52:17:00	9,7	4'		
PK 100–8,1	MP	22:31:41,8	+47:48:26	11,5	4,8"	200–250/150×	250/4000–6000
NGC 2264	M	06:37:42,0	+9:53:00	3,9	140' × 120'	40–60/8–15×	25–70/50–200
NGC 2232	GO	06:26:36,0	-4:45:00	3,9	30'	40–60/8–20×	40–70/135–500
Collinder 106	GO	06:37:06,0	+5:57:00	4,6	45'		
NGC 2244	M	06:32:24,0	+4:52:00	4,8	24'		
Collinder 107	GO	06:37:42,0	+4:44:00	5,1	35'		
Collinder 97	GO	06:31:18,0	+5:55:00	5,4	21'	40–60/8–15×	25–70/50–300
NGC 2237	M	06:32:18,0	+4:59:00	5,5	70' × 80'		
M 50	GO	07:03:12,0	-8:20:00	5,9	16'		
NGC 2301	GO	06:51:48,0	+0:28:00	6,0	12'		
Collinder 91	GO	06:21:42,0	+2:22:00	6,4	17'	50–80/20–40×	60–80/1000
NGC 2343	GO	07:08:18,0	-10:39:00	6,7	7'		
Collinder 111	GO	06:38:42,0	+6:54:00	7,0	3,2'		
NGC 2353	GO	07:14:36,0	-10:18:00	7,1	20'		
NGC 2335	GO	07:06:36,0	-10:05:00	7,2	12'	50–80/15–40×	60–80/300–1000
NGC 2251	GO	06:34:42,0	+8:22:00	7,3	10'		
Collinder 96	GO	06:30:18,0	+2:52:00	7,3	8'		
NGC 2286	GO	06:47:36,0	-3:10:00	7,5	15'		
Dolidze 25	GO	06:45:06,0	+0:18:00	7,6	24'	60–90/30–80×	60–80/800–1500
NGC 2506	GO	08:00:12,0	-10:47:00	7,6	7'		
NGC 2252	GO	06:35:00,0	+5:23:00	7,7	20'		
NGC 2324	GO	07:04:12,0	+1:03:00	8,4	8'		
NGC 2215	GO	06:21:00,0	-7:17:00	8,4	11'	100/60–100×	80–100/1500
Basel 7	GO	06:36:36,0	+8:21:00	8,5	5'		
NGC 2236	GO	06:29:42,0	+6:50:00	8,5	7'		
Collinder 92	GO	06:12:54,0	+5:07:00	8,5	11'		
NGC 2250	GO	06:32:48,0	-5:02:00	8,9	8'	150/60–100×	100/1000–2000
NGC 2302	GO	06:51:54,0	-7:04:00	8,9	2,5'		
NGC 2254	GO	06:36:00,0	+7:40:00	9,1	4'		
Collinder 115	GO	06:46:30,0	+1:46:00	9,1	7'		
vdBergh 1	GO	06:37:30,0	+3:04:00	9,5	5'	80–100/40–80×	60–80/1500
Collinder 104	GO	06:36:30,0	+4:49:00	9,6	22'	80–100/15–40×	60–80/1000
NGC 2311	GO	06:57:48,0	-4:35:00	9,6	7'	80–100/40–80×	60–80/1500
Bochum 2	GO	06:48:54,0	+0:23:00	9,7	1,5'	80–100/100×	60–80/2000
Bochum 3	GO	07:03:24,0	-5:04:00	9,9	4'	150–200/80×	150/1500–2000
NGC 2269	GO	06:43:54,0	+4:34:00	10,0	4'		
Collinder 465	GO	07:07:12,0	-10:37:00	10,1	9'		
Melotte 72	GO	07:38:24,0	-10:41:00	10,1	9'		
Biurakan 10	GO	06:52:12,0	+2:56:00	10,4	4'	200–250/100×	200–250/2000
Collinder 110	GO	06:38:24,0	+2:01:00	10,5	12'		
NGC 2309	GO	06:56:12,0	-7:12:00	10,5	3'		
NGC 2259	GO	06:38:36,0	+10:53:00	10,8	4,5'		
Trumpler 5	GO	06:36:42,0	+9:26:00	10,9	8'	200–250/100×	200–250/2000
Collinder 466	GO	07:07:18,0	-10:49:00	11,1	4'		
NGC 2262	GO	06:38:24,0	+1:11:00	11,3	3,5'		
NGC 2368	GO	07:21:00,0	-10:23:00	11,8	5'		
Collinder 467	GO	07:39:54,0	-9:41:00	11,8	2'	(ws)	200–250/2000

GO – gromada otwarta, M – mgławica, MP – mgławica planetarna

(ws)

Nowe polskie meteoryty

Do tej pory wiele osób parających się poszukiwaniem i zbieraniem meteorytów nie może uwierzyć w szczęście, które spotkało Mateusza Szyszkę. W ciągu jednego roku udało mu się to, o czym inni nawet nie śnili. Młody, 16-letni chłopak znalazł dwa nowe meteoryty na terenie naszego kraju!

Gdy w 1995 r. ukazała się pierwsza edycja katalogu *Meteoryty w zbiorach polskich*, wymieniano w nim 10 znanych meteorytów z obszaru Polski. Najświeższym z nich był meteoryt Baszkówka, który spadł na pole w okolicach Warszawy w 1994 r. (gościł na okładce „Postępu Astronomicznego” 1/95). W 2000 r. został oficjalnie sklasyfikowany i nazwany meteoryt Zakłodzie, znaleziony parę lat wcześniej na terenie Roztocza.

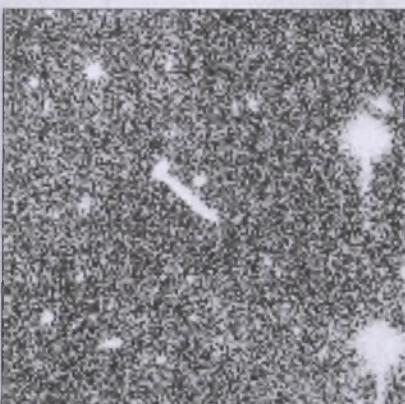
Jak mogliśmy przeczytać w relacji z Konferencji Meteorytowej w Poznaniu (patrz „Urania-PA” 6/04), przedstawiono tam wstępne wyniki badań meteorytu nazwanego Jankowo Dolne, a znalezionego w okolicach Gniezna.

Gdy na forum polskich meteorytowców wypłynęła informacja, że ta sama osoba, która znalazła Jankowo Dolne, jest również znalazcą kolejnego nowego meteorytu, w środowisku zawrzało. Młodemu znalezcy otwarcie zarzucano nieuczciwość, albowiem sytuacja wydawała się niewiarygodna. O ile Jankowo Dolne zostało znalezione w wyniku konkretnych poszukiwań podpartych wcześniejszymi informacjami o wyoranej przez rolnika bryle żelaza, to najnowszy okaz jawił się przysłowiom ziarinem trafionym przez ślepą kurę. Małe (9 g) kamyczek znaleziony na Lubelszczyźnie podczas penetrowania terenu za pomocą wykrywacza metalu



Przekrój ważącego 220 g okazu z Jankowa

(celem poszukiwań były nie meteoryty, a militaria po Powstaniu Styczniowym, ściślej, znaleziono 2 okazy, ale mniejszy zaginął). Wstępne wyniki badań tego okazu przynosi najnowszy numer kwartalnika „Meteoryt”. Krupe, bo taką nosi nazwę, jest chondrytem H5/6, który spadł prawdopodobnie parę tysięcy lat temu. (jd)



Zdjęcie wykonane teleskopem projektu FMO

I ty możesz zostać odkrywcą!

Czy można odkryć nieznaną wcześniej planetoidę, nie mając do dyspozycji teleskopu? Okazuje się, że jest to możliwe. Wystarczy mieć stały dostęp do Internetu i zostać uczestnikiem projektu FMO (Fast Moving Object) prowadzonego w ramach programu „Spacewatch”. Trzeba mieć jeszcze tyle szczęścia, co Mariusz Kuczewski z Gdańskiego. Rankiem 25 września 2004 r., przeglądając na monitorze komputera dostępne na stronie projektu zdjęcia, zauważał podejrzany obiekt. Po sprawdzeniu go przez ponowną obserwację zdalnym teleskopem 0,9 m umieszczonym na Kitt Peak w Arizonie, odpowiedź była twierdząca: „Gratulujemy! Odkryłeś nowy poruszający się obiekt”. Ta szybko poruszająca się planetoida otrzymała oznaczenie 2004 ST26. Ma ok. 20 m średnicy i 3 dni przed odkryciem minęła Ziemię w odległości trochę mniejszej niż średnia odległość Księżyca. (jd)

Potrójne zaćmienie na Jowiszu

Na pierwszy rzut oka Jowisz wygląda jakby był chory na odrę. Pięć kropek — biała, niebieska i trzy czarne rozrzucone są w górnej połowie tarczy planety. Dzięki zdjęciom z kosmicznego teleskopu Hubble'a wiemy, że te kropki na największej planecie Układu Słonecznego

go spowodowane są rzadkim ustaniem trzech największych księżyków Jowisza — Io, Ganimedes i Kalisto — w poprzek tarczy planety.

Charakterystycznymi znakami tego ustania są cienie w postaci trzech czarnych kropek rzucane przez trzy księżyce. Cień rzucany przez Io to czarna kropka na lewo od środka tarczy Jowisza, natomiast biała kropka na tej samej wysokości to Ganimedes we własnej osobie. W końcu czarna kropka widoczna przy prawej krawędzi tarczy Jowisza to cień Kalisto. Same Kalisto nie widać.

Prezentowane zdjęcie wykonano przy użyciu Near Infrared Camera (kamery czułej w zakresie bliskiej podczerwieni) oraz Multi-Object Spectrometer (spektrometr wieloobrazowy) na pokładzie teleskopu Hubble'a. Trzy cienie księżyków Jowisza widoczne na tle tarczy planety to rzadki widok — można go zobaczyć 1–2 razy na dekadę. Dlaczego potrójne zaćmienie jest takie rzadkie?

Io, Ganimedes i Kalisto obiegająplanetę każde w innym tempie. Podobnie ich cienie przemierzają tarczę planety w różnym tempie. Z tych trzech księżyków najdalej od Jowisza znajduje się Kalisto, a tym samym potrzebuje najwięcej czasu, by obieć macierzystą planetę. Gdy cień Kalisto raz przemierzy tarczę Jowisza, Io zdąży go obieć 20 razy. Gdy uwzględnimy jeszcze tempo obiegu Jowisza przez Ganimedesa, okazuje się wówczas, że potrójne zaćmienie na Jowiszu to rzadkie zjawisko. Zaćmienie z marca tego roku było tym rzadsze, że były widoczne dwa spośród trzech rzucających na planetę cień księżyków.

Karolina Zawada



Obraz z kosmicznego teleskopu Hubble'a z 28 marca 2004 r. Fot. NASA, ESA, E. Karboschka (University of Arizona)

maksimów aktywności. Prawdopodobnie kompleks ten (a przynajmniej jego część) związany jest z kometą Gambarta obserwowaną w 1834 r. W skład strumienia wchodzą powolne, jasne żółto-pomarańczowe meteory i bolidy. Głównym składnikiem strumienia Wirginidów są alfa Wirginidy, których słabo wyróżnione maksimum aktywności przypada na 24 marca. Rozmyty radiant meteorów ma duży ruch własny, a w okresie maksimum leży w gwiazdozbiorze Panny i jego środek ma współrzędne rekt. $13^{\circ}00'0^m$, dekl. -4° . Obserwacje tego słabego roju w tym roku praktycznie uniemożliwi Księżyce w pełni.

4^d09^h Złączenie Wenus z Uranem w odł. $0,7^{\circ}$.

4^d16^h Maksymalna libracja Księżyca ($7,5^{\circ}$) w kierunku krateru Schickard (oświetlony).

6^d00^h19^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

6^d08^h Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 5° .

7^d Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

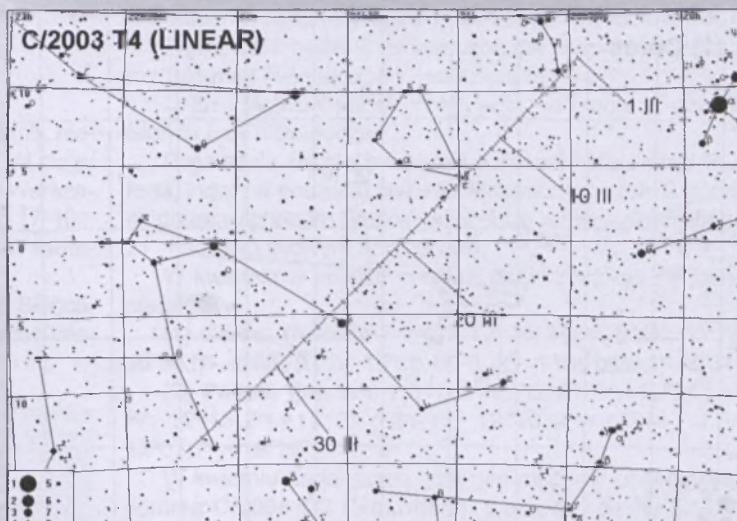
8^d01^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 6° .

8^d20^h20^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

9^d00^h51^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $4,9^m$ do $6,0^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].

9^d15^h Złączenie Urana z Księżycem w odł. 3° .

10^d00^h Złączenie Wenus z Księżycem w odł. 3° .



Rys. 2. Trasa komety C/2003 T4 (LINEAR) na tle nieba w marcu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 8^m)

10^d13^h Minimalna libracja Księżyca ($5,4^{\circ}$) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

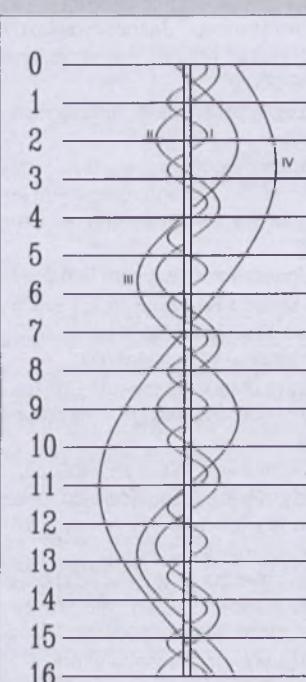
11^d20^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odł. 3° .

12^d18^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 18° .

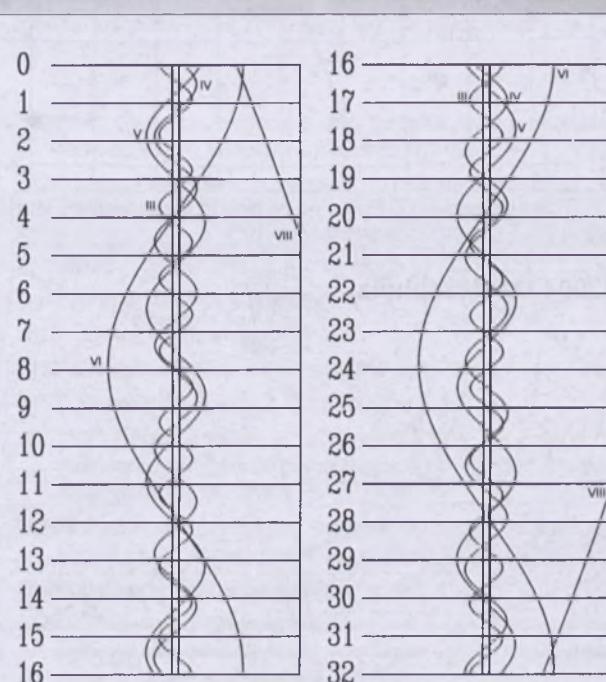
14^d21^h Zakrycie gwiazdy δ Ari ($4,4^m$) przez ciemny brzeg Księżyca przed pierwszą kwadram, widoczne w całej Polsce (Gdańsk $21^{\circ}23'W$ – Kraków $21^{\circ}29'W$).

15^d Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

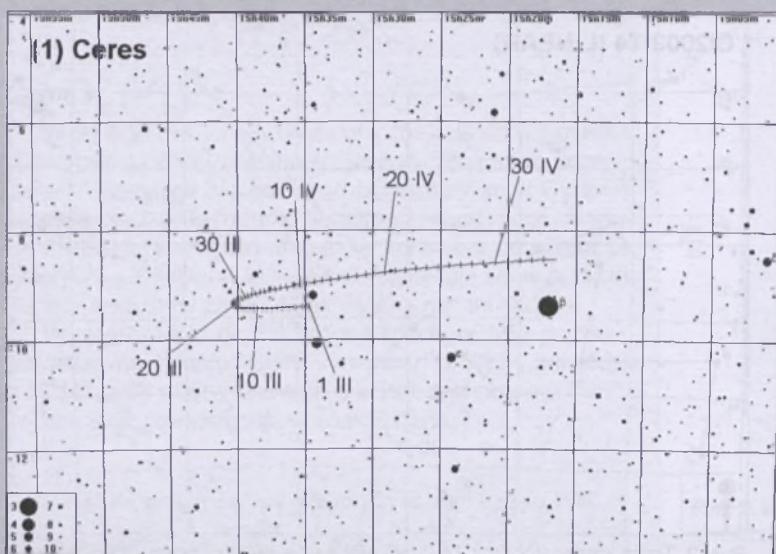
16^d00^h25^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $4,9^m$ do $6,0^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].



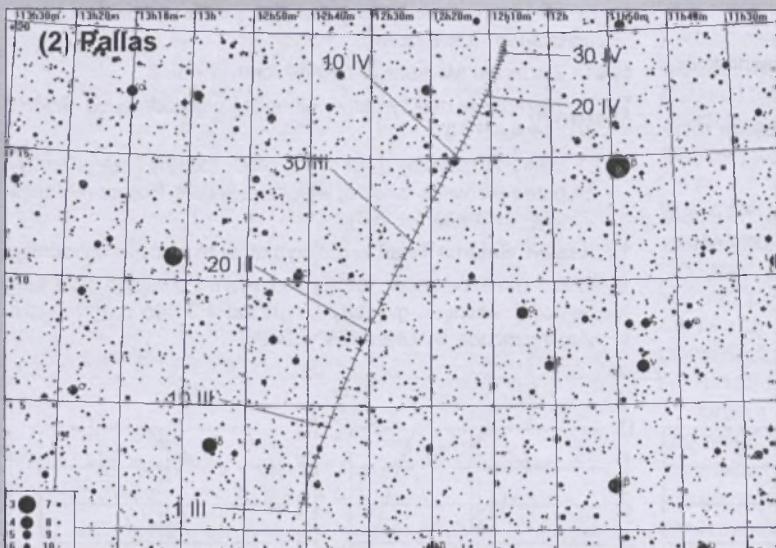
Rys. 3. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w marcu 2005 (I – Io, II – Europa, III – Ganymedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



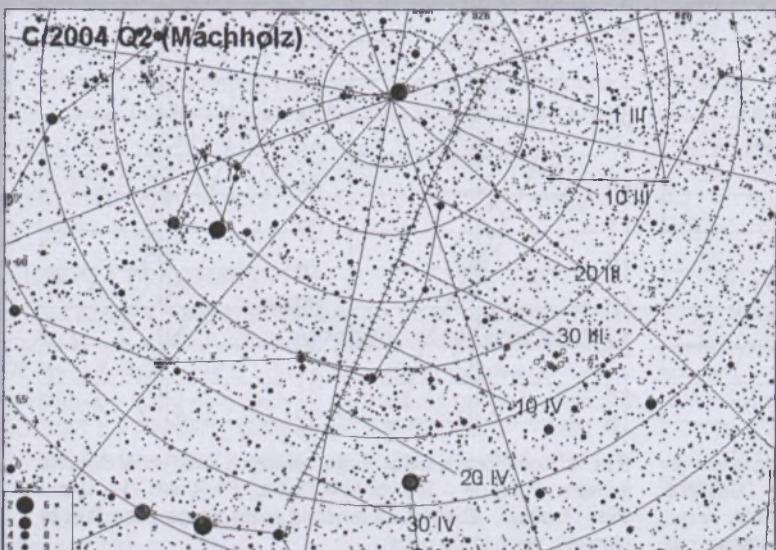
Rys. 4. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w marcu 2005 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 5. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Wagi w marcu i kwietniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 6. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Warkocza w marcu i kwietniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 7. Trasa komety C/2004 Q2 (Machholz) na tle nieba w marcu i kwietniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

- 16^d01^h05^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

16^d17^h54^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

17^d Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (mieryda) (20°49,9^m, -5°09') osiąga maksimum jasności (7,7^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

17^d07^h Maksymalna libracja Księżyca (7,0°) w kierunku Mare Australe (oświetlone).

17^d22^h Zakrycie gwiazdy 136 Tau (4,6^m) przez ciemny brzeg Księżyca w pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Gdańsk 22^h29^m – Krosno 22^h36^m).

19^d16^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

19^d18^h Złączenie Saturna z Księżycem w odległości 5°.

20^d12^h33^m Słońce wstępuje w znak Barana, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 0°; mamy początek wiosny astronomicznej i zrównanie dnia z nocą.

21^d01^h51^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

21^d22^h Saturn nieruchomy w rektascensji.

22^d Gwiazda zmienna długookresowa R Lep (mieryda) (4°59,6^m, -14°48') osiąga maksimum jasności (6,8^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2002].

22^d02^h41^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

22^d23^h59^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,9^m do 6,0^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].

23^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

25^d Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (mieryda) (12°38,5^m, +6°59') osiąga maksimum jasności (6,9^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

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

26^d21^h Minimalna libracja Księżyca (5,2°) w kierunku Mare Orientale (oświetlone).

26^d23^h Pluton nieruchomy w rektascensji.

27^d Gwiazda zmienna długookresowa V CrB (mieryda) (15°49,5^m, +39°34') osiąga maksimum jasności (7,5^m).

29^d16^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

29^d18^h12^m Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

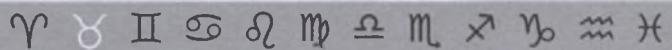
29^d18^h41^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

30^d01^h Złączenie Merkurego z Wenus w odległości 4°.

31^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

31^d03^h Wenus w koniunkcji górnej ze Słońcem.

31^d19^h42^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].



Kwiecień

Słońce

Wznosi się po ekliptyce coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 kwietnia Słońce wschodzi o $4^{\text{h}}11^{\text{m}}$, zachodzi o $17^{\text{h}}10^{\text{m}}$, a 30 kwietnia wschodzi o $3^{\text{h}}08^{\text{m}}$, zachodzi o $18^{\text{h}}00^{\text{m}}$. W kwietniu Słońce wstępuje w znak Byka.

W dniu 8 kwietnia wystąpi hybrydowe zaćmienie Słońca, a 24 kwietnia półcieniowe zaćmienie Księżyca, obydwa niewidoczne w Polsce.

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

Data	2005	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
IV	1	-26,17	-6,54	268,32
	3	-26,24	-6,43	241,94
	5	-26,28	-6,31	215,55
	7	-26,29	-6,18	189,15
	9	-26,27	-6,05	162,76
	11	-26,22	-5,91	136,36
	13	-26,15	-5,76	109,96
	15	-26,04	-5,60	83,55
	17	-25,90	-5,44	57,14
	19	-25,74	-5,28	30,73
	21	-25,54	-5,11	4,31
	23	-25,32	-4,93	337,89
	25	-25,07	-4,74	311,47
	27	-24,78	-4,55	285,05
IV	29	-24,47	-4,36	258,62
V	1	-24,13	-4,16	232,19

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

B_0 , L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy:

21^d07^h50^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyca

Bezksiężycowe noce będącymi mieli w pierwszej połowie kwietnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra $2^{\text{d}}00^{\text{h}}50^{\text{m}}$, nów $8^{\text{d}}20^{\text{h}}32^{\text{m}}$, pierwsza kwadra $16^{\text{d}}14^{\text{h}}37^{\text{m}}$ i pełnia $24^{\text{d}}10^{\text{h}}07^{\text{m}}$. W perygeum Księżyca znajdzie się $4^{\text{d}}11^{\text{h}}09^{\text{m}}$, w apogeum $16^{\text{d}}18^{\text{h}}40^{\text{m}}$ i ponownie w perygeum $29^{\text{d}}10^{\text{h}}16^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

Merkury i Wenus przebywają na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

Warunki widzialności Marsa w porównaniu z marcem praktycznie nie ulegają zmianie, nadal jego poranna obserwacja jest praktycznie niemożliwa.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Panny widoczny jest przebywający w opozycji **Jowisz** jako obiekt o jasności $-2,5^m$. Planeta osiąga największą w 2005 r. średnicę tarczy, przekraczającą $44''$. Maksymalne rozmiary osiągają także tarcze księżyków galileuszowych: Io ($1,1''$), Europa ($1,0''$), Ganime-desa ($1,6''$) i Callisto ($1,5''$), co umożliwia ich dostrzeżenie już

w teleskopie o średnicy lustra 15 cm przy powiększeniu 200×.

Wieżcorem nadal w gwiazdozbiorze Bliźniąt odnajdziemy **Saturna** świecącego z jasnością $0,1^m$.

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

Poprawiają się nieco warunki porannej widzialności **Plutona**, który na początku świata astronomicznego (ok. 2 godziny przed wschodem Słońca) wzna się na wysokość ponad 21° nad południowym horyzontem.

W kwietniu w pobliżu opozycji nadal znajdują się jasne planetoidy:

- (1) Ceres**, (jasność 7,1^m). 1 IV: 15^h39,0^m, -9°11'; 11 IV: 15^h34,8^m, -8°58'; 21 IV: 15^h28,4^m, -8°45', 1 V: 15^h20,1^m, -8°34'.
(2) Pallas, (jasność 7,3^m), 1 IV: 12^h21,7^m, +12°24'; 11 IV: 12^h15,2^m, +15°25'; 21 IV: 12^h10,4^m, +17°44', 1 V: 12^h07,7^m, +19°20'.

W kwietniu nadal przez całą noc możemy obserwować kometę **C/2004 Q2 (Machholz)**. Jasność komety szybko maleje, od 7,7^m na początku kwietnia do 9,0^m pod koniec miesiąca, jednak jej obserwacje nadal ułatwia bardzo wysokie położenie na niebie:

1 IV: 11^h15,9^m, +77°08', 7,7^m, 11 IV: 11^h42,4^m, +71°56',
8,1^m, 21 IV: 11^h58,8^m, +66°35', 8,6^m, 1 V: 12^h11,4^m, +61°13',
9,0^m.

Meteory

W dniach od 16 do 25 kwietnia promienią Lirydy (LYR), związane z kometą Thatcherą obserwowaną w 1861 r. W skład roju wchodzą białe, stosunkowo powolne meteory. W latach 1803 i 1922 były obserwowane deszcze meteorów z tego roju. Maksimum aktywności w tym roku spodziewane jest 22 kwietnia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne rekt. $18^{\circ}04'$, dekl. $+34^{\circ}$. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo złe, gdyż w obserwacjach będzie przeszkadzał zbliżający się do pełni Księżyc.

古文

- 1^d20^h16^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

1^e22^h Maksymalna libracja Księżyca (7,0°) w kierunku krateru Plato (oświetlony).

2^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aql (miryda) (19^h06,4^m, +8°14') osiąga maksimum jasności (6,1^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2004].

3^d15^h Jowisz w opozycji do Słońca.

3^d22^h Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 5°.

4^d13^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 5°.

5^d20^h54^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

5^d22^h55^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

5^e23^h Złączenie Urana z Księżycem w odł. 4°.

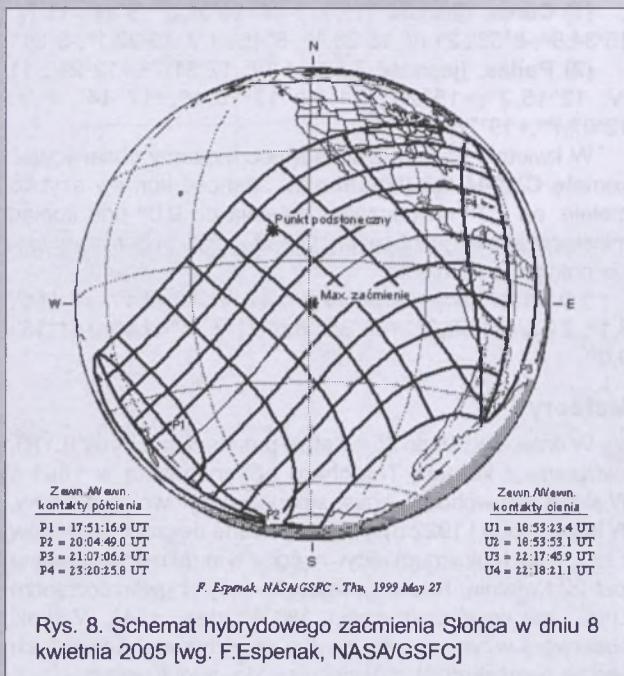
5^e23^h08^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,9^m do 6,0^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].

7^d18^h Złączenie Merkurego z Księżycem w odł. 3°.

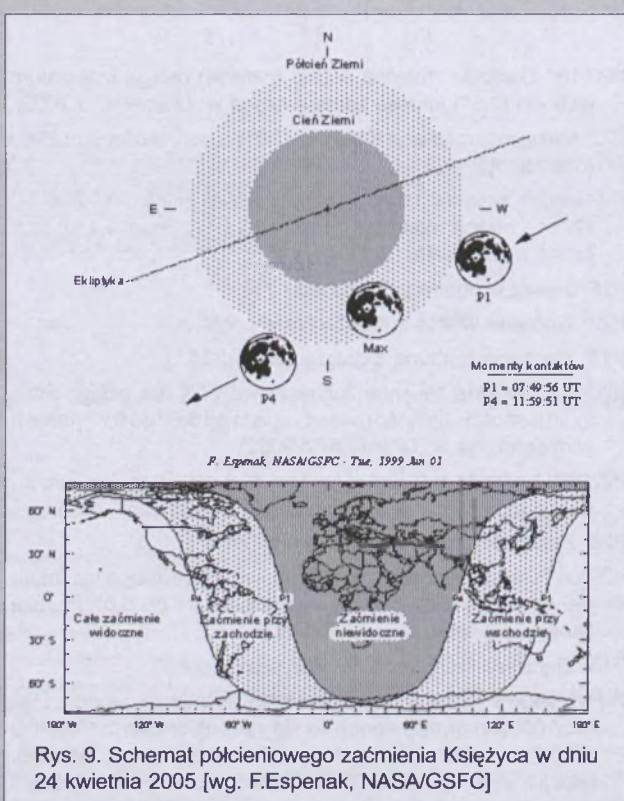
8^d Hybrydowe (obrączkowo–całkowite) zaćmienie Słońca. Pas fazy obrączkowej rozpocznie się na południowym Pacyfiku (700 km na południe od Wyspy Północnej Nowej Zelandii), lecz już w odległości 2700 km na wschód od Nowej Zelandii

zamieni się w pas fazy całkowitej. W tej formie dojdzie prawie do wybrzeży Ameryki Środkowej (1000 km na zachód od brzegów Panamy), gdzie ponownie zamieni się w pas fazy obrączkowej. Zaćmienie będzie następnie widoczne jako obrączkowe w Ameryce Środkowej oraz w północnej części Ameryki Południowej.

Zaćmienie widoczne jako częściowe na południowym i wschodnim Pacyfiku, w południowej części Ameryki Północnej i w prawie całej Ameryce Południowej (oprócz Patagonii i wschodniej Brazylii). Faza maksymalna równa 1,007 nastąpi o godzinie 20^h36^m w punkcie o współrzędnych $\phi = 11^{\circ}\text{S}$, $\lambda = 119^{\circ}\text{W}$.

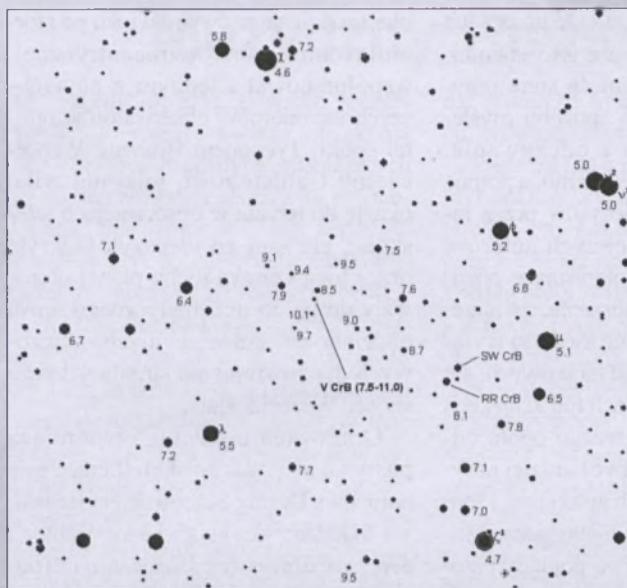


Rys. 8. Schemat hybrydowego zaćmienia Słońca w dniu 8 kwietnia 2005 [wg. F.Espenak, NASA/GSFC]

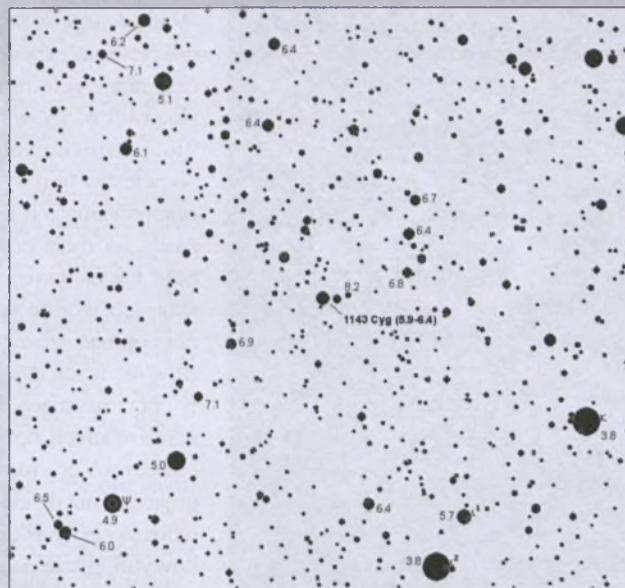


W Polsce zaćmienie niewidoczne.

- 8^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
 8^d00^h Minimalna libracja Księżyca ($4,6^{\circ}$) w kierunku *Mare Crisium* (zaciemione).
- 8^d21^h49^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 9^d01^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości $0,5^{\circ}$.
- 11^d02^h16^m Merkury nieruchomy w rektascensji.
- 12^d22^h42^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $4,9^m$ do $6,0^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].
- 13^d Gwiazda zmienna długookresowa X Oph (miryda) ($18^h38,3^m$, $+8^{\circ}50'$) osiąga maksimum jasności ($6,8^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2003].
- 13^d13^h Złączenie Marsa z Neptunem w odległości 1° .
- 14^d Gwiazda zmienna długookresowa T Hya (miryda) ($8^h55,6^m$, $-9^{\circ}08'$) osiąga maksimum jasności ($7,8^m$).
- 15^d03^h Maksymalna libracja Księżyca ($7,0^{\circ}$) w kierunku krateru *Maurolycus* (oświetlony).
- 16^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
- 16^d03^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 4° .
- 17^d22^h39^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
- 19^d01^h26^m Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].
- 19^d22^h16^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $4,9^m$ do $6,0^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2003].
- 19^d23^h38^m Słońce wstępuje w znak Byka, jego długość ekiptyczna wynosi wówczas 30° .
- 20^d Gwiazda zmienna długookresowa R Boo (miryda) ($14^h37,2^m$, $+26^{\circ}44'$) osiąga maksimum jasności ($7,2^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2003].
- 21^d22^h43^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].
- 22^d Gwiazda zmienna długookresowa R Tri (miryda) ($2^h37,0^m$, $+34^{\circ}16'$) osiąga maksimum jasności ($6,2^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2003].
- 22^d15^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odległości 1° .
- 24^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
- 24^d Półcieniowe zaćmienie Księżyca. Zaćmienie widoczne na Oceanie Spokojnym, zachodniej części Ameryki Północnej oraz we wschodniej Australii; w pozostałej części Ameryki Północnej oraz całej Ameryce Południowej przy zachodzie Księżyca, oraz w pozostałej części Australii i wschodniej Azji przy wschodzie Księżyca. Maksymalna faza zaćmienia półcieniowego wyniesie 0,890. Przebieg zaćmienia: wejście Księżyca w półcień: $7^{\circ}50'$, maksimum zaćmienia: $9^{\circ}55'$, wyjście Księżyca z półcienia: $12^{\circ}00'$. W Polsce zaćmienie niewidoczne.
- 24^d01^h Minimalna libracja Księżyca ($5,4^{\circ}$) w kierunku *Oceanus Procellarum* (zaciemione).
- 26^d16^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 27° .
- 26^d22^h Zakrycie gwiazdy α Sco (Antares, $1,1^m$) przez jasny brzeg i odkrycie przy ciemnym brzegu Księżyca po pełni, widoczne przy wschodzie Księżyca (zakrycie: Wrocław 22^h08^m — Olsztyn 22^h15^m , w północno-wschodniej Polsce niewidoczne; odkrycie: Szczecin 23^h10^m — Lublin 23^h16^m , widoczne w całej Polsce).



Rys. 10. Mapa gwiazdozbioru Korony Północnej do obserwacji gwiazdy zmiennej V CrB ($15^{\text{h}}49^{\text{m}}31,3^{\text{s}}$, $+39^{\circ}34'18''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6° , północ u góry)



Rys. 11. Mapa gwiazdozbioru Łabędzia do obserwacji gwiazdy zaćmieniowej 1143 Cyg ($19^{\text{h}}38^{\text{m}}40,8^{\text{s}}$, $+54^{\circ}58'18''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)

29^d21^h Maksymalna libracja Księżyca ($6,8^{\circ}$) w kierunku krateru *Plato* (oświetlony).

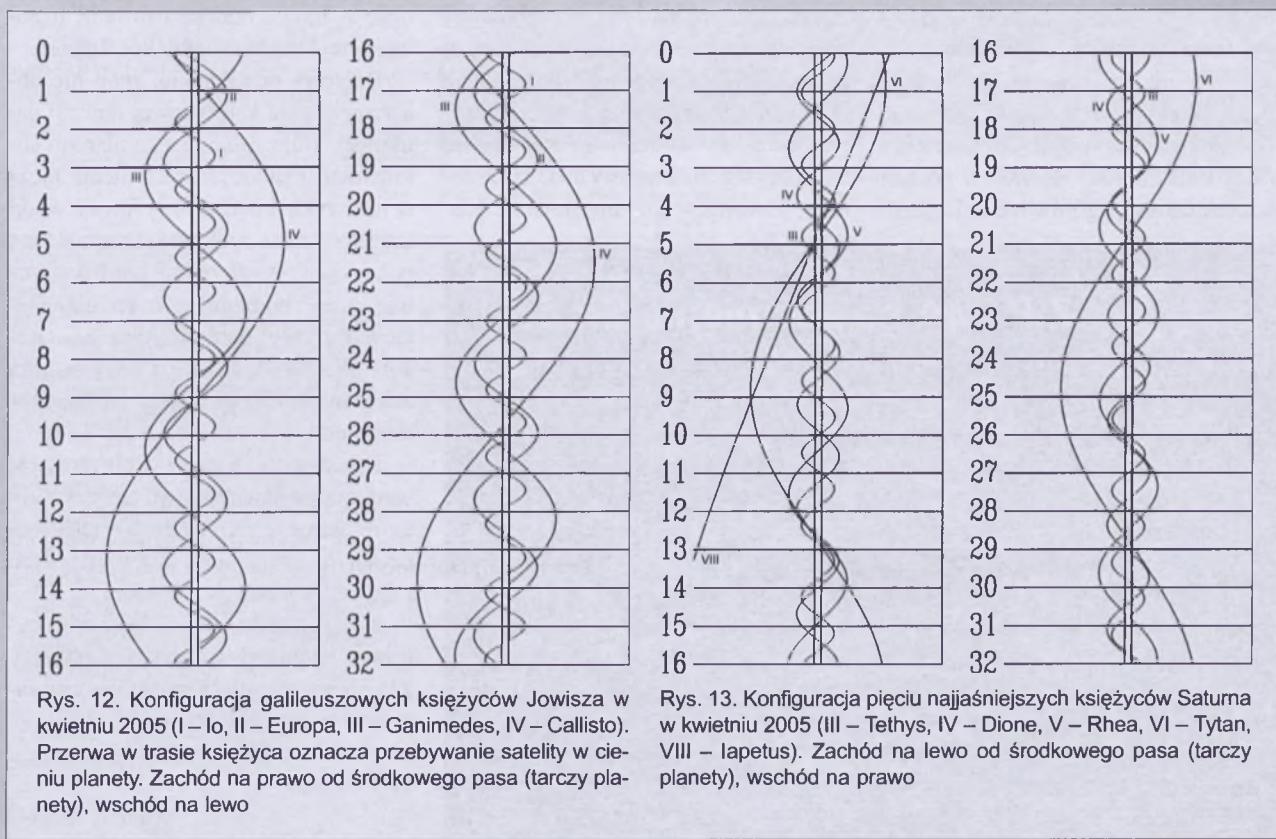
30^d00^h45^m Gwiazda zmienia zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,4^{\text{m}}$.

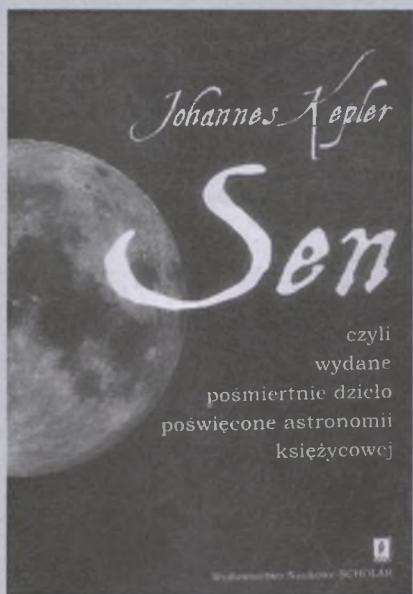
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

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”.

mać datę w obowiązującym w kwietniu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny. Momenty złączeń planet z Księżykiem są podane dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Opracował T. Ścieżor





Jan Kepler, *Sen, czyli wydane pośmiertnie dzieło poświęcone astronomii księżycoowej*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, s. 222, Warszawa 2004.

Wielkie i przełomowe odkrycia i badania naukowe nie tylko kształtoły i kształtują rozwój intelektualny człowieka, ale w sposób niezwykle skuteczny stymulowały rozwój cywilizacji, wchodząc we wszystkie aspekty naszego życia codziennego. Stąd też historia tych odkryć i warunki ich powstawania stają się niezwykle interesujące i ważne dla zrozumienia także świata współczesnego.

Niestety, odkrycia te dochodzą do naszej świadomości głównie w postaci takich faktów, wzorów lub twierdzeń.

W ukryciu pozostaje zwykle proces ich odkrywania i związana z tym tajemnicza, niezwykle intrigująca sfera umysłów badaczy, ich sposobu myślenia, wnioskowania i odczuwania. Niewiele w tym względzie mogą pomóc opracowania ich życiorysów przez innych, na ogół późniejszych autorów. Stąd też najbardziej interesujące pozostają ich własne wynurzenia, zwierzenia i opinie, szczególnie kiedy są wyrażane nie w ich dziełach naukowych, ale w opracowaniach, listach lub książkach adresowanych do szerszego ogółu odbiorców. A co może być bardziej intrugującego niż dzieła ich autorstwa, które okazują się książkami fantastycznnonaukowymi, gdzie naukowe poglądy przepłatają się osobistymi opiniemi i emocjami dotyczącymi różnych sfer życia.

Jednym z największych wydarzeń w historii nauki były dokonania Kopernika i Keplera na przełomie XVI i XVII w. Pierwszy, umieszczając Ziemię wśród ciał niebieskich, nadał im cechy fizyczne i ukierunkował na stulecia przebieg przyszłych badań, drugi rozszerzył te idee na fizyczne oddziaływanie we Wszechświecie, stwarzając podstawy nowoczesnej metodologii badań.

Jan Kepler, którego znamy na ogół z przerabianych na lekcjach szkolnych praw nazwanych jego nazwiskiem, jest postacią niezwykłą i to nie tylko poprzez dokonania naukowe, znacznie wykraczające poza wspomniane trzy prawa, ale i poprzez złożone losy osobiste i szeroką, humanistyczną umysłość. Ke-

pler urodził się w czwierć wieku po sformułowaniu teorii heliocentrycznej, współpracował z jednym z największych astronomów obserwatorów tamtej epoki, Tychoem Brahem. Współczesny Galileuszowi, miał nie tylko okazję do użycia w obserwacjach teleskopu, ale sam go ulepszył. Odkryte przez niego prawa ruchu planet utorowały drogę do matematycznego opisu oddziaływań grawitacyjnych, kluczowych dla zrozumienia struktury i własności Wszechświata.

Omawiana pozycja, zawierająca pierwsze na rynku polskim tłumaczenie autorstwa Doroty Sutkowskiej i Jarosława Włodarczyka książki Jana Keplera: *Sen, czyli astronomia księżycoowa* jest pozycją ze wszech miar godną uwagi i to zarówno ze względu na autora, na okres w historii, kiedy powstawała, jak wreszcie ze względu na niezwykły, unikatowy temat — jest bowiem książką fantastycznnonaukową, w najczystszej tej formy postaci.

Zasadniczą treścią tej fantastycznej książki jest opowieść (wysłuchana przez autora we śnie) tajemniczego przybysza z Księżyca, który opisuje podróż na Księżyca, panującą na nim warunki i zjawiska, a także jego mieszkańców i ich losy. Czytając to, można odnieść wrażenie, że autorem tej książki mógłby być Tolkien.

Przypisy odautorskie, znacznie obszerniejsze od księżycoowej fantazji naukowej, które zgodnie z zamierzeniami autora miały ułatwić jej zrozumienie, łączą w niezwykle interesującej formie wątki astronomiczne, naukowe i biograficzne, pełne są szczerzych opinii, bardzo w formie i treści humanistycznych, ujawniających w całej pełni szerokie zainteresowania, wyobraźnię i całą bogatą intelektualną i humanistyczną osobowość autora.

Książkę poprzedza dosyć obszerny, ale bardzo interesujący wstęp jednego z autorów tłumaczenia, dra Jarosława Włodarczyka, zawierający opis losów osobistych i działań naukowych J. Keplera.

Książka może zaciekać i zafascynować wielu, od historyków i badaczy z kręgu nauk ścisłych, po wszystkich zainteresowanych poznaniem umysłów niezwykłych ludzi, którzy kształtowali losy świata.

Andrzej Strobel

Z PTMA na zaćmienie Słońca!

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii planuje zorganizować dla członków PTMA dwie wyprawy obserwacyjne: na obrączkowe zaćmienie Słońca do Hiszpanii w dniu 3 października 2005 r. oraz na całkowite zaćmienie Słońca do Turcji w dniu 29 marca 2006 r.

Orientacyjne całkowite koszty wyjazdów (tzn. przejazd, noclegi, wyżywienie, ubezpieczenie) na dzień dzisiejszy wynoszą: ok. 1200 zł do Hiszpanii i 1500 zł do Turcji.

Przybliżony czas trwania wynosi w każdym przypadku 9–12 dni (w planie „po drodze” także zwiedzanie atrakcji turystycznych). Prosimy o wstępную deklarację uczestnictwa i przesyłanie jej listownie na adres

Oddział Krakowski PTMA
ul. św. Tomasza 30/7
31-027 Kraków

w terminie do dnia 31 marca 2005 r. z dopiskiem „Zaćmienie”.

Muzyczny Redshift

Redshift, czyli zjawisko poczerwienienia światła obiektów astronomicznych oddalających się od nas z relatywistycznymi prędkościami, zna zapewne każdy miłośnik astronomii. Podobnie znana wśród miłośników muzyki elektronicznej powinna być formacja powstała w 1996 r. z inicjatywy Marka Shreeva. W jej skład wchodzą bracia Mark i Julian Shreeve oraz James Goddard i gitarzysta Rob Jenkins. Rok 1996 to również data wydania ich pierwszego albumu zatytułowanego po prostu „Redshift”.

Płyta mile zaskoczyła miłośników starej poczciwej szkoły berlińskiej. Znajdują się na niej 4 kompozycje, niosące w sobie potężny ładunek analogowych brzmień wypełniających długie suity muzyki elektronicznej. Swą budową nawiązują do klasycznych dzieł Tangerine Dream czy Klausza Schulze z połowy lat 70. Ostatni utwór na płycie, zatytułowany „Blueshift”, kończy się odgłosem bicia serca trwającym dobre kilka minut. Prawdziwe ukojenie po niesamowitej podróży w tajemniczy, momentami groźny, tak inny od świata, do którego przywykliśmy, Kosmos.

Druga płyta „Ether” to już materiał koncertowy zarejestrowany jeszcze w grudniu 1996 r. w planetarium Jodrell Bank. Na kolejny materiał studyjny trzeba było czekać 3 lata. Choć płyta „Down Time” nie zawiera już długich suit, na-

dal dostarcza sporo tych samych emocji, co wcześniejsze albumy.

I jeszcze jedna refleksja... W czasach płyt analogowych zdarzało mi się kupować płyty tylko ze względu na intrigujące czy też po prostu ładne okładki. Format płyty kompaktowej (12×12 cm) jest już tej magii pozbawiony. O dziwo, okładki płyt grupy Redshift jednak zwracają na siebie uwagę. Jakby ktoś wykrajobał fragmenty „Gwieździstej nocy” Vincenta van Gogha. Każdy, kto przesyły kiedyś oczarowanie tym obrazem, zrozumie, co mam na myśli...

W minionym 2004 r. ukazały się dwie nowe płyty zespołu: studyjna „Oblivion” i zapis koncertu z 2002 r. „Faultline”.



Witrynę internetową poświęconą zespołowi „Redshift”, prowadzoną przez Pawła Zamarlo znajdą Czytelnicy pod adresem <http://redshreeve.org/>.

J. Drążkowski



Redshift na żywo podczas 6. Alfa Centauri Festival, w kwietniu 1999 r., w Huizen (Holandia). Fot. Ed in den Bosch & Eric Snelders

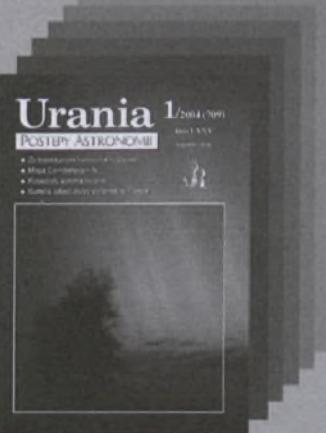
INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2004 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 116022020000000055305241

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

Piotr Wąż
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl
tel/fax (0-56) 611 30 56 / 611 30 08



relaks z Uranią

Krzyżówka

Rozwiązyaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 5/2004 jest hasło: „PRZERWA CASSINIEGO”.

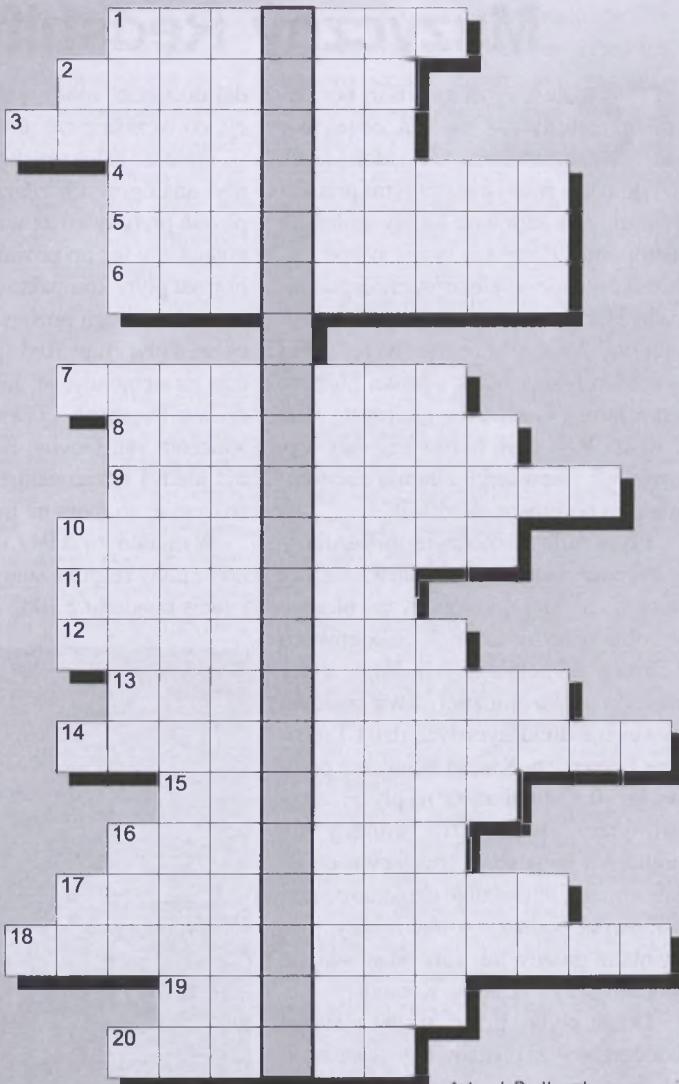
Nagrody w postaci płyt CD wylosowali: Andrzej Chylik z Palikówki oraz Hanna i Tadeusz Michalscy z Rudy Śląskiej. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązywania nowej krzyżówki:

1. Zjawisko ..., polega na generowaniu pola magnetycznego przez wirującą nadprzewodzącą kulę
 2. Odkrywca Tytana
 3. Przyrząd utrzymujący wybrany kierunek
 4. Mgławica; część Wielkiego Obłoku Magellana
 5. Hipotetyczny efekt oscylacji w odległości Ziemia-Księżyca
 6. Przyładek, z którego został wystrzelony Cassini
 7. Planetoida, którą obserwował Cassini
 8. Jeden z mniejszych satelitów Jowisza
 9. Siedziba OZMA 2004
 10. Rój meteorów w marcu
 11. Zaginiona amerykańska sonda
 12. Słynny Albert
 13. Oko Byka
 14. Przypieszeniomierz
 15. Tam znajduje się największy radioteleskop na świecie
 16. Znalazca dwóch nowych polskich meteorytów
 17. Główny budowniczy RT-4
 18. Stałe obserwowanie zmian w jakimś procesie
 19. Autor „Snu”
 20. Planeta, której ostatnio wydłużała się doba
- Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie nagrody książkowe. Na rozwiązania czekamy do końca lutego br. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązywania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe do odnalezienia hasła w krzyżówce z Uranii-PA 5/04:

1. Paslek, 2. turbulencja, 3. muzyka, 4. teledetekcja, 5. Curie, 6. Cowling, 7. dynama, 8. Picard, 9. Zeemana, 10. POLSTAR, 11. Rosetta, 12. helikalny, 13. minimum, 14. Kalifornia, 15. Gilbert, 16. przebiegunkowanie, 17. heliofizyka lub heliografia



Autor: J. Drażkowska

Ciekawe strony internetowe...

Dziś o czymś, czego jeszcze nie ma, ale jeśli będzie (i się uda), to pewnie będziemy do tego wracać na łamach naszego pisma. Proponuję wizytę na stronie projektu DEEP IMPACT — <http://deepimpact.jpl.nasa.gov/>. Kiedy ten numer „Uranii – Postępów Astronomii” trafi do rąk czytelników, prawdopodobnie start misji planowany na 12 stycznia 2005 r. już się odbędzie. Trzeba jednak poczekać jeszcze 6 miesięcy, aby próbnik znalazł się w pobliżu komety Tempel 1. Wystrzelony z jego pokładu pocisk o masie 370 kg ma utworzyć w jądrze komety krater — energia wyzwolona przy zderzeniu będzie równa energii wybuchu 4,8 ton TNT. Badania produktów zderzenia dadzą szansę „zajrzenia pod powierzchnię” jądra. Na stronie można znaleźć szereg krótkich artykułów oraz animacji przedstawiających poszczególne aspekty misji. Aktywna (z punktu widzenia obserwacji zderzenia) faza misji będzie trwać tylko nieco powyżej 13 min — w tym czasie próbnik zbliży się do jądra komety na odległość około 500 km. Potem niestety trzeba będzie wyłączyć instrumenty — próbnik przetnie płaszczyznę orbity komety, gdzie można spodziewać się wzrostu gęstości pyłu kometarnego.

Jest również kącik dla dzieci — można tam m.in. znaleźć plany pozwalające na sklejenie modelu stacji (po uprzednim wydrukowaniu).

(rs)

Choć nie wszędzie dopisała pogoda w porze całkowitego zaćmienia Księżyca 28.10.2004 r., do naszej redakcji dotarła spora liczba zdjęć obrazujących przebieg tego zjawiska. Niestety, tym razem jakość zdjęć często nie dorównywała ilości...

Galeria Uranii



Chyba najładniejsze (najlepsze jakościowo) zdjęcie, jakie do nas dotarło, wykonał na Podkarpaciu Mariusz Świątnicki o godz. 4:20 CWE (reflektor Newtona 140/900 z telekonwerterem ×2, film Fuji Superia X-TRA 400, eksp. 15 s)



Dariusz Dorosz z Żabikówka często stosuje w astrofotografii metodę wielokrotnych ekspozycji, która pozwala m.in. odróżnić przypadkowe plamki (np. kurzu na negatywie) od faktycznych światel na niebie. Po lewej, wyżej, koniunkcja Wenus, Księżyca i Marsa 23.04.2004. Widoczna jest również gwiazda El Nath (β Tau). Obok, po lewej, koniunkcja Księżyca, Marsa i Saturna 22.05.2004. Powyżej zaćmienie Księżyca 4.05.2004. Widoczna gwiazda Zubonelgenubi, czyli α Lib (we wszystkich przypadkach $f = 135$ mm, $3 \times$ eksp. 4 s co 5 min, filmy 400 i 800 ASA)



Zdjęcie mgławicy Ameryka Północna autorstwa Pawła Łaniczkiego zostało wykonane aparatem cyfrowym Canon 300D przez teleskop Takahashi FS60C (średnica 60 mm, ogniskowa 264 mm). Jest to efekt złożenia 5 ekspozycji po 300 s i 6 ekspozycji po 200 s. Wszystkie wykonane na przedmieściach Warszawy. Obróbka komputerowa w programie AstroArt, Maxim-DL oraz Adobe Photoshop

Urania

2/2005 (716)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXVI

marzec—kwiecień

- Neutrina i ciemna energia
- Głębokie przeglądy nieba w promieniach X
- Świat księżyców Saturna



Galeria Uranii

Kometa Machholza i Plejady. Zdjęcie wykonane 6 stycznia w Kolbudach k/Gdańska przez Przemysława Rudzia i Czarka Wieruckiego. Jest to sumaryczna ekspozycja o łącznym czasie ok. 7 min, przy ISO 800, obiektyw Sonnar 180 mm, całość prowadzona na montażu Losmandy G-11. Obróbka cyfrowa w programach Maxim DL oraz Photoshop



Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Problemy neutrin i ciemnej energii we Wszechświecie stanowią wielkie wyzwanie badawcze dla fizyków i astronomów współczesnej epoki.

Zagadnienie to przybliża nam Michał Frąckowiak w artykule otwierającym bieżący zeszyt. Dalej Małgorzata Sobolewska przedstawia pokrótkę postęp wiedzy o Wszechświecie, jaki się dokonał dzięki pięcioletniej już pracy teleskopu kosmicznego promieniowania rentgenowskiego Chandra. Nie ma chyba dziedziny astronomii obserwacyjnej, w której Chandra nie ukazałby nowego oblicza znanych i odkrycia nowych, często jeszcze „niepojętych” obiektów i źródeł promieniowania.



fot. A. Dauksza-Winiarska

W dziedzinie lotów kosmicznych wydarzeniem ostatnich miesięcy był lot stacji kosmicznej Cassini do Saturna i lądowanie aparatu kosmicznego Huygens na Tytanie. W poprzednim zeszytce pisaliśmy o locie Cassiniego, a w bieżącym numerze dużo miejsca poświęcamy systemowi księżyców Saturna i oczywiście Tytanowi. Piszą o tym Tadeusz Zbigniew Dworak i Karolina Zawada. Przez następnych kilka lat Cassini będzie krążył wokół Saturna, badając system jego pierścieni, świat jego satelitów i jego atmosferę. Będziemy więc często wracali do tych badań.

W Galerii obiektów NGC Darek Graczyk omawia ciekawe obiekty w gwiazdozbiorach Żyrady (galaktyka spiralno-bielkowa NGC 2146), Oriona (gromada NGC 2194) i Jednoróżca (mgławica emisyjna Rozeta NGC 2237/38 i 2246).

W Astronomii w szkole Juliusz Domański proponuje kolejne proste doświadczenia fizyczne pozwalające uczniom lepiej zrozumieć warunki panujące w przestrzeni międzygwiazdowej i generalnie w Kosmosie.

W Rozmaitościach donosimy m. in. o najnowszych odkryciach w dziedzinie galaktyk spiralnych, o masywnych młodych galaktykach w naszym sąsiedztwie, o nowych faktach dotyczących brązowych karłów i o ...szkodliwości palenia papierosów w czasie obserwacji.

Jak zwykle w Poradniku obserwatora przedstawiamy interesujące obiekty — tym razem w gwiazdozbiorze Kasjopei. Kalendarzyk astronomiczny, jak zwykle opracowany przez Tomasza Ściążora, daje przegląd obiektów i zjawisk niebieskich, które będziemy mogli obserwować w maju i czerwcu br. Do obiektów, które można już teraz obserwować, dołączył jeszcze jeden... do obserwacji którego zachęcam.

Muszę złożyć Państwu serdeczne podziękowania za wyrazy uznania i gratulacje, jakimi mnie obsypaliście z okazji ochrzczienia jednej z planetoid moim nazwiskiem. Jestem tym bardzo wzruszony.

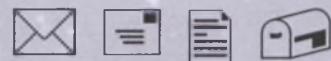
Bardzo jest miło posiadać „własną” planetoidę. A tym bardziej jest mi miło, że wyróżnienie to zostało nadane przez międzynarodowe środowisko astronomiczne. Mogę Państwa zapewnić, że planetoida (14382) Woszczyk jest przyzwoitą planetoidą, biega wokół Słońca między orbitami Marsa i Jowisza na stabilnej orbicie eliptycznej i nie przejdzie na trajektorię zderzeniową z Ziemią. Aktualnie znajduje się w gwiazdozbiorze Panny, w odległości 2,9 j.a. od Słońca. 15 marca 2005 r. będzie znajdowała się w opozycji i posiadała blask ok. 16,5^m. Do jej obserwacji potrzebny jest „mały” teleskop. Więcej danych o tej planetoidzie podane jest na stronie 81.

Jeszcze raz dziękuję i życzę pomyślnych obserwacji

Toruń, w lutym 2005 r.



URANIA



Szanowny Panie Redaktorze!

W dniu 6 października 2004 r. odbyła się pierwsza w Polsce bezpośrednią łączność z Międzynarodową Stacją Kosmiczną (ISS), w której wzięli udział uczniowie z Gdyni i z Gdańska, uczestniczący w programie nauczania astronautyki i astronomii ZNEK (Zastosowanie Nauki do Eksploracji Kosmosu).

Inicjatorem przeprowadzenia łączności w ramach programu ARISS (Amateur Radio on International Space Station) był Krystian Górska, student Akademii Morskiej w Gdyni. On i jego koledzy z Morskiego Klubu Łączności „SZKUNER” SP2ZIE, działającego w ramach Koła Naukowego Radioelektroniki przy AM w Gdyni, od dwóch lat przygotowywali od strony technicznej i równie trudnej formalnej (uzgodnienia, zezwolenia) seans łączności z ISS — który trwał kilkanaście minut.

Jak powiedziano wcześniej, w seansie tym wzięli udział uczniowie z Gdyńskiego Liceum Autorskiego, wraz z nauczycielką p. Renatą Stolarską, oraz uczniowie z V Zespołu Szkół Ogólnokształcących w Gdańsku, których nauczycielem jest Leszek Witucki.

W szkołach tych już trzeci rok (od 2002 r.) jest prowadzony program edukacyjny ZNEK, będący dziełem Marka Sadowskiego (wiceprezesa PT Astronautycznego) i grupy członków PTA z terenu Trójmiasta. Program ten zawiera liczne treści związane z astronomią: omawiane są ciała Układu Słonecznego, gwiazdy, Galaktyka i obiekty pozagalaktyczne oraz elementy mechaniki nieba. Przygotowywane jest wydanie nowoczesnego podręcznika

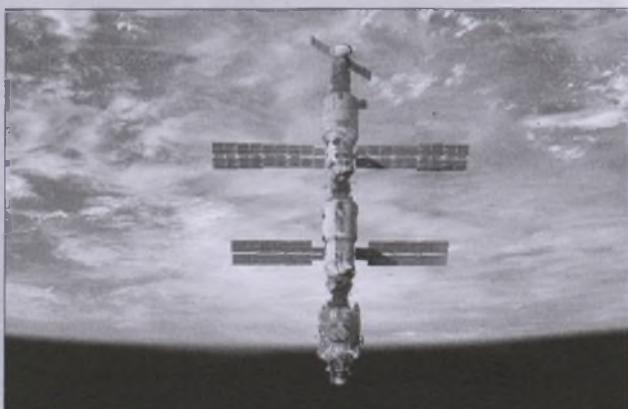
astronautyki z astronomią.

Wśród uczniów został przeprowadzony konkurs na pytania do astronautów. Autorzy najciekawszych pytań mogli je sami zadać.

Oto pytania, na które odpowiadał członek załogi ISS Mike Fincke:

- Jakie doświadczenie, które wykonaliście na ISS, uznajecie za najciekawsze?
- Czy jedzenie w Kosmosie jest zabawne?
- Co sądzicie o turystach na ISS?
- Czy grywacie w gry na pokładzie ISS?
- Czy pijecie piwo z pianką? (Niestety — nie. Innych napojów gazowanych też pić nie można).
- Czy zdarza się wam kłocić? (Zdaniem Fincke'a nie ma powodu — i czasu...).
- Czy mieliście jakieś poważne usterki?
- Czy mieliście okazję obserwować niezwykłe zjawiska atmosferyczne podczas misji? (Obserwowali huragany i tajfuny. Mike dodał, że widzi, iż w Gdyni mamy ładną pogodę).
- Czy mieliście poświęcić coś, aby zostać astronautami?
- Gdzie lepiej się żyje: na Ziemi czy w Kosmosie?
- Jak wygląda Wszechświat z ISS?
- Co robicie w wolnym czasie?
- Czy śpicie i wypoczywacie na ISS tak dobrze, jak na Ziemi?
- Czy prowadzicie łączność ze statkami morskimi przez radio?
- Czy marzycie o podróży na Marsa? (Fincke chciałby najpierw polecieć na Księżyca).

Na zakończenie Mike Fincke pożegnił uczestników łączności i dodał: „Pamiętajcie, by rozwijać swoje zainteresowania astronautyką i Kosmosem,



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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”. Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

było nam bardzo miło przeprowadzić z wami rozmowę”.

Obecni na seansie przedstawiciele prasy, radia i TV przeprowadzili wywiady z uczestnikami łączności. Podkreślano wielkie wrażenie, jakie wywarła na uczniciach rozmowa z astronautą oraz edukacyjne i wychowawcze walory ARISS.

Krótkofalowcy z MKŁ „Szkuñer” mają dalsze, ambitne pomysły związane z Kosmosem. Niektóre z nich będą realizowane przy współpracy z PTMA i PT Astronautycznym.

Łączność ARISS podajemy jako przykład udanej współpracy ludzi z różnych środowisk, których łączy jedno — zainteresowanie Kosmosem.

Jesteśmy grupą miłośników astronomii i astronautyki, należącymi do PTMA, PT Astronautycznego, stowarzyszenia „Mars Society Polska” i do ruchu krótkofalowców z Trójmiasta i okolic. Uważamy, że tylko ścisa współpraca tych i innych organizacji zajmujących się Kosmosem może w obecnych czasach umożliwić dalszy rozwój. Finansowanie działalności naukowej, amatorskiej i popularyzacji wiedzy osiągnęło poziom bliski dna. Musimy od tego dna się odbić, a łatwiej będzie to zrobić wspólnie.

Potrzebne jest szerokie forum, na którym mogliby spotkać się — pod hasłem „KOSMOS JEST JEDEN” — specjaliści i amatorzy, wszyscy, którym na sercu leży przyszłość badań kosmicznych w Polsce. Współpraca, zarówno na szczeblu centralnym, jak i przede wszystkim w terenie, przynieść może nieocenione korzyści poprzez:

- wzajemne inspirowanie dzięki kontaktom osobistym,
- wymianę doświadczeń organizacyjnych,
- wspólne wykorzystanie środków technicznych,
- stworzenie dużego środowiska opiniodawczego, którego rola będzie tym większa, im więcej osób będzie zaangażowanych we współpracę.

Propozycję tę poddajemy pod dyskusję w szerokim gronie miłośników Kosmosu. Środowisko trójmiejskie taką współpracę już nieformalnie podjęło i jest zdecydowane ją kontynuować.

Załączamy serdeczne powitania

Piotr Podkowicz (PTMA, członek zarządu PT Astronautycznego), Marek Sadowski (wiceprezesa PT Astronautycznego), Renata Stolarska (nauczycielka z GLA w Gdyni), Leszek Witucki (nauczyciel ZSO5 w Gdańsku), Andrzej Kotarski (Mars Society Polska, PT Astronautyczne — sekretarz generalny), Grzegorz Redlarski (PT Astronautyczne), Krystian Górska (prezes Koła Naukowego Radioelektroniki przy Akademii Morskiej w Gdyni, PT Astronautyczne), Krystyna Jaskulska (PTMA, TOS), Adam Malinowski (PTMA), Bogdan Szapach (PTMA), Piotr Smolarz (PTMA), Miroslaw Brzudza (PTMA), Grzegorz Tissler (PTMA), Marek Kukliński (PTMA), Przemysław Rudź (PTMA), Filip Polewaczyk (PTMA), Piotr Wojtas (prezes Pomorskiego Oddziału PTMA).

Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” — dotyczącego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząco-wa numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:
Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

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

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:
Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81

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

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

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Piotr Wąż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2005 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. św. Tomasza 30/7, 31-027 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92 (uwaga! będzie zmiana!)
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: www.pta.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w lutym roku 2005

* Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zaszczygą 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 Neutrina i ciemna energia — niezwykłe połączenie

Michał Frąckowiak

Artykuł przedstawia koncepcję naukowców z Uniwersytetu Stanu Waszyngton łączącą dwie zagadki współczesnej kosmologii i fizyki wysokich energii: ciemną energię i neutrino. Teoria ta przewiduje bardzo ciekawe zjawiska, które być może już niedługo znajdą się w zasięgu możliwości eksperymentalnych i obserwacyjnych.

56 Świat księżyców Saturna

T. Zbigniew Dworak

Mija 350 lat od odkrycia największego księżyca Saturna — Tytana. Na tym satelicie wyładował aparat kosmiczny Huygens, który został tam zawieszony przez sondę kosmiczną Cassini — aparaty kosmiczne tak nazwane na cześć odkrywców Tytana i natury pierścieni, ostatniej wówczas planety w naszym systemie. Sonda Cassini jeszcze przez kilka lat będzie badała jego atmosferę i naturę jego pierścieni i jego satelitów. Warto więc, u progu tych badań, zapoznać się z tym, co już wiemy o świecie księżyców Saturna.

68 Głębokie przeglądy nieba w promieniach X za pomocą teleskopu Chandra

Małgorzata Sobolewska

Autorka opisuje najnowsze odkrycia dokonane za pomocą obserwatorium rentgenowskiego Chandra. Na uwagę zasługują zwłaszcza fascynujące wyniki otrzymane na podstawie głębokich przeglądów galaktycznych i pozagalaktycznych. Obrazy odległego Wszechświata, najbliższe otoczenie supermasywnej czarnej dziury w centrum Drogi Mlecznej, obszary, w których rodzą się nowe gwiazdy, pozostałości po gwiazdach, które już dawno umarły i zagadkowe źródła, których natury nikt jeszcze nie rozumie — to wszystko możemy obserwować dzięki obserwatorium rentgenowskim nowej generacji.

w kolorze: Zorze na Saturnie, Mimas (wkł. IV); Galeria Uranii (okł. II, III)

rozmaistości: Pocztówka z Tytana (66); Lądowanie na Tytanie w OPIOA (67); Galaktyka pełna fajerwerków (67); Zorze na Saturnie raz jeszcze (73); Kosmiczna odnowa galaktyk spiralnych (74); Brązowy karzeł na cenzurowanym (75); Nasz sąsiad — małe masywne galaktyki (79); Widma zapalek, czyli o szkodliwości palenia papierosów (80); Planetoida Woszczyk (81)

galeria obiektów NGC: NGC 2146; NGC 2194; NGC 2237/8, 2246

astronomia w szkole: Proste doświadczenia (cz. 4)

recenzje: Roman K. Janiczek, Jan Mietelski, Marek Zawiński, Kalendarz astronomiczny na XXI wiek (85); Andrzej Manecki, Encyklopedia minerałów. Minerały Ziemi i materii kosmicznej (94)

poradnik obserwatora: Interesujące obiekty: Kasjopea

kalendarz astronomiczny 2005: maj — czerwiec

astronomia i muzyka: Muzyka dla Tytana

relaks z Uranią: krzyżówka

ciekawe strony internetowe

NA OKŁADCE

Trójlistna Koniczyna, inaczej M 20, jest najczęściej fotografowaną mgławicą emisyjną. To olbrzymia chmura pyłowo-gazowa, w której rodzą się gwiazdy. Znajduje się w gwiazdozbiorze Strzelca w odległości ok. 5400 l.s. od Słońca. Astronomowie są przekonani, że jest pobudzana do świecenia przez małe gwiazdy leżące w jej wnętrzu, a w szczególności przez układ masywnego, młodego (mającej zaledwie 300 tys. lat) gwiazdy, której intensywne promieniowanie wyrzeźbiło obserwowany, niezwykle złożony kształt. Obserwacje radiowe na falach milimetrowych wskazywały, że znajdują się w niej 4 „kupy” zimnego pyłu, w których wykluwają się gwiazdy, ale są całkowicie przesłonięte pyłem i gazem. Obecnie obserwacje pracującego w podczerwieni teleskopu kosmicznego Spitzera dowodzą, że już pokazują się gorące embriony. Co więcej, obserwując w podczerwieni, astronomowie mogą nie tylko dostrzegać embriony, ale śledzić ich wzrost, czyli proces rodzenia się gwiazdy, który przebiega podobnie jak wykluwanie się pisklęcia. Teleskop Spitzera odkrył 30 embrionów w prezentowanej mgławicy i ok. 120 w jej sąsiedztwie.

Zdjęcie prezentowane na pierwszej stronie okładki zostało uzyskane teleskopem naziemnym w Obserwatorium Kitt Peak w Arizonie. Na ostatniej stronie okładki jest obraz tego samego obiektu, złożony z 2 zdjęć uzyskanych w różnych długościach fal podczerwonych przy pomocy teleskopu kosmicznego Spitzera.

Neutrino i ciemna energia — niezwykłe połączenie

Problem ciemnej energii i neutrin to bez wątpienia jedno z największych wyzwań stojących przed fizyką w obecnym stuleciu.

O ciemnej energii nie wiemy nic — poza tym, że jest.

O neutrinach wiemy, że mają masę, ale nie wiemy, skąd i jak dużą. Oba problemy przerastają współczesne możliwości eksperymentalne. Naukowcom z Uniwersytetu Stanu Waszyngton udało się stworzyć teorię, która łączy ciemną energię z neutrinami. Czy pomoże ona w rozwikłaniu zagadek?

Nawet jeśli na długim czas pozostanie tylko jedną z wielu propozycji, warto się jej przyjrzeć dokładniej, ponieważ przewiduje interesujące zjawiska nie tylko w skali kosmologicznej, lecz także dla obiektów astrofizycznych i eksperymentów laboratoryjnych z udziałem neutrin

Wyzwania XXI wieku

Pod koniec ubiegłego wieku w kosmologii dokonał się prawdziwy przełom. Raptem okazało się, że zarówno nasze dotychczasowe wyobrażenia dotyczące składu Wszechświata, jak i jego historii i przyszłości są nie tyle niekompletne, co błędne! Tajemnicza stała kosmologiczna (lub udający ją składnik Wszechświata), wprowadzona przez Alberta Einsteina, a potem uznana przez niego za ogólną pomyłkę i zapomniana, wywiera na nasz Wszechświat niebagatelny wpływ, działając jako antygrawitacja, nadając ekspansji przyspieszenie, zaś gęstość energii z nią związanej stanowi ~70% całkowitej gęstości Wszechświata.

Wcześniej myślano, że Wszechświat składa się wyłącznie z materii barionowej („zwykłej”, w tym świecącej) z ewentualnym dodatkiem *ciemnej materii*, na którą składać by się mogły bardzo lekkie cząstki (o których jednak też nic nie wiemy), o rozkładzie przestrzennym podobnym do rozkładu świecącej materii. Jednak z *ciemną energią* (bo tak przyjęło się nazywać składnik typu stałej kosmologicznej) jest zupełnie inaczej — zamiast (na skutek „normalnej” grawitacji) spowalniać ekspansję Wszechświata, jak to czynią pozostałe jego składniki, działa zgoła inaczej — napędza ją! Wszechświat zaczął rozszerzać się coraz szybciej mniej więcej w połowie swoich lat (dla poczerwienienia z ~1), my zaś żyjemy w okresie przejściowym pomiędzy erą dominacji materii i ciemnej energii.

Zatem na czym polega problem?

Otoż poza obserwacjami wpływu ciemnej energii na Wszechświat w wielkich skalach, wyznaczeniem jej gęstości energii i szacowaniem równania stanu — poprzez m.in. pomiary jasności supernowych typu Ia, analizę anizotropii promieniowania tła (WMAP), badanie wielkoskalowych struktur — niewiele o niej samej wiemy. Żeby nie powiedzieć — nic. Nie wiemy, czym jest, i poza mniej lub bardziej szalonimi hipotezami, w większości przypadków trudnymi do zweryfikowania, nie dysponujemy pełną teorią mogącą wyjaśnić jej istotę.

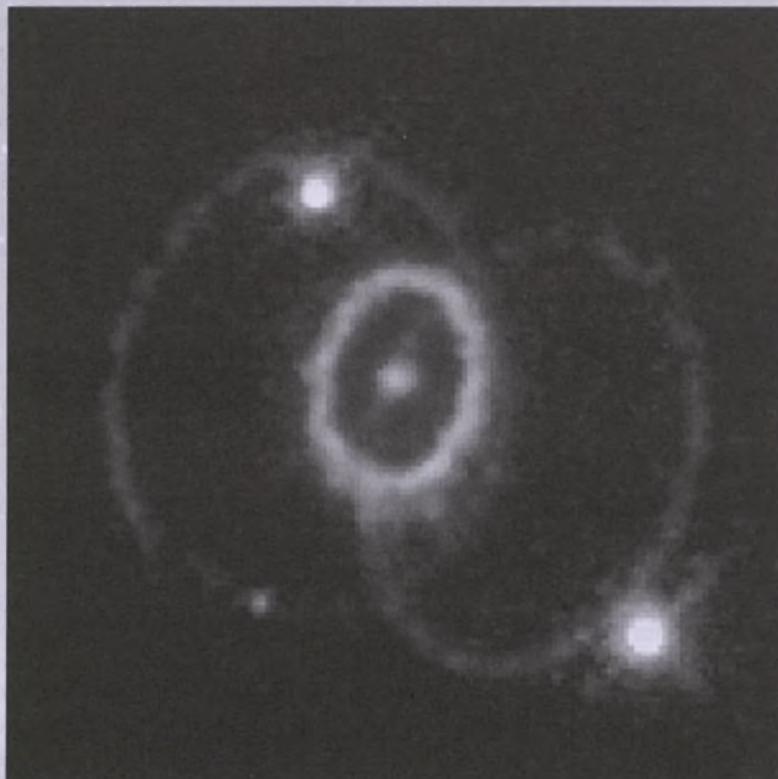
Podobnie jest w przypadku neutrin. W 1998 r. w eksperymencie Super-Kamiokande w Japonii zaobserwowano oscylacje neutrin atmosferycznych — neutrina potrafiły zmieniać swój typ (elektronowe, muonowe, taonowe). Wyniki te zostały potwierdzone przez inne eksperymenty, m.in. K2K w Japonii, w którym do detektora Super-Kamiokande skierowano wiązkę neutrin z oddalonego o 250 km akceleratora.

Oscylacje neutrin są z kolei bezpośrednim dowodem na to, że neutrina mają masę. Problem polega na tym, że w Modelu Standardowym nie bardzo na masywne neutrino jest miejsce (dotychczas wierzono, że neutrino masy nie mają — jak fotony) — ich wprowadzenie wymaga „nieestetycznych” zmian w formalizmie i latania teorii. Tak więc masa neutrino jest do modelu dodana sztucznie, a on sam zaczyna przypominać teorię zlepianą z różnych niepasujących do siebie kawałków. I choć wyniki eksperymentów generalnie są ze sobą zgodne co do podstawowych parametrów teorii neutrino, to neutrino nadal pozostają niezwykle zagadkowe.

Bez wątpienia problemy ciemnej energii i neutrino to dwa największe wyzwania dla fizyki cząstek i wysokich energii. Dotąd, pomimo starań wielu zespołów, są to problemy nierozwiążane. Bez wątpienia również problemy te są zwiastunem Nowej Fizyki, mimo że nie istnieje jeszcze eksperyment, który ewidentnie podważałby Model Standardowy, wiele poszlak wskazuje, że zbliżamy się do granicy jego stosowności — zarówno w eksperymentach naziemnych (akceleratory cząstek), jak i kosmologii, gdzie cofając się w czasie aż do ery Wielkiego Wybuchu, docieramy do bardzo dużych gęstości i energii. Tam, gdzie obszary stosowania fizyki kwantowej (małe skale) i teorii grawitacji (duże masy i energie) zaczynają się na siebie nachodzić, powinna pojawić się właśnie Nowa Fizyka. Na razie jednak nie dysponujemy taką teorią, choć szalone z pozurom pomysły, które regularnie pojawiają się w czasopismach naukowych, mogą nam dawać przedsmak nowej wizji Wszechświata.

Taką właśnie ciekawą koncepcję przedstawiła ostatnio grupa naukowców z Uniwersytetu Stanu Waszyngton. W dwóch artykułach¹ opublikowali szalony z pozurom pomysł, aby to właśnie neutrino były odpowiedzialne za istnienie ciemnej energii, a sama masa neutrino była zmienna w czasie i zależna od jej lokalnej gęstości. Oczywiście — jest to tylko pomysł, teoria — lecz przewiduje ona dość ciekawe zjawiska, które być może uda się sprawdzić na drodze obserwacji i eksperymentu.

¹ Kaplan, D.B. et al., Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 091801; Fardon, R. et al., JCAP 0410 (2004) 005; informacje także w Nature, grudzień 2004.



Podczas wybuchu supernowej 1987A trzy detektory na Ziemi zaobserwowały w ciągu kilkunastu sekund łącznie 24 neutrino około 3 godziny przed optyczną detekcją wybuchu. Mimo niewielkiej liczby zliczeń, pozwoliło to potwierdzić model wybuchu z zapadającym jądrem gwiazdy. Aby jednak obserwować w strumieniu neutrino subtelności wywołane takimi efektami jak zmienne masy neutrino, potrzebne będą detektory czulsze o kilka rzędów wielkości

Neutrino i kosmologia

Według powszechnie uznanego modelu kosmologicznego neutrino nie mogą mieć znaczącego udziału w całkowitej masie Wszechświata. Z jednej strony eksperymenty naziemne sugerują niezwykle małą masę neutrino — około 0,1 eV, czyli ok. 5 000 000 razy mniej niż masa elektronu, z drugiej zaś obserwacje anizotropii mikrofalowego promieniowania tła przez satelitę WMAP wskazują na całkowitą masę neutrino składnika $\Omega_\nu < 0,02$ (jest to równoważne 2% całkowitej masy przy założeniu płaskiej geometrii Wszechświata, co okazuje się jest z dużą dokładnością spełnione). Jest to jednak o wiele za mało w porównaniu z wymaganą przez ciemną energię wartością $\Omega_x \sim 0,7$. Od czego jednak jest pomysłowość teoretyka?

Dotychczas było już wiele pomysłów na ciemną energię. Ciemną energią nie może być żadna ze znanych nam form energii/materii, gdyż jej równanie stanu (wiemy to z obserwacji jej wpływu na takie wielkości jak, np. jasność obser-

wowanej odległych obiektów) ma postać $p \sim -\rho$ (dla stałej kosmologicznej zachodzi równość), czyli jej ciśnienie jest ujemne!

Do tej pory najciekawsze z pomysłów to:

- *stała kosmologiczna* — pierwszy historyczny kandydat, wprowadzony przez Einsteina; brak ewolucji w czasie (stała gęstość energii, niezależnie od rozmiarów Wszechświata),

- *kwintesencja* — stała kosmologiczna zastąpiona dynamicznym polem skalarnym minimalnie sprzężonym z grawitacją; możliwa ewolucja w czasie; mechanizm akceleracji eksplansji analogiczny do fazy inflacji po Wielkim Wybuchu,

- *inflaton* — ponowna „aktywacja” pola inflatonu, napędzającego fazę inflacji po Wielkim Wybuchu,

- *nowe cząstki elementarne* — które jednak musiałyby mieć równanie stanu $p \sim -\rho$,

- *modyfikacja równań Einsteina* — być może problem tkwi w samej postaci równań ogólnej teorii względno-

ści, a nie w dodatkowym składniku Wszechświata?

• *wielowymiarowe modele grawitacji* — nasz Wszechświat podprzestrzenią w wielowymiarowej ($n > 4$) przestrzeni...

Współczesna fizyka nie jest w stanie jednoznacznie wyjaśnić zjawiska przyspieszonej ekspansji, a pomysły są wciąż tylko pomysłami, choć niezwykle ciekawymi.

Akceleron + neutrina = ciemna energia

No dobrze, ale dlaczego neutrina miałyby współtworzyć ciemną energię? Neutrino bardzo słabo oddziaływały ze zwykłą materią. Ponadto z liczb kwantowych posiadają one jedynie liczbę leptonową, która być może i tak nie musi być zachowana w oddziaływaniach z innymi cząstkami. Te cechy neutrina pozwalałyby mu na interakcje z innymi egzotycznymi fermionami, z którymi normalna, barionowa materia na skutek reguł zachowania liczb kwantowych oddziaływać nie może.

Stąd też neutrina mogłyby być nie tylko źródłem wiedzy o cząstkach ciemnej energii, ale poprzez silniejsze sprzężenie — jej składnikiem.

Załóżmy teraz, że do modelu Wszechświata dodamy pole skalarne („akceleron”²), którego wartość będzie jednoznacznie zależała od lokalnej masy neutrin. Ultralekkie cząstki, reprezentowane przez to pole, o masie poniżej 10^{-4} eV, wraz z neutrinami tworzyłyby ciemną energię. Jednocześnie to pole posiadać będzie wewnętrzny potencjał skalarny $V_0(m_\nu)$. Pod wpływem potencjału pole może zmieniać swoją wartość, jak mówią fizycy, toczyć się lub oscylować w pobliżu minimum³.

Uwzględnienie neutrin tła (pozostałości z Wielkiego Wybuchu) daje zmienioną postać ostatecznego potencjału, tzn.:

$$V(m_\nu) = m_\nu n_\nu + V_0(m_\nu)$$

Jeśli teraz zauważymy, że minimum tego potencjału ($m_{\nu, \min} = n_\nu + V'_0(m_\nu)$) zależy od n_ν , czyli gęstości przestrzen-

nej neutrin tła (która maleje wraz z rozszerzaniem się Wszechświata), a wartość pola będzie podążać za minimum, otrzymamy mechanizm odpowiedzialny za zmienną w skali kosmologicznej masę neutrin! (por. rys.).

Ta właśnie zmienność masy jest kluczowym elementem teorii. Bez trudu w takim przypadku otrzymamy można egzotyczne równanie stanu $p_\nu = w \rho_\nu$:

$$w = -1 - \frac{m_\nu V'_0(m_\nu)}{V},$$

czyli wartości bliskie $w = -1$, zachowanie spodziewane dla ciemnej energii. W takim przypadku mamy też

$$m_\nu \propto n_\nu^w,$$

co dla $w = -1$ da nam masę neutrin odwrotnie proporcjonalną do ich gęstości przestrzennej! Stała w czasie pozostaje zatem gęstość energii neutrin ($\propto n_\nu m_\nu$).

Dzięki tym „prostym” zabiegom można skonstruować model, w którym neutrina wraz z akceleronom tworzą składnik typu ciemnej energii o pożądanych własnościach.

Przyszłość Wszechświata

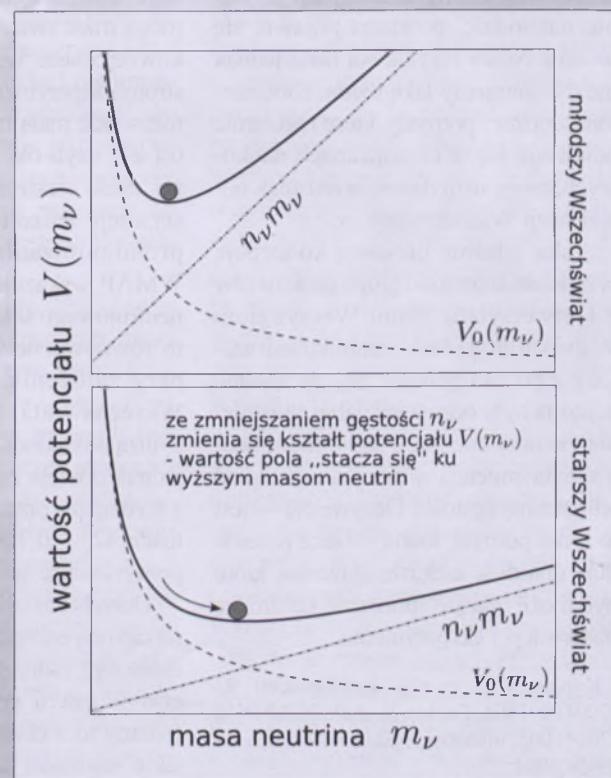
W tradycyjnej kosmologii Λ CDM, w której rolę ciemnej energii odgrywa stała kosmologiczna, przyspieszona ekspansja będzie trwać wiecznie, zaś Wszechświat stanie się pusty i zimny. W przeciwnieństwie

osiagnie swoje maksimum i przestanie napędzać ekspansję.

Lokalna masa neutrin

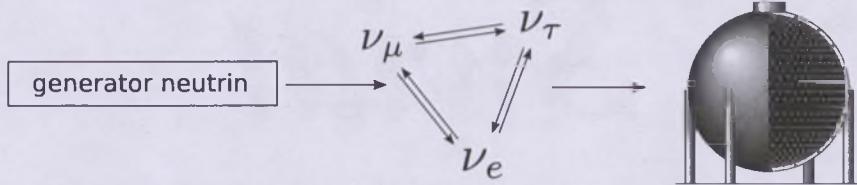
Zobaczmy, jak zmieniając gęstość przestrzenną neutrin, możemy uzyskać ciekawy efekt: neutrina na skutek grawitacji mogą kumulować się w jamach potencjału grawitacyjnego, np. w Grupie Lokalnej. Przy założeniu masy $m_\nu = 0,6$ eV zagęszczenie o czynnik 30 (dla poczerwienia $z = 1$) jest sensowne. Proste obliczenie pokazuje, że pomimo faktu, że gęstość neutrin zmniejszyła się do chwili dzisiejszej o czynnik 8, to na skutek zagęszczenia widzielibyśmy na Ziemi neutrina o masie $m_\nu \sim 0,6(8/30)$ eV $\sim 0,15$ eV, siegając obserwacjami do $z = 1$ poza Grupę Lokalną, obserwowana masa byłaby równa $m_\nu = 0,6$ eV! Tak więc masa neutrina „kosmologicznego” (niezwiązanego grawitacyjnie, obserwowanego na dużych odległościach) byłaby różna od masy neutrina „laboratoryjnego” (w eksperymentach na Ziemiach).

Innym sposobem na zmianę masy neutrina jest lokalna zmiana stosunku neutrin relatywistycznych (wysokoenergetycznych) do nierelatywistycznych neutrin tła (niskoenergetycznych, pozostałość po Wielkim Wybuchu). Czy istnieje możliwość sprawdzenia teorii w takich warunkach?



² W oryginalnej pracy: ang. *acceleron*.

³ Z matematycznego punktu widzenia sytuacja jest analogiczna do oscylatora harmonicznego z czynnikiem tłumiącym.



Pomysł badania oscylacji neutrin jest niezwykle prosty. Mając do dyspozycji „generator” neutrin określonego typu oraz oddalony o pewną odległość (od metrów do setek kilometrów) ich detektor, możemy badać deficyt lub nadmiar konkretnego typu neutrin — dzięki prostemu faktyowi, że podczas podróży mogą się one „mieszać” (oscylować). Tak właśnie działa K2K i Boone

Potwierdzenie teorii?

Nawet najciekawszy model nie jest wiele wart, jeśli nie daje możliwości weryfikacji na drodze eksperymentu. Obserwacje kosmologiczne niestety nie są jeszcze zbyt dokładne, a ilość teorii, które próbują je wyjaśnić, jest ogromna. W przypadku teorii zmiennej masy neutrin jest jednak inna droga, mianowicie poprzez własności samych neutrin.

Wspomnieliśmy wcześniej, że neutrina powinny mieć inną masę, gdy ilość neutrin relatywistycznych jest odpowiednio duża w stosunku do neutrin tła. W warunkach ziemskich jedyną możliwość stwarzającą wybuchy nuklearne, w których jest produkowana wystarczająca liczba neutrin. Jest to jednak metoda nie do przyjęcia z wiadomych powodów.

Pozostają więc źródła astrofizyczne. Najlepszym wydają się wybuchy supernowych z zapadającym jądrem. Konieczne są jednak modele i symulacje wybuchu uwzględniające zmianę masy neutrina. Szacunki wskazują na spodziewaną masę nawet rzędu 1 MeV we wnętrzu zapadającego się jądra. Inną możliwością są białe karły, które w procesie chłodzenia produkują duże ilości neutrin, a także jądra czerwonych olbrzymów. Niestety, w jądrach zwykłych gwiazd (typu Słońca) wymagane warunki nie są spełnione.

Zagadnieniem, w którym neutrina o dużej masie są wręcz pożądane, jest pochodzenie wysokoenergetycznych promieni kosmicznych (trudno wyjaśnić cząstki z zakresu ultrarelatywistycznych energii). Jeden z zaproponowanych mechanizmów ich generowania (*Z-Bursts*) zakłada rezonansową anihilację wysokoenergetycznych neutrin na neutrinach tła. Mechanizm ten jednak działałby efektywnie, gdyby masa neutrin była rzędu 1—7 eV, co nie jest zgodne ze współczesnymi szacunkami. W teo-

rii zmiennych mas neutrin oba ograniczenia można pogodzić bez wysiłku, jako że masa neutrin mierzona na Ziemi wcale nie musi być tą samą masą, która występuje poza naszymi laboratoriemi.

Co jeszcze przewiduje model? Otóż akceleron może być sprzężony nie tylko z neutrinami, ale także ze zwykłą materią, przez co może wprowadzać dodatkowe oddziaływanie między cząstkami. Ich skala jednak byłaby zbyt mała, aby móc ją zmierzyć. Ponieważ jednak akceleron ma wpływ na oscylacje neutrin, być może same oscylacje neutrin będą miały inną charakterystykę w próżni, atmosferze czy przy poruszaniu się przez np. skałę? W tym celu jest konieczne dokładniejsze zbadanie oscylacji w eksperymentach typu K2K czy (Mini)BooNE (zaprojektowane do badań oscylacji), gdzie mamy do dyspozycji zarówno źródło neutrin, jak i detektor oddalone od siebie o znaczącą odległość. To właśnie z projektem BooNE są związane duże nadzieje na dokładne pomiary oscylacji.

Jednocześnie pośrednie pomiary kosmologiczne nie mogą dać nam jednoznacznych ograniczeń, gdyż ich interpretacja zależy od wielu założeń i modeli (ewolucji gwiazd, formacji struktur i wielu innych).

Teoria warta zachodu?

Teoria zmiennej masy neutrin jest bez wątpienia interesującą propozycją, lecz obecnie nie ma absolutnie żadnych faktów obserwacyjnych przemawiających za jej prawdziwością. Nie jest to także teoria wyjaśniająca istotę masy neutrin i istotę ciemnej energii, proponuje tylko pewne mechanizmy, spychając pytanie „jak” i „dlaczego” na inny poziom. Nie

jest teorią fundamentalną. Jeśli jednak anomalie w oscylacjach neutrin zostaną zaobserwowane⁴ lub wyniki numerycznej analizy pokażą, że modele gwiazd uwzględniające zmienną masę neutrin zdecydowanie lepiej pasują do obserwacji, otworzy to pole dla abstrakcyjnych teorii tego typu.

Co do ciemnej energii — jak na złość dla teoretyków dane obserwacyjne najlepiej pasują do modelu Λ CDM, czyli takiego, w którym rolę ciemnej energii gra „tradycyjna” stała kosmologiczna. I jak tu walczyć z brzytwą Ockhama?

Na szczęście w niedalekiej przyszłości ruszą takie eksperymenty jak BooNE i wiele innych detektorów neutrin. Zostanie zakończona przebudowa akceleratora LHC w CERN-ie, przez co będzie można prowadzić eksperymenty przy dużo wyższych energiach. Tak czy inaczej, niemal wszyscy mają przeczucie, że za Modelem Standardowym stoi bardziej kompletna, elegancka i spójna teoria. Na razie jesteśmy daleko od jej poznania, choć szalone z pozoru teorie mogą już odsłaniać rąbka tajemnicy, której odkrycie jest świętym Graalem fizyki.

WWW

Zachęcam zainteresowanych do odwiedzenia stron internetowych:

- neutrinooscillation.org
- www-boone.fnal.gov
- neutrino.kek.jp
- en.wikipedia.org/wiki/Neutrino_oscillation
- www.google.com i hasła: *acceleron, neutrino oscillation, dark energy, cosmology*

Michał Frąckowiak jest doktorantem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika, PAN. Jego zainteresowania naukowe dotyczą głównie pulsarów oraz zagadnień związanych z kosmologią

⁴ Dane eksperymentu LSND (1993-98) sugerują istnienie czwartego typu neutrin, lecz być może obarczone są błędem systematycznym.

Świat księżyćów Saturna

W 2005 r. mija 350 lat od odkrycia przez Christiana Huygensa największego w układzie Saturna księżyca nazwanego — nomen omen — Tytanem. W rok później, w 1656 r., Huygens rozpoznał wreszcie prawdziwą naturę pierścienia Saturna, odkrytego przez Galileusza i obserwowanego m. in. przez Heweliusza w Gdańsku. Obecnie układ Saturna bada sonda Cassini, zaś atmosferę i powierzchnię Tytana — lądownik Huygens

Pierścienie Saturna

Nie ma dla miłośnika astronomii, zwłaszcza początkującego, bardziej zauważającego widoku od Saturna w otoczeniu pierścieni. Planeta jest bez trudu widoczna nieuzbrojonym okiem — należy do jasnych obiektów na sferze niebieskiej — ale pierścienie można zobaczyć dopiero przez mały teleskop.

Kiedy w pamiętnym 1610 r. Galileusz skierował swoją niedoskonałą jeszcze lunetę ku Saturnowi, to ze zdumieniem dostrzegł, że kształt tej planety wyraźnie różni się od wyglądu innych ciał Układu Słonecznego. Zamiast tarczki zobaczył... jakby potrójny, dziwny twór. Wiadomość o tym zaszyfrowała w postaci anagramu:

smaismrmilmepoetalevmibunenugttaviras,
który zamieścił w *Wysłanniku gwiazd*.

Kepler próbował ten anagram rozwiązać, sądząc, że chodzi o... księżyce Marsa.

Tymczasem prawidłowe odczytanie brzmiało:

Altissimum planetam

tergeminum observavi,

czyli *Widziałem najwyższą planetę potrójną*. Galileusz uważało początkowo, że odkrył dwa księżyce Saturna, ale tak nietypowe i w tak nietypowym położeniu, iż obawiał się zarzutu nieprawdomówności i dlatego zaszyfrował swoje odkrycie w postaci anagramu. Miał poniekąd rację, ponieważ niewielu wtedy

uwierzyło w jego obserwacje: góry na Księżyku? Plamy na Słońcu? Satelity Jowisza? — to wszystko złudzenia optyczne — twierdzono niemal powszechnie w pierwszym odruchu niechęci do tych nowości. W przypadku Saturna sam Galileusz był skłonny wierzyć, iż uległ złudzeniu, kiedy w 1612 r., obserwując Saturna, skonstatował, że ma on wygląd normalnej, bez żadnych przydatków, tarczki. Lecz po paru latach znów zobaczył owe „przydatki” i nadal nie wiedział, co właściwie widzi. Po Galileuszu Saturna z „przydatkami” obserwowało wielu astronomów, w tym Jan Heweliusz w Gdańsku, ale dopiero w 1656 r. Christian Huygens, dysponując lepszym (niż poprzednie) teleskopem, rozpoznał wreszcie prawdziwą naturę zagadkowych tworów u Saturna, ale — ponieważ nie tego pewny, lecz chciał zapewnić sobie priorytet — informacje o tym zawarł w następującej postaci:

*aaaaaaaa ccccc d eeeee g hh
iiiiii lllll mm nnnnnnnn
oooo pp q rr s tttt uuuu*

Nikt nigdy nie zgadłby zapewne, co ten zbiór liter oznacza, gdyby sam Huygens w 1659 r., w dziele *Systema Saturnium*, nie rozszyfrował go, jak następuje:

*Annulo cingitur, tenui plano,
nusquam cohaerente,
ad eclipticam inclinato,
czyli Otoczony pierścieniem, cienkim*



Montaż obrazów systemu Saturna utworzony z obrazów uzyskanych przez sondę międzyplanetarną Voyager 1 w listopadzie 1980 r. Na pierwszym planie jest księżyc Dione. Dalej Saturn z księżycami Tethys i Mimas po prawej stronie oraz Enceladus i Hera po lewej stronie pierścieni. Tytan znajduje się w prawym, górnym rogu obrazu

Fot. NASA/JPL, Pasadena

i płaskim, nigdzie nie dotykającym, nachylonym względem ekliptyki. Huygens dostrzegł także, jako pierwszy na świecie, cień pierścienia na tarczy planety.

Odkrycie Huygensa również przyjęto z niedowierzaniem, lecz argumenty, jakie przeciwko niemu wytaczano, były tak niepoważne, iż niebawem inni astronomowie, zaopatrywszy się w doskonalsze instrumenty, potwierdzili słuszność spostrzeżenia Huygensa. A więc Saturna otacza pierścień! Była to nie lada sensacja, dotąd bowiem wierzono i powszechnie uważano, że wszystkie ciała kosmiczne winny mieć kształt sferyczny, kulisty. Tymczasem pierścień jest tworem płaskim, obiegającym Saturna w płaszczyźnie jego równika.

Huygens wyjaśnił również, dlaczego czasami pierścień bywa niewidoczny. Kiedy Saturn znajduje się w gwiazdozbiorze Lwa lub Ryb, wtedy pierścień

ustawia się do nas krawędzią i przez małe instrumenty nie można go w ogóle dostrzec, ponieważ ma nieznaczną grubość.

Wkrótce okazało się, iż należy używać liczby mnogiej: pierścienie, albowiem w 1675 r. Gian Domenico Cassini zaobserwował ciemną linię na pierścieniu i poprawnie zinterpretował ją jako przerwę w materii tworzącej pierścień (ale po raz pierwszy dostrzegł ją Ball w 1665 r.). W 30 lat później Cassini wysunął słuszną hipotezę, że pierścienie składają się z oddzielnych brył, odłamów materii, a więc jakby z mnóstwa minisatelitów wspólnie obiegających Saturna po keplerowskich orbitach. Musiało jednak upłynąć wiele lat, zanim odkrycie oraz domniemanie Cassiniego zostało potwierdzone. Jedynie Cassini junior uznał to w zupełności.

W 1837 r. Johann Franz Encke zoba-

czył drugą, większą przerwę w pierścieniu zewnętrznym (zwany pierścieniem A), zaś w rok później Johann Elert Galile odkrył trzeci pierścień nazwany krepowym i oznaczony literą C.

Hipotezę Cassinich, że pierścienie Saturna składają się z oddzielnych niewielkich brył materii, udowodnił matematycznie w 1857 r. słynny fizyk James Clark Maxwell, a po nim J.E. Keeler. Natomiast obserwacyjny dowód zdobyto dopiero w 1917 r., kiedy to John Knight i Maurice A. Ainslie prześledzili, niezależnie od siebie, zakrycie gwiazdy przez pierścienie. Gwiazda nigdy całkowicie nie zniknęła i prawie bez przerwy była wyraźnie widoczna.

W XX stuleciu zostało odkrytych jeszcze kilka pierścieni: bardzo słabych i z trudem zauważalnych. Pierścień D, najbardziej wewnętrzny, dostrzeżono już w 1907 r. oraz w latach późniejszych,

ale obserwatorzy uczciwie przyznawali, że nie są przekonani, czy naprawdę go widzieli. W latach 70. pojawiły się niepewne doniesienia o kolejnym pierścieniu oznaczonym potem literą *G*, aż wreszcie przelot Pioneer'a 11 i następnie Voyagerów, a także sondy Cassini przyniósł nowe dane o pierścieniach, potwierdzając istnienie słabych, a także nie zaobserwowanych z Ziemi dwóch innych pierścieni — *F* oraz *G*.

W 1978 r. W. A. Feibelman odkrył osobliwy pierścień w znacznej odległości od Saturna (właściwie między orbitami Mimasza a Rhei — o czym będzie dalej), oznaczony następnie literą *E*.

W sumie więc system pierścieni Saturna składa się aż z siedmiu zasadniczych „utworów”: trzech pierścieni „klasycznych” (*A*, *B*, *C*) oraz czterech (*D*, *E*, *F*, *G*) odkrytych w XX stuleciu, a z nich dwa — *F* i *G* — przez kamery i czujniki statków kosmicznych. Najbardziej wewnętrzny, słaby pierścień *D* rozciąga się powyżej górnej granicy obłoków w atmosferze Saturna i ma szerokość kilku tysięcy kilometrów. Jest on oddzielony dość rozległą szczerbiną od pierścienia *C* rozciągającego się na szerokość 6 500 km

— od 12 500 do 19 000 km ponad najwyższą warstwą obłoków. W tym otoku istnieją dwie szczeliny o szerokości około 200 km i 250 km. Większa nazywa się szczerbiną Maxwell'a. Pierścień *C* składa się z brył materii i okruchów lodu wodnego o rozmiarach od kilkudziesięciu centymetrów do mniej więcej 2 m. Od następnego, najjaśniejszego pierścienia *B* dzieli go mało wyraźna przerwa (około 4000 km) zwana przerwą francuską, którą w 1943 r. odkrył Bernard Lyot, a jej istnienie potwierdziły kamery Pioneer'a 11. Sam pierścień *B* ma szerokość 15 500 km, a na jej obrzeżu znajduje się 430 km szczerbina Huygensa. Zaś pomiędzy pierścieniem *B* a kolejnym pierścieniem *A* istnieje przerwa Cassiniego o szerokości 4450 km. Pierścień *A* ma natomiast szerokość ponad 15 000 km, rozpościerając się do odległości około 76 500 km od górnych warstw atmosfery olbrzyma Saturna. W pobliżu zewnętrznej krawędzi pierścienia *A* znajduje się szczerbina Enckego o szerokości 328 km oraz szczerbina Keelera 30 km szerokości. Za tym pierścieniem (licząc od planety) Pioneer 11 odkrył bardzo wąski (około 50 km szerokości) pier-

ścień *F* oddzielony przestrzenią blisko 4000 km, nazwaną przerwą Pioneer'a.

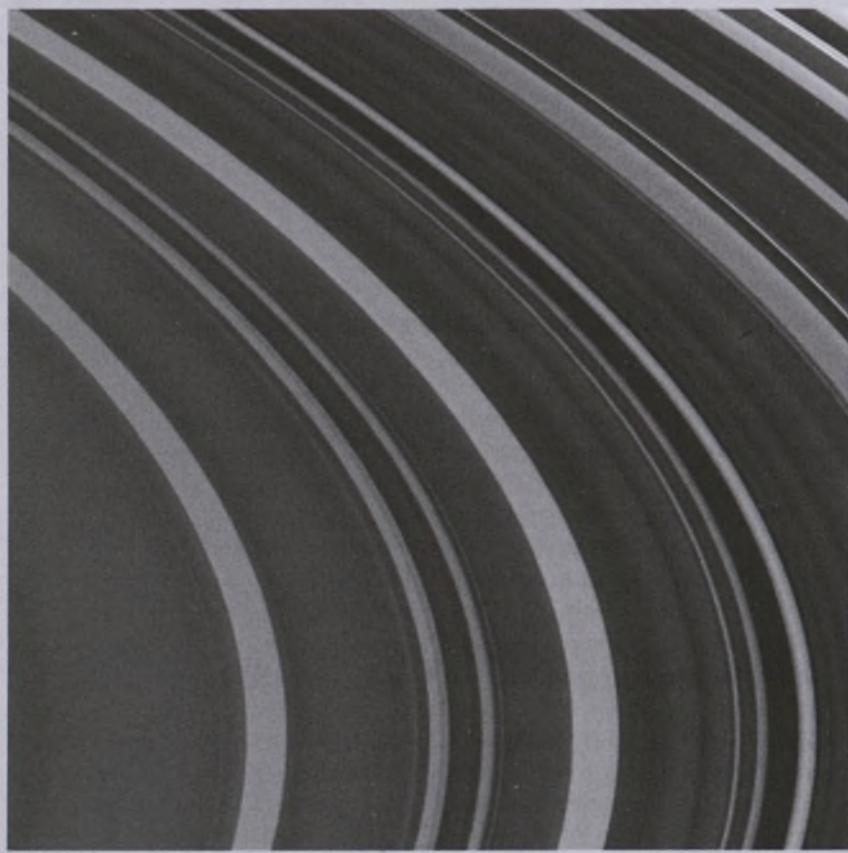
Jeszcze dalej, mniej więcej 110 000 km od górnych warstw atmosfery planety, znajduje się pyłowy pierścień *G* o szerokości około 1000 km, przy czym pył tworzą drobniutkie kryształki lodu.

I wreszcie w odległości od 120 000 do około 420 000 km od atmosfery Saturna znajduje się szeroki, chociaż słaby gazowo-pyłowy pierścień *E*, w dodatku o znacznej grubości (kilkadziesiąt tysięcy kilometrów).

Nim zostaną opisane dalsze rewelacyjne odkrycia w świecie pierścieni Saturna oraz wyjaśnione szczegóły ich zdziwiającej budowy, należy zaznajomić się ze światem księżyców tej planety, które w znacznej mierze odpowiadają za osobliwości w zachowaniu się pierścieni.

Księżyce Saturna

W 1655 r. Huygens, obserwując wysoko świecącego na niebie Saturna, dostrzegł obok niego słabą gwiazdkę, co do której powziął podejrzenie, że jest ona, być może, księżycem tego gazowego olbrzyma. Po kilku miesiącach obserwacji umocnił się w tym przekonaniu i swoje odkrycie opublikował w pracy *De Saturni luna observatio nova*, wydanej w następnym roku w Hadze. Potem, nazywając nowo odkryte ciało po prostu *Luna Saturni*, Huygens wdał się w przedziwne rozważania zbliżone nieco do pitagorejskich koncepcji. Otóż stwierdził on, że ciało obiegających Słońce jest dwanaście: sześć planet, nasz Księżyc, cztery satelity Jowisza i właśnie *Luna Saturni* — zaś 12 to liczba doskonała, miła Stwórcy, w związku z czym już żadne więcej ciało w naszym Układzie nie istnieje. Trzeba trafu, że jeszcze za życia Huygensa zostały odkryte inne księżyce Saturna. W 1671 r. nowy księżyc tej planety, nazwany potem Iapetusem, został dostrzeżony przez wielokroć już wspomianego Cassiniego, który w rok później zobaczył obok Saturna jeszcze jednego satelitę, znanego teraz pod nazwą Rhea. Cassini również uległ magii liczb (albo było to tylko czyste w r a c h o w a n i e). Stwierdził bowiem, że czternaście ciał obiegających Słońce bardzo dobrze koresponduje z osobą miłośiwie panującą króla Francji, Ludwika XIV, noszącego przydomek *Le Soleil* (Słońce). Zwrócił oczywiście na to uwagę królo-



Zbliżenie zewnętrznego pierścienia *C*, uzyskane z odległości 836 tys. km przez sondę Cassini z rozdzielcością powyżej 5 km. Jest widoczna bardzo ostro i wyraźnie struktura poszczególnych kręgów pierścienia, odzwierciedlających zmiany gęstości materii z odległością od planety. Najciemniejszy obszar to przerwa Maxwell'a, w której też odkryto słaby i wąski pierścień materii. (Fot. NASA/JPL/Space Science Institute)

wi (rzecz się działa oczywiście w Paryżu), a Jego Wysokość nakazał, żeby wybito z tego powodu specjalny pamiątkowy medal. Ale nie minęło 12 lat i Cassini „popsuł wszystko”, odkrywając w równonoc wiosenną 1684 r. od razu dwa następne księżyce.

W 105 lat później William Herschel w ciągu niespełna miesiąca odkrył jeszcze dwa księżyce tej „najwyższej” planety, nazwane potem Enceladus i Mimas.

Ponieważ zadecydowano, a uczynił to chyba jako pierwszy Cassini, żeby księżyce Saturna numerować zgodnie z ich odlegością od macierzystej (a nie według kolejności odkrycia), więc po każdym odkryciu przychodziło astronomom zmieniać numerację. Nie bardzo wiadomo, dlaczego tak uporczywie trzymano się tego niezadowalającego systemu, zwłaszcza że należało się spodziewać, iż najpóźniej mogą zostać odkryte najbardziej wewnętrzne księżyce i trzeba będzie znów zmieniać całą numerację. Kolejny ksiązyc Saturna, zwany Hyperion, odkryto w 1848 r. — niezależnie od siebie — dwóch obserwatorów: William C.

Bond oraz, w dwie noce później, William Lassell.

Przysporzyło to nowych kłopotów z tak niefortunnie pomyślanym systemem oznaczania satelitów Saturna. W tej sytuacji Sir John Herschel (syn odkrywcy Urana) zaproponował w 1858 r. tytanów, których imiona mogłyby zostać użyte do nazwania księżyków Saturna. Warto też zwrócić uwagę, że w II połowie XIX w. nikt już nie zajmował się mistyką liczb... I całe szczęście — w 1898 r. bowiem William H. Pickering odkrył, sfotografowawszy Saturna, jego dziewiąty ksiązyc, po czym zapropono-

T a b e l a

Podstawowe dane o księżyccach Saturna

Nazwa	Wielka półos (km)	Okres obiegu (doby)	Mimośród e orbity	Nachylenie i	Średnica (km)
Pan	133 583	0,575	0,0000	0,000°	20
Atlas	137 640	0,602	0,0000	0,000	38×34×28
Prometheus	139 350	0,613	0,0023	0,000	140×100×74
Pandora	141 700	0,629	0,0044	0,000	110×86×66
Epimetheus	151 422	0,694	0,0205	0,335	140×116×100
Ianus	151 472	0,695	0,0073	0,165	220×190×160
Mimas	185 520	0,942	0,0206	1,566	397
2004 S1	194 000	1,01	0	0	3
2004 S2	211 000	1,14	0	0	4
Enceladus	238 020	1,370	0,0001	0,010	499
Tethys	294 660	1,888	0,0001	0,168	1060
Telesto	294 660	1,888	0,0010	1,158	30×25×15
Calypso	294 660	1,888	0,0005	1,473	30×16×16
Dione	377 420	2,737	0,0002	0,002	1118
Helene	377 420	2,737	0,0001	0,212	36×?×30
Rhea	527 040	4,518	0,0009	0,327	1528
Tytan	1 221 850	15,945	0,0288	1,634	5150
Hyperion	1 464 100	21,277	0,0175	0,568	350×240×200
Iapetus	3 560 800	79,331	0,0284	7,570	1436
Kiviuq	11 365 000	449,22	0,3336	46,148	14
Ijiraq	11 442 000	451,47	0,3215	46,730	10
Phoebe	12 944 300	548,21	0,1644	174,751	230×220×210
Paaliaq	15 198 000	686,94	0,3632	45,077	19
Skadi	15 647 000	728,18	0,2690	152,621	6
Alborix	16 394 000	783,47	0,4791	33,979	26
Erriapo	17 604 000	871,25	0,4740	34,469	8
Siamaq	18 195 000	895,55	0,2962	45,539	32
Taarvos	18 239 000	926,13	0,5365	33,495	13
2003 S1	18 719 000	956,19	0,3522	134,592	6
Mundilfari	18 722 000	951,56	0,2078	167,476	6
Suttung	19 465 000	1016,51	0,1140	175,811	6
Thrymr	20 219 000	1091,76	0,4852	175,815	6
Ymir	23 130 000	1315,33	0,3339	173,104	16

wał, żeby nazwać go Phoebe. Nazwę zaaprobowano, ale w wykazach księżyków Phoebe nadal pojawia się z numerem IX, co rzeczywiście wydaje się słuszne, bo to i najdalszy, klasyczny satelita Saturna, i dziewiąty w kolejności odkrycia.

Na ponowne „zamieszanie” trzeba było długo czekać — ponad pół wieku. Wprawdzie w 1905 r. Pickering odkrył na płytach fotograficznych (z 1904 r.) jeszcze jeden ksiązyc, który nazwał Themis, ale później nie był on przez nikogo obserwowany. Nie jest wykluczone, iż mógł to być obiekt Kowala, odkryty

przez niego w 1977 r., czyli planetoida Chiron biegącą między orbitami Jowisza a Urana oraz mogącą zbliżać się do Saturna na niewielką odległość. Najnowsze obserwacje i obliczenia wydają się jednak wskazywać, że Chiron to albo bardzo nietypowa kometa, albo obiekt pochodzący z tzw. Centaurów.

Kiedy pod koniec 1966 r. na Pic du Midi Auduin Dollfus odkrył wewnętrz orbitę Mimasa jeszcze jeden ksiązyc i nazwał go Ianusem, nadano mu numer dziesiąty (X), czyli akurat postąpiono tak, jak to czyniono z satelitami Jowisza. Nowy ksiązyc jednak zaginął! Ale

w kilkanaście lat później Pioneer 11 zarejestrował w pobliżu pozycji przewidywanej dla Ianusa nieznany obiekt. Wydawać się mogło, że wszystko jest w porządku — Ianus został odnaleziony. Wkrótce jednak okazało się, iż nie mał po tej samej orbicie krążą... dwa satelity. Powstał dylemat: który z nich jest zagubionym Ianusem? A może żaden? Ostatecznie ustalono, że jeden z nich będzie się jednak nazywał Ianusem, a drugi — Epimetheusem.

Nie był to koniec niespodzianek w zdziwiającym układzie księżyców Saturna. Otóż w 1980 r., podczas prowadzonych z Ziemi obserwacji tej planety, na orbicie Dione w odległości 60° od niej (tj. w odległości równej wielkiej półosi orbity Dione) odkryto niewielkiego satelitę oznaczonego prowizorycznie 1980 S6, nazwanego niekiedy Dione B, a ostatnio — Helene.

Natomiast na orbicie satelity Tethys, w punktach libracyjnych L_4 i L_5 układu Saturn-Tethys, odkryto dwa niewielkie księżyce, które nazwano Telesto i Calypso.

Co więcej, w roku 2000 Brett Gladman zidentyfikował 12 nowych, niewielkich księżyców Saturna, krążących głównie na peryferiach układu tej planety. A w 2003 r. odkryto kolejnego mikrosatelitę 2003 S1.

Zamieszczona w ramce tabela zawiera dane o tych 33 satelitach Saturna, których istnienie wydaje się być potwierdzone. Przypuszcza się jednak, iż może ich być więcej z tym, że trudno rozstrzygnąć, czy zaobserwowane duże bryły materii (lodu?) w rejonie pierścieni można uznać na niewielkie samoistne satelity, czy też uważać je za składniki pierścieni. W tabeli wyróżniono charakterystyczne grupy tych satelitów.

Najbliższy macierzystej planecie księżyc Pan biegnie wśród pierścieni. Wewnętrzna grupa satelitów: Atlas, Prometheus i Pandora, a także Ianus i Epimetheus, obiega Saturna blisko zewnętrznej granicy pierścienia A. Okazało się, że księżyce Prometheus i Pandora poruszają się w rezonansie 1:1, znajdując się w obszarze pierścienia F i to one najprawdopodobniej mają wpływ na jego przedziwny kształt. Otóż na pierścień F składają się trzy (co najmniej) śrubowo nawinięte „włókna”, co wydaje się przeczyć zasadom mechaniki nieba. Jeśli jednak weźmiemy pod uwagę, że satelita Prometheus porusza się bli-

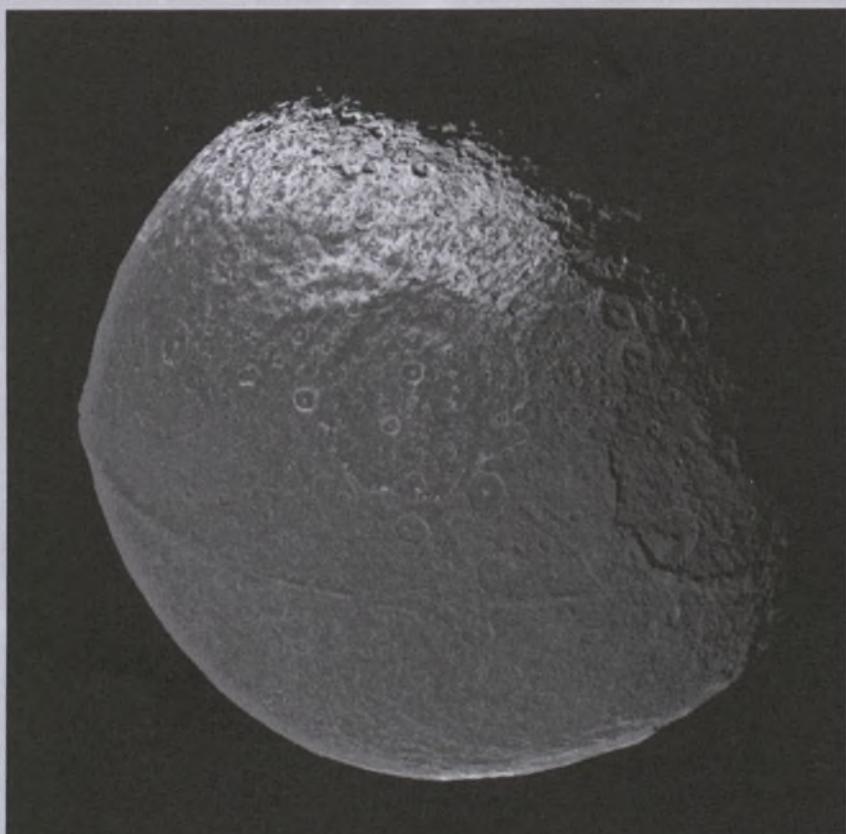
ko wewnętrznej granicy tego pierścienia, natomiast Pandora — blisko zewnętrznej, to ich wypadkowe oddziaływanie grawitacyjne może doprowadzić do tak dziwacznej, chociaż niezbyt stabilnej konfiguracji pierścienia F. W rzeczy samej okazało się, iż okresy orbitalne tych satelitów „pasterskich” (jak je żartobliwie nazwano) nie są dokładnie współmierne i księżyce te od czasu do czasu zbliżają się do siebie, a wtedy pierścień F przyjmuje bardziej normalny układ współśrodkowych kręgów, co zarejestrowały kamery Voyagera 2. Nie jest też wykluczone, że na ten pierścień oddziałuje dość mocno również dalszy księżyc Atlas, chociaż jego rozmiary (i masa) są zdecydowanie mniejsze od rozmiarów satelitów pasterskich.

W ogóle układ pierścieni i satelitów Saturna ma dziwne właściwości, a zjawisko rezonansu przejawia się w nim tak wyraźnie, iż staje się to co najmniej zasługujące.

Przegląd tych osobliwości zaczniemy od klasycznych pierścieni (A, B, C) oraz tzw. klasycznych, wewnętrznych księżyców Saturna (Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea).

Przekazane przez sondy Voyager (1 i 2), zaś obecnie przez sondę Cassini, zobrazowania pierścieni wywołały pewną sensację. Wyjaśniło się bowiem, że składają się one z setek kręgów i przerw, co oznacza, iż powstawanie zjawiska rezonansu prowadzącego do „unikania” przez bryły materii niektórych orbit wywołuje nie tylko pięć wyżej wymienionych najbliższych, klasycznych księżyców Saturna, lecz również pozostałe — w tym nowo odkryte w ramach misji astronautycznych.

Stwierdzono także, iż pierścienie: A, B i C mają różną strukturę i różny skład. Pierścień A jest najbardziej jednorodny i zawiera wiele drobnych ciał o przeciętnych rozmiarach kilkudziesięciu centymetrów, chociaż trafiają się w nim bryły o średnicy mniej więcej 10 m. Przerwy i szczeliny jest w nim niewiele, a znana od dawna przerwa Enckego (w której dostrzeżono jednak kilka słabych pasmek-smug) utworzyła się na skutek oddziaływania dwóch satelitów — Ianusa i Epimetheusa. Nie jest też całkiem pusta najwcześniej dostrzeżona przerwa Cassiniego. Zaobserwowano w niej aż 20 kręgów. Na jej powstanie wpłynęło



Księżyc Saturna Iapetus określany jest jako „niezwykły”, bo jego jedna półkula jest ciemna (albedo 4%), a druga jasna (60%). Zdjęcie powyższe, uzyskane 31 grudnia 2004 r. przez sondę Cassini, pokazuje jeszcze jedną charakterystyczną cechę: — Iapetus ma położoną wzdłuż równika „bliznę”, która ma szerokość co najmniej 20 km, wysokość co najmniej 13 km nad okoliczny grunt i długość ponad 1300 km. Stary krater na środku tarczy ma średnicę 400 km

oddziaływanie Mimasa pozostającego z nią w rezonansie 2:1, a także: Enceladusa (3:1), Thetys (4:1) i Dione (6:1), jak to udowodnił jeszcze w XIX w. Daniel Kirkwood, a potwierdził A.C.D. Crommelin. Ponadto na powstanie przerwy Cassiniego może mieć również pewien wpływ Rhea (poruszająca się z nią w rezonansie 9:1) oraz Tytan (30:1).

Przepiękną literacką — wręcz dynamiczną — wizję przerwy Cassiniego podał w opowiadaniu SF pt. *Rozprawa* Stanisław Lem (*Opowieści o pilocie Piracie*, Kraków 1968).

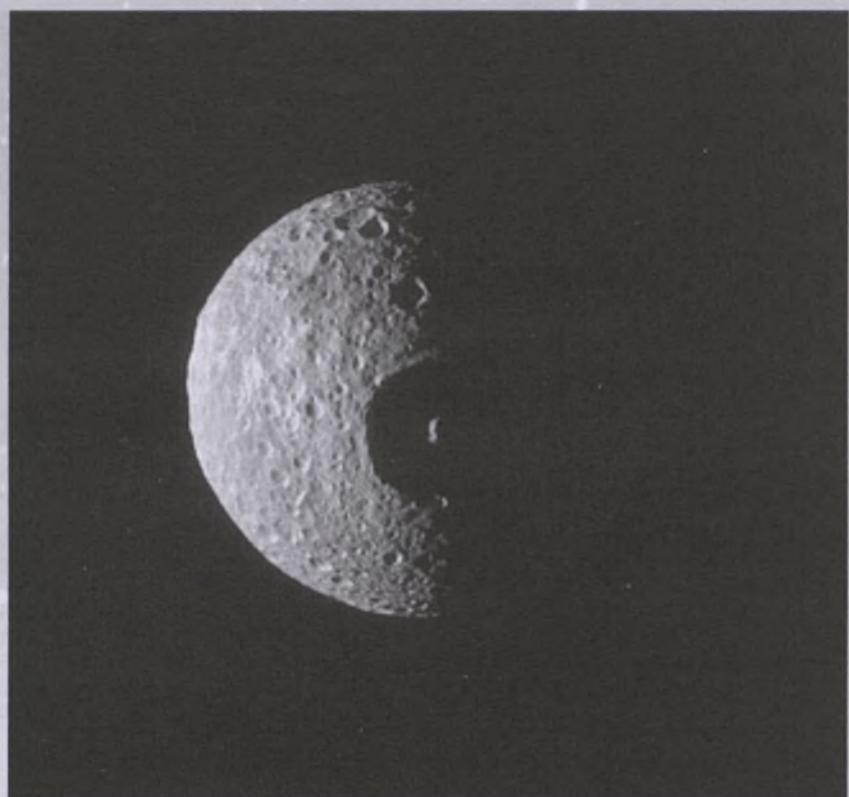
Najbardziej skomplikowaną budowę wykazuje pierścień B: jest on najjaśniejszy i najmniej przezroczysty, a z racji występowania w nim wielkiej liczby kregów oraz wąskich szczeleń porównuje się go czasami do płyty gramofonowej. Rozmiary ciał tworzących ten pierścień (od kryształów lodu do brył krzemianowych) są mniej więcej takie same jak w pierścieniu A, lecz jest ich znacznie więcej.

Na obu tych pierścieniach (A i B) zostały zarejestrowane ciemne smugi rozchodzące się radialnie (promieniście) i rotujące z okresem ruchu wirowego Saturna. Te „szpachły” powstają w ciągu kilkudziesięciu minut i istnieją kilka dni. Tworzą je zapewne, jak to zasugerował Richard J. Terrible, naładowane elektrycznie cząstki pyłu lub kryształki lodu, które oddziałują z magnetyferą Saturna.

Okazało się, że owe smugi radialne były już obserwowane przez Richarda A. Proctora w 1858 r., następnie przez Eugene'a Antoniadiego w 1896, a potem przez Bernarda Lyota w 1943 i W. Livingdtona w 1958 r.

Przeprowadzone obserwacje spektralne klasycznych pierścieni Saturna potwierdziły, iż tworzące je bryły i okruchy materii stanowią odłamki skalne pokryte lodem oraz kryształki lodu z domieszką pyłów.

Jeszcze w XIX w. Heinrich L. d'Arrest zauważył pewne prawidłowości w ruchach orbitalnych pięciu księżyców Saturna. Okazuje się, że Thetys znajduje się w rezonansie 2:1 z Mimasem, a Dione — również w rezonansie 2:1 z Enceladusem. Dla dalszych księżyców d'Arrest stwierdził występowanie następujących zależności: rezonans orbitalno-orbitalny 4:3 między Hyperionem a Tytanem, rezonans 5:1 między Iapetusem a Tytanem i rezonans również 5:1



Mimas to satelita o średnicy 398 km. Przedstawiona na zdjęciu część powierzchni jest zdobinowana przez 130-km średnicy krater z wyraźnie widocznym centralnym wznieśaniem, prawie dokładnie na linii terminatora. Obraz uzyskano 16 stycznia br. z użyciem filtrów ultrafioletowego i polaryzacyjnego, z odległości 213 tys. km. Zwiększo kontrast dla lepszego ukazania rzeźby powierzchni. Rozdzielcość wynosi 1,3 km, północ jest u góry. (Fot. NASA/JPL/Space Science Institute)

między Hyperionem a Rhea. Okazało się także, iż można znaleźć jeszcze inne wspólnoty pomiędzy niektórymi księżycami a przerwami w pierścieniach: rezonans 3:1 między Mimasem a przerwą francuską, rezonans 5:3 między Mimasem a przerwą Enckego, rezonans 5:2 między Enceladusem a przerwą Enckego, wreszcie rezonanse — 3:2 między Mimasem a pierścieniem F oraz 3:1 między Tethys a pierścieniem F.

Wykryte liczne wspólnoty między okresami ruchów orbitalnych i przerwami w pierścieniach oraz między ruchami samych księżyców wymagają jeszcze teoretycznego wyjaśnienia i uzasadnienia.

Herman Struve, wykorzystując wyniki badań nad zjawiskami rezonansu w układzie księżyców Saturna, doszedł do następujących wniosków: Mimas i Enceladus charakteryzuje znacząca libracja fizyczna, zaś ich największe zbliżenie zachodzi zawsze w okolicy jednego i tego samego punktu, w którym płaszczyzna równika planety przecina się z płaszczyzną orbity księżyca. Natomiast maksymalne zbliżenia Dione z Enceladusem zdarzają się wtedy,

kiedy Enceladus znajduje się w przyplanetarnym (w perysaturnium) punkcie swojej orbity. Z kolei orbita Rhei pod wpływem sąsiedniego masywnego Tytana stała się ekscentryczna i co 38 lat Tytan sprawia, że wielka oś orbity Rhei odchyla się o około 18° od swego średniego położenia w przestrzeni.

Morfologia powierzchni księżyców Saturna

Grupa wewnętrznych, klasycznych satelitów krąży wokół Saturna ruchem prostym po kołowych z reguły orbitach w płaszczyźnie równika macierzystej planety. Okresy ich ruchu obrotowego wokół osi są tożsame z okresami ich ruchu obiegowego. Sondy: Voyager (1 i 2) i Cassini przekazały na Ziemię zdjęcia powierzchni tych księżyców, co wybitnie zwiększyło naszą wiedzę o tego rodzaju ciałach kosmicznych; można je bowiem uważać za swego rodzaju obiekty pośrednie między dużymi planetoidami a niewielkimi księżycami planetolbrzymów.

Rozmiary (średnice) tych pięciu klasycznych księżyców Saturna wynoszą od kilkuset do ponad półtora tysiąca kilometrów. Ich powierzchnie, pokryte

lodoladami lub warstwą lodu z domieszką krzemianów, są usiane kraterymi uderzeniowymi o różnych średnicach, czyli wyglądają podobnie jak satelity innych planet.

Na najmniejszym księżycu w tej grupie (nie licząc nowo odkrytych) — Mimasie — widnieje ogromny krater o średnicy 135 km, co stanowi niemal 1/3 rozmiarów tego globu. Jest to zarazem stosunkowo najgłębszy krater w naszym układzie planetarnym. Różnica poziomów między dnem krateru a jego wierzchołkiem (krawędzią wału) sięga prawie 10 km, zaś wysokość centralnej górnicy aż 6 km. Co więcej, na antypodach tego krateru teren jest silnie zaburzony, odznaczający się chaotyczną budową powierzchni.

Kolejny księżyc — Enceladus — początkowo wydawał się zupełnie gładki, ale potem, kiedy Voyager 2 zbliżył się do niego na odległość zaledwie 100 000 km, wyjaśniło się, że i na jego powierzchni występują kratery, doliny i inne nierówności terenu, zaś ich obecność maskowała warstwa niemal czystego lodu, dzięki czemu jej albedo wynosi ponad 0,90! Okazało się także, iż Enceladus nadal ma aktywne wnętrze, dzięki czemu ciągle jeszcze zmienia swoją powierzchnię (w geologicznej skali czasu). Niewykluczone, że tą aktywnością powodują siły płynowe wywołane oddziaływaniem grawitacyjnym Saturna oraz Dione, z którą Enceladus porusza się w rezonansie 2:1 (tzn. na dwa obiegi Enceladusa wokół Saturna przypada jeden obieg Dione). Jest też wysoce prawdopodobne, że na Enceladusie działają gejzery wodne lub metanowe, zaś wypływająca i zamarzająca ciecz pokrywa stare formacje, maskując ich obecność. W każdym razie poszczególne fragmenty tego księżyca bardzo różnią się wiekiem.

Pomiędzy orbitą Mimasa a Enceladusa sonda Cassini odkryła dwa nowe mikrosięże Saturna, oznaczone na razie 2004 S1 i 2004 S2.

Na liczącej ponad 1000 km średnicy Tethys (a więc mniej więcej tych rozmiarów, co największa planetoida Ceres) dostrzeżono formację podobną do księcięckiego *Mare Crisium*. Jest to ogromny krater o rozmiarach blisko 450 km oraz głębokości aż 15 km. Pośrodku znajduje się górnica centralna o średnicy około 40 km. Na antypodach tego krateru widnieje nieregularnie, cha-

otycznie ukształtowany teren, który zapewne uformował się w wyniku zogniskowania fal sejsmicznych wywołanych ogromnej siły wstrząsem po upadku wielkiego meteorytu.

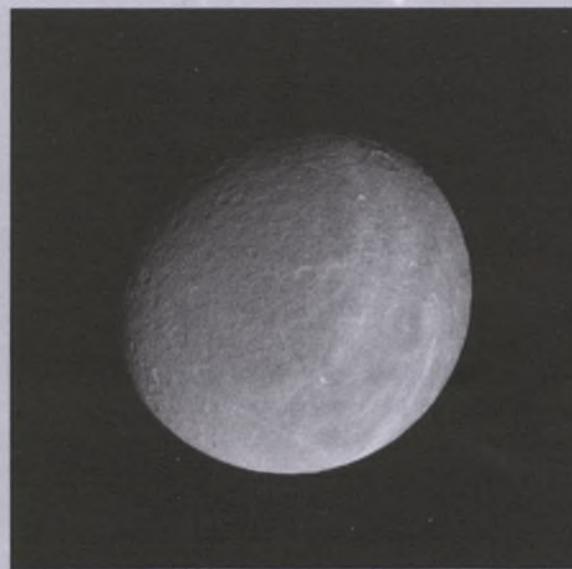
Na powierzchni Thetys znajduje się również potężna rozpadlina podobna do dolin ryftowych na Ziemi (jak np. Wielki Rów Wschodnioafrykański). Długość tej doliny wynosi 1500 km, a szerokość około 60 km. Ta osobliwa rozpadlina o nazwie *Ithaca Chasma* powstała prawdopodobnie pod koniec aktywności „geologicznej” tego księżyca, kiedy doszło do gwałtownego tzw. przejścia fazowego — ochładzania oraz zamarzania pierwotnie ciekłego globu. Jego średnią gęstość ocenia się na równą dokładnie gęstości wody! — 1000 kg/m³ (czyżby to była więc ogromna, zamarznięta „kropla” wody?).

Twarzające Thetys satelity Telesto i Calypso są bardzo niewielkimi oraz nieregularnymi ciałami (właściwie minisatelitami) o rozmiarach kilkudziesięciu kilometrów. Biegą one w okolicy punktów libracyjnych L₄ i L₅ układu Saturn-Tethys.

Nieco większa (1120 km średnicy) i masywniejsza od Tethys jest Dione (jej przeciętna gęstość wynosi 1500 kg/m³, co pod tym względem stawia ten księżyc na drugim miejscu po Tytanie).

Na Dione dostrzeżono, obok licznych kraterów długie, białe smugi utworzone naprawdopodobniej przez lód widoczny w szczelinach skalnych lub rozprysnięty oraz rozrzutony po upadku dużych meteorytów. Co ciekawe, na odwrotnej od Saturna stronie (półkuli) tego księżyca stwierdzono mniej liczne występowanie kraterów niż na półkuli zwróconej ku planecie, a więc odmienność niż na naszym Księżyku.

Największa w tej grupie — bo „aż” ponad półtora tysiąc kilometrowej średnicy — Rhea jest całkowicie pokryta licznymi kraterami nie tylko zachodzącymi na siebie, lecz również znajdująjącymi się jeden wewnątrz drugiego.



Portret satelity Rhea uzyskany 16 stycznia br. z odległości prawie pół miliona kilometrów. Zdjęcie powstało jako mozaika obrazów wykonanych z użyciem filtrów: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Rozdzielcość — około 3 km, zwiększo kontrast dla uwidoczenia struktury powierzchni. Północ u góry. (Fot. NASA/JPL/Space Science Institute)

Świadczy to, że powierzchnia Rhei utworzyła się bardzo, bardzo dawno temu. Jest to, jak się wydaje, jedno z najstarszych ciał naszego układu planetarnego. Jej średnia gęstość wynosi 1200 kg/m³.

Powierzchnia Rhei jest dość ciemna, czyli rozkruszona w wyniku upadku materia meteorytowa „przysypała” zupełnie lodoląd. Kratery mają nieregularne kształty, co sugeruje, iż w trakcie „wielkiego bombardowania” powierzchnia tego globu podlegała jednak pewnym ruchom tektonicznym. Średnica największego z poznanych kraterów wynosi prawie 300 km, zaś większość widocznych kraterów ma przeciętnie rozmiary mniej więcej 75 km.

Kolejnym satelitą Saturna jest Tytan, jeden z największych i najciekawszych księżyków w Układzie Słonecznym, tworzący swoistą grupę z niewielkim Hyperionem. Oba te księżyce obiegają Saturna po dość ekscentrycznych trajektoriach (zwłaszcza Hyperion), których płaszczyzny są tylko nieco nachylone do płaszczyzny równika macierzystej planety. Tytan to rzeczywiście tytan wśród księżyków planet — drugi co do rozmiarów po Ganimedesie. Jeszcze w latach 1942-1944 Gerard P. Kuiper podejrzał, iż Tytan może mieć atmosferę, a następnie rzeczywiście ją odkrył. Obecność gęstej otoczki gazowej otaczającej Tytana potwierdziły kamery Voyagera 1 w 1980 r. oraz Voyagera 2 w 1981 r., a teraz próbnik Huygens. Na przesła-

nych zdjęciach Tytan wygląda jak jednolita pomarańczowa kula i nie widać na niej żadnych szczegółów.

Otoż wyjaśniało się, że Tytan podobnie jak Wenus ciągle jest spowity gęstą warstwą obłoków, która zalega na wysokości około 50 km nad powierzchnią globu, składając się głównie z kropelek azotu tworzących ów pomarańczowy smog fotochemiczny. Na jeszcze większych wysokościach (200, 375 i 500 km) zaobserwowano również inne warstwy mgieł. Samo atmosfera Tytana składa się głównie z azotu N₂ (od 65% do nawet może 97%), argonu Ar (ok. 10%), metanu CH₄ (od około 0,2 do być może 10%). Jak stąd widać, na razie oceny składu atmosfery tego wyjątkowego księżyca są dość rozbieżne — uściśli to lądownik Huygens. Pozostałe gazy, jak wodor H₂, etan C₂H₆, etylen C₂H₄, cyjanowodór HCN i inne występują w ilościach śladowych. Ciśnienie tej atmosfery jest nader wysokie: wynosi przynajmniej 1500 hPa (półtora raza więcej niż ciśnienie powietrza na Ziemi), natomiast temperatura zewnętrznych warstw atmosfery tego sputnika osiąga tylko 94 K (ok. -180° C). Samo powierzchnia może być pokryta lodem oraz hydratami metanu i amoniaku; niewykluczone też, iż występują na niej niewielkie zbiorniki (jeziora?, niewielkie morza?) ciekłego metanu i etanu. Sugierowano także możliwość istnienia na niej polimerów organicznych. W każdym razie wiadomo, że zawarty w atmosferze Tytana cyjanowodór może pod wpływem nadfioletowego promieniowania Słońca polimeryzować i tworzyć złożone związki chemiczne o ciemnopomarańczowym zabarwieniu, które dominuje tam właśnie, co zauważył jesz-

cze Kuiper podczas naziemnych obserwacji, a potwierdziły to kamery Voyagera 1. Obecnie dokładniejsze obserwacje prowadzi próbnik Huygens.

Domyślanie się również, iż na Tytanie mogą jeszcze istnieć czynne wulkany, a obserwowane na jego tarczy — od czasu do czasu — ciemne plamy mogłyby stanowić obłoki wyrzuconego do atmosfery popiołu wulkanicznego. Jednak Voyager (1 i 2) nie potwierdziły tej domniemanej aktywności, zaś średnia gęstość globu (1881 kg/m³) czyni go pod względem budowy wewnętrznej podobnym do Ganimedesa lub Callisto. Jeśli zatem występują na Tytanie jakieś aktywne procesy, to raczej typu gejzerów wodnych czy metanowych. Rozstrzygnie to zapewne lądownik Huygens. Być może, iż za to jest odpowiedzialny Hyperion poruszający się w rezonansie 4:3 z Tytanem (na trzy obiegi Tytana wokół Saturna przypadają cztery obiegi Hyperiona).

Nowych danych o powierzchni Tytana (jego obszarach „podzwrotnikowych” i, częściowo, „umiarkowanych”), czyli od +40° do -40° szerokości tytanograficznej dostarczyły następnie przeprowadzone w podczerwieni obserwacje z teleskopu kosmicznego Hubble'a (HST), przetworzone komputerowo. Okazało się, iż na jednej półkuli (zwróconej, mówiąc obrazowo, w kierunku ruchu orbitalnego tego księżyca) istnieje jasny, biały, rozległy obszar, jakby kontynent (lodziądł?), który moglibyśmy nazwać umownie Amerktydą (od Ameryki i Antarktydy). Natomiast na drugiej półkuli występuje duży, ciemny obszar. Wydaje się, że jego obecność potwierdziła sonda Cassini.

Niezwykle sugestywny, barwny lite-

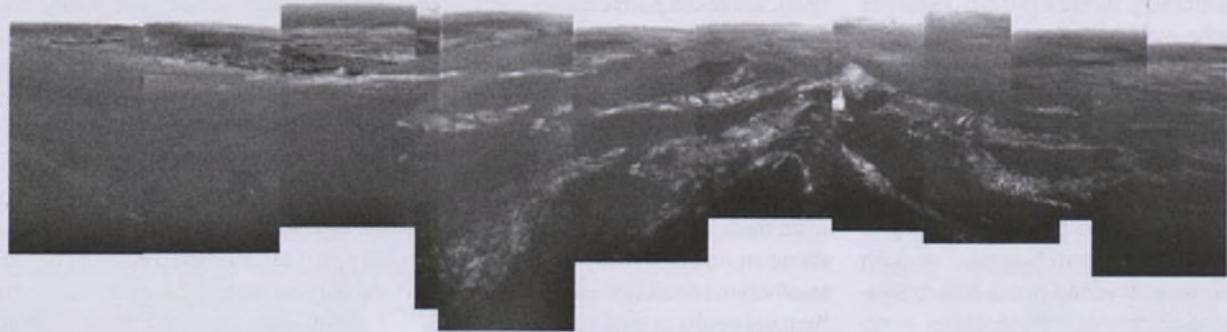
racki obraz powierzchni oraz atmosfery księżyca Tytana stworzył Stanisław Lem w rozdziale *Las Birnam* powieści *Fiasco* (Kraków 1987).

Z obserwacji fotoelektrycznych, potwierdzonych spostrzeżeniami uzyskanymi z HST i sondy Cassini, może wynikać, że oś rotacji Tytana jest nachylona do płaszczyzny jego orbity pod kątem mniej więcej 63°, a więc „pory roku” na tym księżycu miałyby podobny przebieg jak na Ziemi, z tym, iż zmieniałyby się co... cztery nasze doby.

Chociaż Tytan znajduje się już na granicy rozległej magnetosfery Saturna, to jednak oddziaływa z nią, podobnie jak wszystkie wewnętrzne sputniki tej planety. W okolicy orbity Tytana Voyager 1 odkrył chmurę neutralnego wodoru tworzącą wokół Saturna torus. Oprócz tego atmosfera Tytana może być źródłem plazmy zasilającej magnetosferę planety. Ponadto jonosfera Tytana działa jako twornik prądu elektrycznego, który przepływa pomiędzy tym księżycem a jego macierzystą planetą, mając natężenie około 3500 A.

Następny księżyc, Hyperion, jest niewielkim ciałem o wielce nieregularnych kształtach i średniej gęstości ponad 1000 kg/m³. Jego dłuższa oś, zwrócona ku Saturnowi, jest nachylona do płaszczyzny jego orbity pod kątem 45° (pod takim samym kątem jest również nachylona oś obrotu tego sputnika). Z tego powodu Hyperion wyróżnia się znaczną libracją fizyczną. Powierzchnię tego globu tworzy przypuszczalnie zbitý materiał skalny.

Średniej wielkości Iapetus, niewiele pod względem rozmiarów ustępujący Rei, obiega (niejako samotnie) Saturna ruchem prostym w znacznej już od nie-



Zdjęcia wykonane przez próbnik w czasie jego opadania na Tytan. Panorama obejmuje 360°. Widoczne po lewej stronie białe pasmo oddzielające ciemny i jasny obszar może być „mgłą” metanu czy oparami etanu. Gdy próbnik opadł, dryfował nad plateau (centralna część zdjęcia) i kierowany był w stronę miejsca planowanego lądowania (prawa strona). Prędkość wiatru wynosiła 6–7 m/s. Zdjęcia wykonano z wysokości 8 km z rozdzielcością 20 metrów na piksel. Fot. ESA/NASA/University of Arizona

go odległości, po orbicie eliptycznej nachylonej pod kątem 15° do płaszczyzny równika macierzystej planety. W ciągu jednego obiegu wokół Saturna jasność tego księżyca zmienia się prawie o dwie wielkości gwiazdowe (czyli niemal sześciokrotnie), co zaobserwował jeszcze jego odkrywca Gian Domenico Cassini. Założył on, całkiem słusznie, że jedna półkula Iapetusa jest ciemniejsza od drugiej. I rzeczywiście: kamery Voyagera I potwierdziły domysł Cassiniego. Jedna półkula jest znacznie ciemniejsza od drugiej, w dodatku owa ciemna hemisfera jest zawsze zwrócona w kierunku ruchu orbitalnego tego sputnika. Powstanie tej ogromnej, ciemnej plamy na powierzchni Iapetusa przypisuje się zderzeniu z jakimś innym ciałem kosmicznym bądź oddziaływaniem samego Saturna, albo też niezwykłej aktywności wewnętrznej tego księżyca. Co prawda ta ostatnia hipoteza nie daje odpowiedzi na pytanie, dlaczego akurat ta, zwrócona „do przodu”, półkula stała się tak ciemna. A może jednak Iapetus poruszał się kiedyś w jeszcze jednym, pyłowym pierścieniu, „zbierając” na przednią stronę ciemne cząstki materii, aż wreszcie pierścień przestał istnieć?

Na Iapetusie zaobserwowano również formacje przypominające czapy polarne oraz stwierdzono występowanie na jego powierzchni kraterów pometeorytowych. Dodajmy, że Iapetus porusza się w rezonansie orbitalno-orbitalnym 1:5 z Tytanem — największym i najmasywniejszym księżycem układu Saturna.

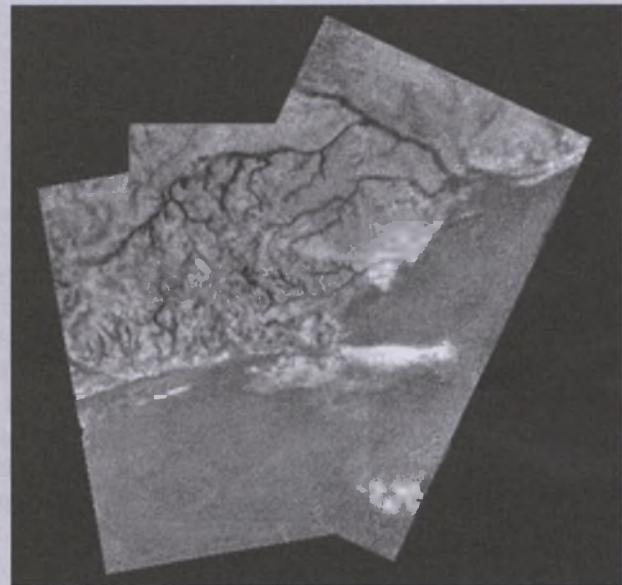
Najbardziej odległa i najmniejsza z dawno odkrytych satelitów Saturna, Phoebe, obiega macierzystą planetę ruchem wstecznym po bardzo ekscentrycznej orbicie, której płaszczyzna jest znacznie nachylona do płaszczyzny równika planety. Okres obiegu księżyca Phoebe wokół Saturna wynosi niemal dokładnie półtora roku ziemskiego (!), natomiast okres ruchu obrotowego tego sputnika wynosi niespełna... 10 godz., czyli nie został on zsynchronizowany z okresem ruchu orbitalnego. Uważa się zatem, że Phoebe nie jest genetycznie związana z układem Saturna i stanowi ciało przechwycone przez pole grawitacyjne tej planety. Najczęściej przypuszcza się, że Phoebe może być schwytaną ogromną... kometą, która, długo przebywając w systemie tej planety, utraciła otoczkę gazową (podobnie jak

Chiron), upodobniając się do pozostałych księżyców Saturna.

Pomimo niewielkich rozmiarów Phoebe ma kształt kulisty, zaś albedo jej powierzchni jest bardzo małe — wynosi zaledwie 0,05. Stąd też wzięło się przypuszczenie, iż „dostawcą” pyłu, który pokrył „przednią” półkulę sąsiadnego Iapetusa, była właśnie Phoebe w okresie swojej ewentualnej aktywności komettarnej. Jednak i ta hipoteza nie wyjaśnia wszystkich osobliwości ciemnej półkuli Iapetusa.

Okazało się, że między orbitą Iapetusa a Phoebe (blżej jednak tej ostatniej) biegną dwa minisatelity: Kiviuq i Ijiraq po dość ekscentrycznych orbitach, znacznie nachylonych do płaszczyzny równika macierzystej planety. Natomiast za orbitą Phoebe krąży aż dziesięć niewielkich, nowo odkrytych księżyców, lecz, jeśli można się tak wyrazić, nie ma jakby wśród nich porządku. Pierwszy z tych zewnętrznych satelitów, Paaliaq, biegnie wokół Saturna ruchem prostym po silnie ekscentrycznej orbicie, znacznie nachylonej do płaszczyzny równika planety. Natomiast drugi z nich — Skadi — obiega swą (?) planetę ruchem wstecznym! Następna grupa, złożona z czterech minisatelitów, znowu krąży wokół Saturna ruchem prostym, ale także po bardzo ekscentrycznych orbitach i dość nachylonych do płaszczyzny równika planety.

Wreszcie ostatnia grupa, złożona z pięciu wręcz już prawie mikrosatelitów, biegnie wokół planety ruchem wstecznym, po orbitach o bardzo różnych mimośrodach. Jeżeli Phoebe uważa się za przechwycony przez tę planetę-olbrzyma obiekt (planetoidę?), to tym bardziej trzeba to stwierdzić w przypadku nowo odkrytych satelitów, zwłaszcza tych biegnących ruchem wstecznym. Największy z nich jest najdalej (jak dotąd) księżyca Ymir.



Obraz powierzchni Tytana uzyskany przez sondę kosmiczną Huygens w czasie opadania na ten księżyc z wysokości ok. 150 km. Widzimy krajobraz bardzo podobny do tworów na powierzchni Ziemi: wijące się poprzez pagórkowaty teren koryta „rzek”, które wpadają do „morza”, którego brzeg jest pieknie zarysowany. Oczywiście cieczą płynącą (kiedyś) w tych rzekach nie może być woda (temperatura -170°C .), ale np. metan. Rzeki i jeziora (morza) Tytana obecnie są suche. Fot. NASA/JPL, Pasadena

Obecnie układ Saturna bada sonda Cassini i dzięki temu uzyskamy pełniejsze dane zarówno o planecie, jak i o jej pierścieniach i księżycach. Co więcej, odłączył się od niej próbnik Huygens, który wyładował na powierzchni Tytana w rejonie domniemanego lodolądu, czyli owej Amerktydy.

Ponieważ Saturn jest gazowym olbrzymem oraz naprawdopodobniej nie ma zdefiniowanej stałej powierzchni, to będzie badany tylko za pomocą automatycznych sond-próbniów, na przykład jak Cassini. Jeśli kiedykolwiek dotrze do układu Saturna wyprawa załogowa, co nastąpi, być może, już w tym tysiącleciu, to jako miejsce lądowania astronauci wybiorą któryś z księżyców. Przypuśćmy, że będzie to Rhea. Stojąc na jej powierzchni, astronauci będą mogli podziwiać nigdzie wcześniej nie spotykane nieziemsko niebiańskie widoki. Na niebie Rhei będą dominowały dwa obiekty: małe, ale ciągle jeszcze jasne Słońce mające z odległości 1 427 000 000 km wygląd niewielkiej tarczki o rozmiarach 4 minut łuku oraz jasność -22 wielkości gwiazdowej; natomiast drugim obiektem będzie ogromna, barwna tarcza Saturna przepasana wąskimi pierścieniami i mająca średnicę kątową aż 13° oraz jasność obserwowaną $-16,5$ wielkości gwiazdowej. Sąsiedni, zewnętrzny względem Rhei, Tytan może osiągać maksymalną jas-

ność -8^m , mając wtedy rozmiary kątowe $27'$ (czyli niemal takie, jak Księżyc na naszym niebie) oraz wyróżniający się pomarańczową barwą. Bliska, biegąca wewnątrz orbity Rei, Dione może osiągnąć w sprzyjających warunkach średnicę widomą $26'$ i jasność w pełni $-9,3$ wielkości gwiazdowej. Dalsza Tethys będzie wyglądała (podczas pełni) jako obiekt o rozmiarach kątowych $16'$ i jasności -8^m , podobnie jak Tytan. Jeszcze dalszy Enceladus będzie mógł osiągać obserwowane rozmiary równe $6'$ oraz maksymalną jasność $-6,5$ wielkości gwiazdowej. Mimas dla obserwatora-astronauty na Rhei będzie tylko, podczas pełni, maleńką tarczką o średnicy kątowej $4'$ (tak jak dalekie Słońce) i $-5,7$ wielkości gwiazdowej; natomiast w pozostałych fazach będzie właściwie widoczny jako zmieniający jasność (aż do niewidoczności) obiekt punktowy. Hyperion i Iapetus będą widoczni z Rhei jako obiekty punktowe zmieniające swoją jasność w zależności od konfiguracji, czyli wzajemnego położenia.

Ponieważ większość klasycznych księżyców Saturna krąży niemal w płaszczyźnie jego równika (a zarazem pierścieni), to często będą się zdarzały dla ewentualnego obserwatora ich wzajemne zakrycia, zaćmienia, przejścia przed tarczą Saturna, jak również zakrycia i zaćmienia przez tę planetę. A co kilka dni astronauta obserwator na Rhei będzie mógł podziwiać zaćmienie (zakrycie) Słońca przez dysk Saturna otoczony światlistą aureolą, gdyż górne, półprzezroczyste warstwy atmosfery tej planety będą załamywały promienie słoneczne.

Jeszcze bardziej interesująco wygląda Saturn, jego pierścienie i większe księżyce tej planety z odległego Iapetu-

sa (niewiele tylko mniejszego od Rhei), którego ciekawa morfologia powierzchni skłoni zapewne astronautom do wylądowania na nim. Saturn z tego satelity będzie widoczny jako dysk o rozmiarach kątowych wynoszących 2^o i o jasności w pełni $-12,5$ wielkości gwiazdowej (tyle niemal, ile ma

nasz Księżyc w pełni). Słońce na Iapetusie świeci — od wschodu do zachodu — przez około 40 dni, po czym zapada równie dłużna noc, która na półkuli odwróconej od Saturna mogą rozjaśnić niekiedy (tylko wieczorem lub przed świtem) inne księżyce tego układu. Jedynie Phoebe może być widoczna przez całą noc, ale osiąga ona w pełni zaledwie piątą wielkość gwiazdową, świecąc jako obiekt punktowy. Czasem będzie można zobaczyć też Urana jako obiekt punktowy czwartej wielkości gwiazdowej. A zatem niebo na odwrotnej stronie Iapetusa rozjaśnią tylko te same gwiazdozbiory, które widzimy na naszym nocnym niebie. Jednak widok nieba będzie się zmieniał bardzo wolno, w okresie 30 lat (nie licząc „szybkich” zmian z okresem 80 dni). Co prawda z powodu braku atmosfery gwiazdy będą widoczne również z dziennej półkuli Iapetusa.

Z półkuli zwrotnej ku Saturnowi znakomicie będzie można podziwiać cały system pierścieni, ponieważ płaszczyzna orbity Iapetusa jest dość znacz-

nie (ponad $7,5^o$) nachylona do ich płaszczyzny. Najpierw, kiedy księżyc ten jest najbardziej oddalony od węzłów jego orbity i znajduje się nad płaszczyzną równika planety, obserwator zobaczy rozwinięte pierścienie oświetlone wprost przez Słońce. Kiedy Iapetus znajdzie się w węźle zstępującym orbity, pierścienie nieomal znikną, ukazując



Duży krater uderzeniowy na powierzchni Tytana, widoczny na obrazie radarowym. Nawet klasyczne kamery obrazujące powierzchnię satelity pozwoliły zidentyfikować ten twór o średnicy 440 km. To zdjęcie uzyskano 15 lutego br. w czasie drugiego sondowania powierzchni Tytana z użyciem radaru. Widoczne są poziome linie w miejscu składania mozaiki pojedynczych obrazów. (Fot. NASA/JPL)

zaledwie wąską krawędź. Po przejściu przez węzeł obserwator zobaczy drugą stronę pierścieni. I znowu znikną one, kiedy Iapetus osiągnie węzeł wstępujący, by następnie rozwinać się ponownie. Ten cykl trwa 80 dni.

Na niebie Iapetusa bliski Hyperion świeci podczas swej pełni jako punktowy obiekt pierwszej wielkości i dość szybko zmienia swoją jasność, nie tylko z powodu zmiany faz, odległości, ale również ze względu na swój nieregularny kształt. Dalszy zaś Tytan osiąga w pełni na niebie Iapetusa największą jasność -6^m i rozmiary kątowe około $8'$, świecąc jako niemal gładki pomarańczowy dysk. Rhea na niebie Iapetusa osiąga maksymalną jasność zaledwie -3^m , właściwie świecąc punktowo. Pozostałe księżyce również świeczą na niebie Iapetusa jako jasne gwiazdy minus pierwszej wielkości, zmieniając jednak okresowo swoją jasność (podobnie zresztą jak Tytan i Rhea). Dodajmy, że średnia gęstość Iapetusa wynosi 1210 kg/m^3 .

Wydaje się, że widoki na niebie księżyców Saturna — a zwłaszcza jego miotliwe pierścienie — należą do chyba najbardziej fascynujących w Układzie Słonecznym w porównaniu z podobnymi widokami na księżyccach innych planet i dlatego też poświęciliśmy tym zdziwiającym fenomenom tak wiele uwagi.



Obraz radarowy powierzchni Tytana otrzymany 26 października ub. roku w trakcie jej pierwszego sondowania z odległości 2500 km. (Fot. NASA/JPL)

Dr hab. T. Zbigniew Dworak jest prof. nadzw. AGH w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie. Zajmuje się ponadto środowiskami planet i ich księżyków, gwiazdami zaćmieniowymi i historią astronomii

Pocztówka z Tytana

14 stycznia próbnik Huygens wylądował na największym księżyco Saturna — Tytanie, jedynym księżyco w Układzie Słonecznym, który posiada atmosferę. Jest to pierwszy próbnik, który wylądował na tak odległym od Ziemi lądzie.

W październiku 1997 r. z przylądka Canaveral na Florydzie wystartowała sonda Cassini wraz z umocowanym do niej próbnikiem Huygens. Po niemal 7 latach podróży w lipcu 2004 r. sonda dotarła w pobliże Saturna. 25 grudnia 2004 r. próbnik Huygens oderwał się od swojego macierzystego statku i po następnych 20 dniach samodzielnej podróży, w czasie której przemierzył 4 mln km, 14 stycznia 2005 r. o 11:13 naszego czasu dotarł do zewnętrznych warstw grubej atmosfery Tytana. Rozpoczął opadanie na księżyc z wysokości 1270 km. W ciągu 3 min wytracił prędkość z 18 000 do 1400 km/h. Następnie spadochrony spowolniły spadek do około 300 km/h. Na wysokości 160 km nad powierzchnią księżyca instrumenty próbnika rozpoczęły badanie atmosfery Tytana. Na wysokości 120 km dzielącej go od powierzchni rozwinał się kolejny, mniejszy spadochron. Zbliżał się moment zetknięcia z Tytanem. Na wysokości 700 m włączyły się lampy oświetlające powierzchnię. Wbrew przewidywaniom działały one jeszcze ponad godzinę po lądowaniu próbnika, gdy sonda Cassini skryła się już za horyzontem Tytana. Lądownik opadł na powierzchnię księżyca po 2,5 godz. od momentu rozpoczęcia schodzenia z prędkością 16 km/h. Penetrometr umieszczony na spodzie próbnika zagłębił się 15 cm w głąb zamazniętej gleby. Biorąc pod uwagę siłę uderzenia i ślady, jakie zostawił próbnik po upadku, materiał, na jakim osiadł lądownik przypomina w konsystencji mokry piasek lub glinę.

4 min po wylądowaniu próbnik rozpoczął transmisję danych naukowych i telemetrycznych na falach radiowych w kierunku orbitera, póki ten znajdował się nad horyzontem. Sonda Cassini po ich odebraniu odwracała się w stronę Ziemi, wzmacniała sygnał radiowy i wysyłała go w naszą stronę. Na Ziemi dane z sondy były odbierane przez Deep Space Network (ogólnosłowową sieć radioteleskopów), a następnie przekazywane do Europejskiego Centrum Misji w Darmstadt (Niemcy). Fala elektromagnetyczna leci z Saturna ponad godzinę, dlatego Centrum Kontroli Misji tak w Stanach Zjednoczonych, jak i w Eu-

ropie nie wiedziało, co w danej chwili dzieje się z próbnikiem. Pierwsze dane przekazane przez orbiter dotarły do Darmstadt o 17:19 naszego czasu.

Pierwszy sygnał potwierdzający sprawność próbnika dotarł do Ziemi o 11:25 naszego czasu, kiedy teleskop Green Bank w Zachodniej Wirginii (USA) odebrał słaby, ale pochodzący z pewnością od lądownika sygnał radiowy. Był to sygnał podobny do tego, który słyszemy w telefonie, nie niósł ze sobą żadnych naukowych danych, a jedynie informację, że próbnik jest sprawny. Orbiter odbierał sygnały z próbnika przez godzinę i 12 min, następnie zaszedł za horyzont. Mimo to jeszcze przez kilkańście godzin naziemne teleskopy odbierały sygnały z lądownika Huygens.

Nie wszystko przebiegło idealnie. W wyniku błędu człowieka wadliwe oprogramowanie spowodowało utratę połowy obrazów wykonanych przez próbnik w czasie jego schodzenia na powierzchnię Tytana. Mamy 350 zdjęć dzięki wysokiej jakości danym z instrumentów

próbnika i, niespodziewanie, z pomiarów naziemnych radioteleskopów. Zdjęcia te powinny w zadowalający sposób wypełnić wszystkie główne cele misji. Dane z próbnika będą poddane dalszej analizie. Sieć 18 naziemnych radioteleskopów próbowała monitorować sygnał przesyłany z próbnika Huygens do orbitera Cassini. Dzięki temu udało się odzyskać część utraconych danych dotyczących m.in. pomiaru wiatru.

Lądownik Huygens próbował atmosferę Tytana w czasie opadania na księżyc. Próbnik wykonywał serię zdjęć przy pomocy kamery DISR (Descent Imager/Spectral Radiometer). Dane zebrał również Huygens Atmospheric Structure Instrument (HASI) wyposażony w czujniki akustyczne. Wydaje się, że jasne części są wzniesieniami, obszary ciemne to gładka, być może zamrożona gleba nasycona etanem lub metanem. Nie wiemy jeszcze, czy substancje te istnieją na Tytanie w stanie płynnym. Wiatr wiał z prędkością około 26 km/h na wysokość 10–20 km nad powierzchnią. Mikrofon zanotował nawet podmuchy wiatru. Instrumenty na pokładzie odnotowały opary metanu na wysokości 17–20 km nad powierzchnią. Zawartość metanu wzrastała wraz z malejącą wysokością. Gdy próbnik zaczął opadać, zanotował temperaturę 70,5 K ($-202,6^{\circ}\text{C}$), zaś temperatura na powierzchni wynosiła 93,8 K ($-182,3^{\circ}\text{C}$).

Wielka półosoba orbity Tytana wynosi 1221830 km, okres orbitalny 15,945 dni, masa jest równa $1,35 \times 10^{23}$ kg. Jest to jeden z największych księżyco w Układzie Słonecznym. Posiada gęstą atmosferę złożoną głównie z azotu, argonu i metanu. W jego atmosferze tworzą się gęste chmury. Powierzchnia Tytana może zawierać wiele substancji chemicznych, które kiedyś występowały na Ziemi. W połączeniu z danymi z orbitera Cassini powinniśmy odsłonić kilka tajemnic skrywanych w atmosferze Tytana.

Misja Cassini — Huygens przygotowała wspólnie NASA, ESA i Włoska Agencja Kosmiczna (ASI). Na pokładzie próbnika znajduje się czujnik do pomiaru temperatury skonstruowany w Centrum Badań Kosmicznych (CBK) PAN. Misja orbitera trwać będzie 4 lata i obejmie 70 okrążeń wokół planety, podczas których pokładowe instrumenty będą badać Saturna, jego pierścienie i 30 znanych księżyco. Analiza danych z misji Cassini-Huygens może okazać się cennym wkładem do teorii formowania planet.

Karolina Zawada



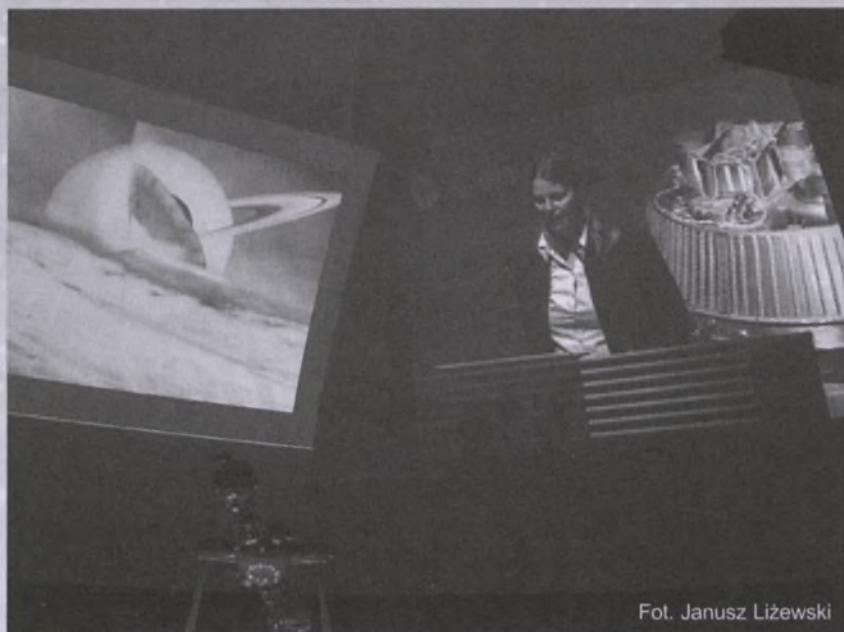
Obraz Tytana przekazany przez próbnik Huygens po obróbce fotograficznej. Początkowo myślano, że to skały lub bloki lodu, wydaje się, że są to raczej kamienie o rozmiarach kilku-, kilkunastu cm. Powierzchnia jest ciemniejsza niż przednio myślano, jest mieszanką lodu wodnego i zestałonego węglowodoru. Ślady erozji wskazują na możliwą działalność wody.

Fot. ESA/NASA/University of Arizona

Lądownie na Tytanie w OPIOA

14 stycznia br., z okazji lądowania próbnika Huygens na Tytanie, Olsztyńskie Planetarium zorganizowało dla mieszkańców miasta wieczór „Lądownie na Tytanie” poświęcony nie tylko temu wydarzeniu, ale także samemu Saturnowi i jego księżycu. Przytaczano to tak wiele osób, że dla wszystkich zainteresowanych zabrakło miejsca pod kopułą.

Na początku spotkania wyświetlono oficjalny film agencji kosmicznych NASA i ESA prezentujący misję Cassini-Huygens. Ok. 17:30 pod kopułą pojawił się obraz z kanału telewizyjnego ESA i zgromadzeni mieszkańcy mogli wysuchać pierwszej konferencji prasowej (tłumaczonej na polski), na której obwieszczono sukces misji Huygensa. Następnie pracownicy OPIOA przedstawili kilka prezentacji: o życiu i badaniach Christiana Huygensa i Giana Domenico Cassiniego, historii odkrywania Saturna, jego pierścieni i satelitów; o budowie Saturna i Tytana; o współczesnej



Fot. Janusz Liżewski

wiedzy o systemie pierścieni i księżyców Saturna. Odpowiadali na pytania widzów. Najwytrwalsi uczestnicy wieczoru doczekali do godz. 20:45, kiedy wreszcie zaprezentowano pierwsze obrazy z Tytana.

Joanna Drążkowska

Galaktyka pełna fajerwerków

Na zdjęciu uzyskanym w sierpniu ub. roku w obserwatorium Gemini na Hawajach możemy podziwiać NGC 6946 —

galaktykę spiralną położoną w konstelacji Cefeusza i odległą o 10–20 mln l.s. Zdjęcie przedstawia centralny jej obszar, o rozmiarach 6'. W świetle widzialnym galaktyka ta osiąga rozmiary dwukrotnie większe, zaś na falach radiowych, w linii wodoru neutralnego, jej kątowa średnica przekracza pół stopnia.

Choć dwukrotnie mniej masywna od Drogi Mlecznej, galaktyka ta jest znana jako rekordzińska, jeśli chodzi o częstotliwość wybuchów gwiazd supernowych — w ciągu ostatniego stulecia zdarzyło się ich osiem (w latach 1917, 1939, 1948, 1968, 1969, 1980, 2002 i 2004). Nie bardzo wiadomo, jaką jest przyczyną tak gwałtownego procesu powstawania masywnych gwiazd, jaki się w niej obserwuje — zwykle tego typu zjawisko towarzyszy zbliżeniom czy wręcz zderzeniom galaktyk, tymczasem NGC 6946 wydaje się raczej odosobnionym w przestrzeni obiektem.

Zdjęcie uzyskano w 4 wąskich filtrach — niebieskim, zielonym, żółtym i czerwonym ($H\alpha$). (kr)



Głębokie przeglądy nieba w promieniach X za pomocą teleskopu Chandra

Opisano najnowsze odkrycia dokonane za pomocą obserwatorium rentgenowskiego Chandra. Na uwagę zasługują zwłaszcza fascynujące wyniki otrzymane na podstawie głębokich przeglądów galaktycznych i pozagalaktycznych. Obrazy odległego Wszechświata, najbliższe otoczenie supermasywnej czarnej dziury w centrum Drogi Mlecznej, obszary, w których rodzą się nowe gwiazdy, pozostałości po gwiazdach, które już dawno umarły i zagadkowe źródła, których natury nikt jeszcze nie rozumie — to wszystko możemy obserwować dzięki obserwatoriom rentgenowskim nowej generacji

Wstęp

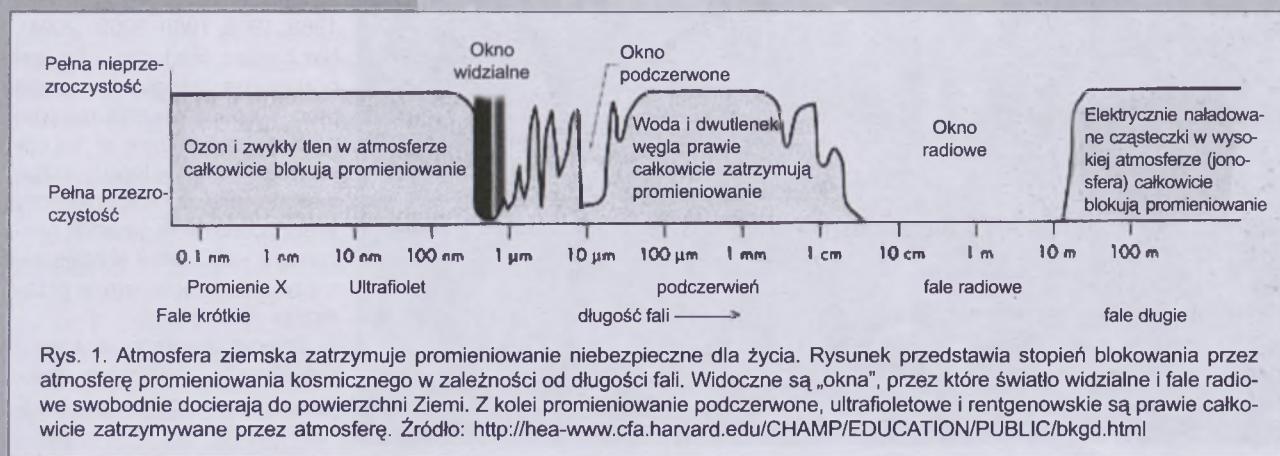
Podstawą uprawiania astronomii od zawsze były obserwacje. W starożytności na podstawie obserwacji najprostszym dostępnym wtedy instrumentem — okiem — opracowano klasyfikację gwiazd widocznych na niebie i przypisano im liczby (wielkości gwiazdowe) według zasady: im jaśniejsza gwiazda, tym mniejsza wielkość gwiazdowa. Ten podział obowiązuje do dziś. Na przykład Syriuszowi przypisuje się liczbę -1,5, Księżycowi w pełni -12,7, a Gwieździe Polarnej +2.

Starożytni Egipcjanie już w 3000 r. p.n.e. na podstawie obserwacji astronomicznych wprowadzili 365-dniowy kalendarz. Na przełomie XVIII i XVII w. p.n.e. Babilończycy prowadzili niezwykle skrupulatne zapiski dotyczące położenia

żnia Wenus. Przez wiele stuleci astronomowie starożytni i średniowieczni próbowali stworzyć model Wszechświata, obserwując ruchy planet.

W latach 1609–1610 nastąpił prawdziwy przełom w dziedzinie obserwacji optycznych: Galileusz, posługując się lunetą, zobaczył góry na Księżyku, plamy na Słońcu, fazy Wenus, gwiazdy tworzące Drogę Mleczną i cztery księżyce Jowisza.

Obserwacje w zakresie światła widzialnego są oczywiście najłatwiejsze. Jednak astronomom to nie wystarcza i pragną badać niebo także w innych zakresach widma elektromagnetycznego. Przeszkodą jest tu jednak otaczająca Ziemię atmosfera, która blokuje promieniowanie szkodliwe dla życia (patrzrys. 1). Promienie podczerwone, ultra-



Rys. 1. Atmosfera ziemska zatrzymuje promieniowanie niebezpieczne dla życia. Rysunek przedstawia stopień blokowania przez atmosferę promieniowania kosmicznego w zależności od długości fali. Widoczne są „okna”, przez które światło widzialne i fale radioowe swobodnie docierają do powierzchni Ziemi. Z kolei promieniowanie podczerwone, ultrafioletowe i rentgenowskie są prawie całkowicie zatrzymywane przez atmosferę. Źródło: <http://hea-www.cfa.harvard.edu/CHAMP/EDUCATION/PUBLIC/bkgd.html>

fioletowe i rentgenowskie są prawie całkowicie zatrzymywane przez atmosferę. Do powierzchni Ziemi docierają fale radiowe, światło widzialne i część promieniowania podczerwonego. To właśnie dlatego najlepszą lokalizacją dla teleskopów naziemnych w zakresie podczerwonym są szczyty gór na obszarze o suchym klimacie.

„Dwa oblicza” promieniowania UV uczeni znali już na początku ubiegłego stulecia (w małych ilościach przyczynia się ono do produkcji witaminy D w organizmie, w dużych dawkach może spowodować oparzenia i raka skóry). Zmierzenie całoci strumienia UV promieniowanego przez Słońce i inne gwiazdy było celem uczonych, którzy w 1949 r. zainicjowali badania za pomocą detektorów wynoszonych w górne warstwy atmosfery na rakietach. Eksperyment zaowocował sukcesem w postaci nie tylko zarejestrowania słonecznych fotonów ultrafioletowych, ale także promieniowania rentgenowskiego ze Słońca (promieniowanie rentgenowskie, X, znane było od 1895 r., czyli od czasu eksperymentów Wilhelma Roentgena z tubami próżniowymi). W 1962 r., podczas jednego z kolejnych lotów rakietowych, Giacconi (laureat Nagrody Nobla w 2002 r. za pionierskie prace z dziedziny astronomii rentgenowskiej; patrz „Urania”, nr 1/2003) i jego współpracownicy zaobserwowali niezwykle silne promieniowanie rentgenowskie z obiektu położonego poza Układem Słonecznym, Sco X-1, które do tej pory pozostaje jednym z najważniejszych i najbardziej interesujących źródeł promieniowania X. Co więcej, dane wykazały w przybliżeniu stałą emisję pochodząą ze wszystkich kierunków, czyli rentgenowskie promieniowanie tła (poźniej naukowcy odkryli też inne składniki kosmicznego promieniowania tła, między innymi słynne promieniowanie mikrofalowe; patrz rys. 2).

Odkrycie tajemniczych promieni rentgenowskich emitowanych przez obiekty kosmiczne tak zaintrygowało astronomów, że zapragnęli mieć obserwatorium z prawdziwego zdarzenia. Rozpoczęła się era satelitów rentgenowskich...

Obserwacje głębokich pól za pomocą Chandra

Od lipca 1999 r. na orbicie Ziemi znajduje się nowoczesny satelita rent-

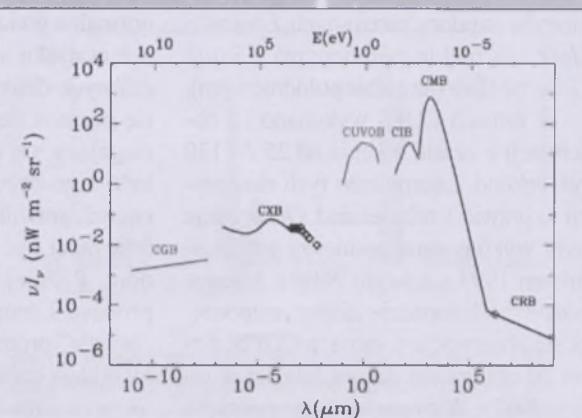
genowski, Chandra. Szczegółowo o Chandrze pisał Krzysztof Czart w numerze 5/2002, przypomnimy więc tylko w skrócie najważniejsze zalety tego instrumentu.

Satelita został wyposażony w doskonałej jakości kamery (HRC) służącą do wykonywania szczegółowych obrazów (np. pozostałości po wybuchających gwiazdach, odległych galaktyk i gromad galaktyk) oraz

do identyfikowania bardzo słabych źródeł. Instrument ten w połączeniu z niezwykle gładkimi lustrami Chandry pozwala na dojrzenie szczegółów mniejszych niż pół sekundy łuku, co można porównać ze zdolnością do czytania gazety umieszczonej w odległości 800 m. Dzięki HRC możemy otrzymywać obrazy rentgenowskie o rozdzielcości 50 razy lepszej niż dotychczas za pomocą kamery na wyposażeniu ROSAT-a. Instrument ACIS może wykonywać obrazy i jednocześnie mierzyć energię fotonów rentgenowskich, dzięki temu można go używać np. do analizy źródeł rozciągłych. Spektrometry HETG i LETG są natomiast wykorzystywane do szczegółowego

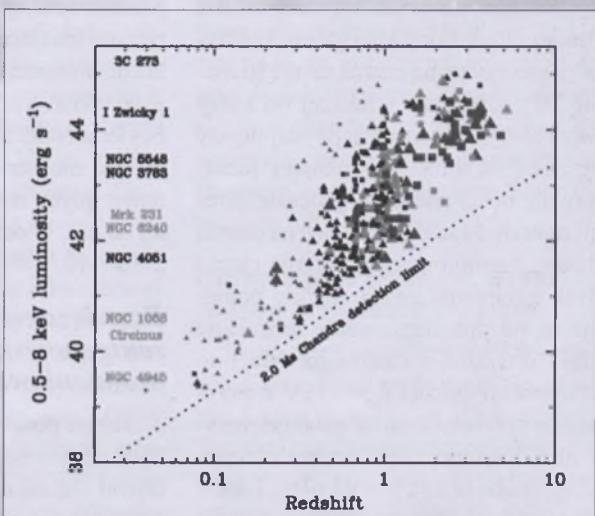
badania widm energetycznych. Poszczególne linie emisyjne i absorpcyjne mogą być zidentyfikowane z dużą dokładnością, co z kolei pozwala na określenie temperatury, stopnia jonizacji czy też składu chemicznego obserwowanej materii.

Jednym z najważniejszych i najbardziej owocnych projektów rentgenowskich ostatnich lat były dwie serie obserwacji w zakresie 0,5–8 keV tak zwanych głębokich pól na niebie północ-



Rys. 2. Kosmiczne promieniowanie tła. Od prawej: radio-promieniowanie tła (CRB), najsilniejsze mikrofalowe promieniowanie tła (CMB), promieniowanie tła w podczerwieni (CIB), ultrafioletowe i optyczne (CUVOB), rentgenowskie promieniowanie tła odkryte przez Giacconiego (CXB) i promieniowanie tła w zakresie gamma (CGB). Źródło: Hauser i Dwek, astro-ph/0105539

nym i południowym: *Chandra Deep Field North* (CDFN) w Wielkiej Niedźwiedzicy i *Chandra Deep Field South* w gwiezdzbiorze Pieca (CDFS). Głębokimi polami nazywamy fragmenty nieba, w które teleskop wpatruje się przez wiele dni. W ten sposób instrument ma możliwość zarejestrowanie nawet niezwykle słabych i bardzo odległych obiektów. Kierunki obserwacji Chandry wybrano tak, aby zminimalizować wpływ absorpcji promieniowania rentgenowskiego (zwłaszcza w miękkim zakresie, poniżej 2 keV) przez obłoki neutralnego wodoru. Obserwatorium patrzyło więc w stronę dwóch regionów o bardzo niskiej gęstości kolumnowej



Rys. 3. Źródła zarejestrowane w ramach CDFN i CDFS, dla których wyznaczono przesunięcie ku czerwieni. Linia przerywana oznacza minimalną jasność źródeł, jakie mogłyby być zarejestrowane przez Chandrę w czasie obserwacji trwającej 2 Ms. Na rysunku zaznaczono też jasności niektórych lokalnych galaktyk. Źródło: Brandt i Hasinger, astroph/0501058

atomów wodoru nazwanych *Lockman Hole* (na niebie północnym) i *South Galactic Hole* (na niebie południowym).

W ramach CDFS wykonano 11 obserwacji o czasie trwania od 25 do 130 tys. sekund. Łączny czas tych ekspozycji to prawie 1 mln sekund. Obserwacje były wykonywane pomiędzy październikiem 1999 r. a lutym 2000 r. Miesiąc później, w listopadzie 1999 r., rozpoczęły się obserwacje w ramach CDFN. Seria 20 obserwacji zakończyła się w lutym 2002 r. W sumie ten fragment nieba północnego o rozmiarze 3/5 tarczy Księżyca w pełni obserwowany był przez prawie 2 mln sekund, czyli około 23 dni. Jest to najgłębszy, najbardziej czuły z wykonanych do tej pory przeglądów nieba w promieniach rentgenowskich. Rys. 4 przedstawia zdjęcie wykonane przez Chandrę w ramach CDFN. Ukaże ono ponad 500 źródeł promienowania rentgenowskiego, między innymi kilka gwiazd znajdujących się w naszej Galaktyce. W większości są to jednak tzw. galaktyki aktywne.

Ogromna większość emitowanej przez galaktyki aktywne energii pochodzi z jądra. Aktywne galaktyki są bardzo różnorodnymi obiektami: niektóre posiadają jedynie niezwykle jasne jądra, w innych jasne jądro wydaje się być otoczone przez normalną galaktykę (świeczącą głównie w wyniku procesów termojądrowych w tworzących ją gwiazdach), jeszcze inne wyrzucają z centrum wąskie strugi materii o relatywistycznych prędkościach, zwane dżetami. Jądro aktywnej galaktyki skrywa supermasywną czarną dziurę (o masie 10^6 – 10^9 razy większej od masy Słońca) — potężny i najwydajniejszy ze znanych silników, produkujący niesamowite ilości energii w procesie akrecji materii. Materia, spadając na czarną dziurę, formuje geometrycznie cienki dysk i zamienia swoją energię potencjalną na promieniowanie termiczne ciała doskonale czarnego. Ma ono temperaturę rzędu $kT_e \sim 10$ eV w przypadku aktywnych jąder galaktyk (czyli ultrafioletowa część widma elektromagnetycznego) i około 1 keV („miękkie” promieniowanie rentgenowskie) w przypadku galaktycznych układów podwójnych, w których również może zachodzić akrecja, jeśli jednym ze składników jest zwarty obiekt (czarna dziura o masie kilku mas Słońca lub gwiazda neutronowa) a drugim

normalna gwiazda. Oprócz promieniowania dysku akrecyjnego w widmach czarnych dziur pochłaniających materię pojawia się potęgowy „ogon” rozciągający się czasem nawet do setek keV. Jego obecność sugeruje, że część energii grawitacyjnej akrebowanej materii musi być przekazywana elektronom. Później w wyniku odwrotnego procesu Comptona produkowane są „twarde” promienie X: gorące elektryny oddają część energii „miękkim” fotonom z dysku.

To właśnie promieniowanie rentgenowskie wysyłane przez opadającą materię tuż przed jej zniknięciem pod horyzontem zdarzeń dostarczyło przekonującego dowodu na istnienie czarnych dziur. Przestały być one jedynie intrygującą możliwością przewidywaną przez teorię grawitacji Einsteina, a stały się jednym z głównych obiektów badań współczesnej astrofizyki. Jeśli założyć, że gęstość supermasywnych czarnych dziur w obserwacji CDFN jest typowa, całkowita liczba AGN-ów, jaką zarejestrowalibyśmy na całym niebie na tym poziomie czułości, wyniosłaby 300 mln! Najsłabsze z zarejestrowanych przez CDFN obiektów wyświetcają nie więcej niż jeden foton rentgenowski na 4 dni!

Rys. 3 zawiera wszystkie pozagalaktyczne obiekty znalezione w trakcie przeglądów CDFN i CDFS, dla których udało się określić przesunięcie ku czerwieni. Zaznaczono również graniczny poziom detekcji teleskopu podczas ekspozycji trwającej 2 mln sekund. Na wykresie umieszczono też niektóre lokalne galaktyki aktywne, np. typowe galaktyki Seyferta NGC 5548 i NGC 3783. Byłyby one zaobserwowane przez Chandrę, nawet gdyby znajdowały się o wiele dalej od nas, w odległości odpowiadającej $z = 5$ – 10 .

Rozwiążanie zagadki rentgenowskiego promieniowania tła

Już na podstawie danych dostarczonych przez satelitę ROSAT, który znajdował się na orbicie Ziemi w latach 1990–1999, astronomowie ustalili, że 70–80% „miękkiego” tła rentgenowskiego (0,5–2 keV) jest po prostu sumą emisji pochodzącej z dyskretnych źródeł, w większości (ponad 70%) z aktywnych jąder galaktyk.

Satelity ASCA (1993–2000) i Beppo-

SAX (1996–2002) badały „twardze” promieniowanie rentgenowskie niż ROSAT, o energiach pomiędzy 2 i 10 keV. Zdołały one przypisać 20–30% zaobserwowanego promieniowania tła pojedynczym źródłom, ale wciąż nie było wiadomo, jakie jest pochodzenie pozostałych 70–80%.

Zagadkę rozwiązały wreszcie obserwacje wykonane za pomocą Chandry. Udowodniono, że co najmniej 75% rentgenowskiego promieniowania tła w zakresie 2–10 keV pochodzi z dyskretnych źródeł. Obecnie wysiłki naukowców skupiają się już nie tyle na poszukiwaniach, skąd pochodzi rentgenowskie promieniowanie tła, ile na badaniach natury obiektów, które to promieniowanie emitują.

Niel Brandt z Pennsylvania State University (koordynator programu CDFN) i jego współpracownicy uważają, że źródła dające wkład do rentgenowskiego promieniowania tła można podzielić na kilka kategorii. Są wśród nich gwiazdy znajdujące się w naszej Galaktyce, normalne galaktyki, galaktyki aktywne i gromady galaktyk.

Wśród galaktyk aktywnych naukowcy wyróżniają obiekty (1) widoczne zarówno w zakresie optycznym, jak i rentgenowskim; (2) wyraźnie widoczne w optyce, ale niezbyt jasne w promieniach X; (3) bardzo słabo lub prawie wcale niewidoczne w optyce; (4) posiadające cechy AGN-ów w zakresie rentgenowskim, natomiast nie wykazujące charakterystycznych dla aktywnych galaktyk linii emisyjnych ani promieniowania dyskowego w zakresie optycznym; nadano im nazwę XBONG (od *X-ray Bright, Optically Normal Galaxies*). W grupie (2) prawdopodobnie znajdują się AGN-y, których aktywne jądro ukrywa się za obłokami materii absorbującą promieniowanie rentgenowskie, formującą być może pyłowy torus. Obiekty tego typu, ale o większym przesunięciu ku czerwieni, mogłyby tworzyć trzecią grupę. Z rys. 5 można odczytać, jaką energię powinien mieć foton rentgenowski, żeby nie ulec zniszczeniu w wyniku fotoabsorpcji i rozpraszania Comptona przez absorber o gęstości kolumnowej pomiędzy 10^{20} – 10^{24} cm $^{-2}$. Wynika z niego, że gęste absorbery z łatwością potrafią usunąć z promieniowania rentgenowskiego fotony o energiach poniżej 10 keV.

Śledzenie wielkoskalowych struktur we Wszechświecie

Uczniowie z zespołu zajmującego się projektem CDFS postanowili sporządzić histogram, który ilustrowałby rozkład przesunięć ku czerwieni zaobserwowanych przez nich obiektów. Okazało się, że rozkład ten ma dwa wyraźne maksima na $z = 0,67$ i $z = 0,73$ (patrz rys. 6) i kilka słabszych maksimów na $z = 1,04$, $1,62$ i $2,57$. Oznacza to, że źródła rentgenowskie grupują się, tworząc wielkoskalowe struktury. Struktury te mają rozmiar co najmniej 17 minut łuku, co dla przesunięcia ku czerwieni $z \sim 0,7$ odpowiada fizycznemu rozmiarowi nie mniejszemu niż $5-10$ Mpc. Wielkoskalowe struktury we Wszechświecie były już wcześniej obserwowane przez przeglądy na innych długościach fali (na przykład w paśmie K w ramach projektu K20 prowadzonego w latach 1999—2000 i badającego wycinek pola CDFS). Głębokie obserwacje Chandra stanowią jeden z pierwszych dowodów na podobne grupowanie się źródeł rentgenowskich we Wszechświecie.

Obserwacje odległego Wszechświata

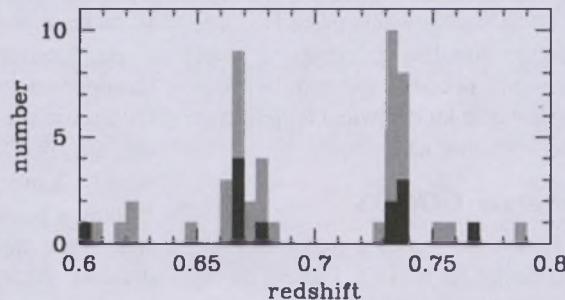
Na zdjęciach wykonanych w ramach CDFN i CDFS zidentyfikowano wiele bardzo odległych aktywnych jąder galaktyk, także takich o całkiem przeciętnej jasności. Przesunięcia ku czerwieni sięgają nawet $z = 6$, co oznacza, że foto-

ny, które zarejestrowano, potrzebował 12 mld lat, żeby do nas dotrzeć. W momencie emisji Wszechświat miał zaledwie 7% swego obecnego wieku! Głębokie obserwacje pozwalają na badanie i porównywanie mechanizmu akrecji materii na supermasywne czarne dziury w różnych epokach kosmologicznych. W tym celu naukowcy badają zależności dwóch parametrów, charakteryzujących szerokopasmowe widma AGN-ów, od przesunięcia ku czerwieni. Są to: wykładek funkcji potęgowej, jaką w przybliżeniu opisuje się „twarde” promieniowanie rentgenowskie, α_x , i stosunek strumienia w zakresie rentgenowskim do strumienia w zakresie optycznym, F_x/F_{opt} .

Po przedbadaniu aktywnych galaktyk obserwowanych przez Chandrę o przesunięciu ku czerwieni pomiędzy 0 (chwila obecna) i 6, okazało się, że widma rentgenowskie bliskich i odległych galaktyk aktywnych są do siebie bardzo podobne. Sugeruje to, że supermasywne czarne dziury w aktywnych galaktykach musiały uformować się stosunkowo wcześnie w historii Wszechświata, a mianowicie mniej niż 1 mld lat po Wielkim Wybuchu. Sposób, w jaki produkują promieniowanie rentgenowskie, nie zmienia się w czasie. Daniel Schwartz i Shanal Virani z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, którzy badali kwazar o przesunięciu ku czerwieni równym $z = 5,99$, uważają, że aby odpowiedzieć na pytanie, czy i w jaki sposób AGN-y ewoluują w czasie, należy badać jeszcze odleglejsze rejony Wszechświata.

Zagadkowa linia emisyjna

Wśród obiektów zarejestrowanych przez

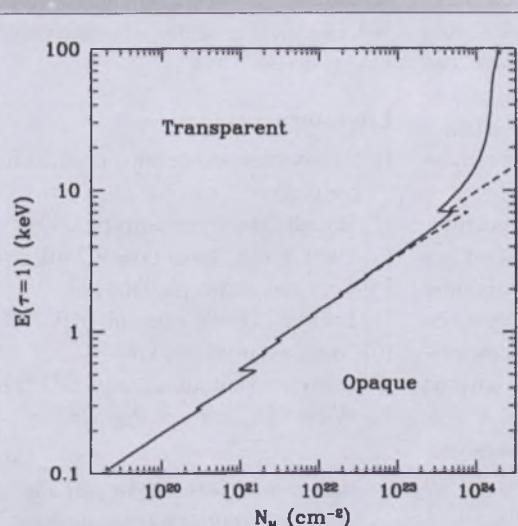


Rys. 6. Rozkład przesunięć ku czerwieni AGN-ów z CDFS dla $z = 0,6-0,8$. Widoczne są dwa wyraźne maksima sugerujące istnienie wielkoskalowych struktur we Wszechświecie w odległości odpowiadającej tym przesunięciom ku czerwieni. Źródło: Gilli et al. astro-ph/0304177

CDFS znajduje się niezwykle jasna galaktyka aktywna o przesunięciu ku czerwieni $z = 1,617$. W widmie tego źródła zidentyfikowano zagadkową linię emisyjną na energii około 16 keV i o szerokości równoważnej 11,5 keV (energie są podane w układzie spoczynkowym źródła). Autorzy odkrycia sugerują, że jest to linia fluorescencyjna z atomów żelaza, ale przesunięta w energii (zwykle fluorescencyjna linia żelaza występuje w widmach akrencyjnych zwartych obiektów na energiach pomiędzy 6,4—6,9 keV, w zależności od stopnia jonizacji) w wyniku efektu Dopplera. Oznacza to, że materia, z której pochodzą te fotony, przybliżała się do nas. Co więcej, prędkość tego ruchu musiała wynosić 60—70% prędkości światła. Mielibyśmy tu więc do czynienia z pośrednim dowodem na istnienie relatywistycznego wypływu z aktywnego jądra galaktyki. Dodatkowo, niespotkanie duża szerokość linii wskazuje na to, że wypływ następował z obszarów bliskich centrum. Podobne doniesienia o przesuniętej linii żelaza ku wyższym energiom w wyniku efektu Dopplera pojawiły się uprzednio w literaturze tylko dwa razy.

Odległa galaktyka, w której rodzą się gwiazdy

Co ciekawe, także brak obiektu w głębokiej obserwacji rentgenowskiej może być istotną wskazówką dla uczonych. Tak stało się w przypadku galaktyki obserwowanej za pomocą kosmicznego teleskopu Hubble'a, której współrzędne wskazują na położenie w rejonie CDFS. Nie udało się jej jednak odnaleźć na obrazach z Chandra. Ten fakt oraz obecność silnej linii emisyjnej na 8245 Å o szerokości połówkowej zbyt małej, żeby sugerować AGN, są według auto-



Rys. 5. Energia w funkcji gęstości kolumnowej materii absorbiującej promieniowanie rentgenowskie w wyniku tylko fotoabsorpcji (linia przerywana) lub fotoabsorpcji i rozpraszania Comptona (linia ciągła). Tylko fotony o energiach z obszaru powyżej krzywej dotrą do obserwatora. Źródło: Matt 2002, astro-ph/0205164

rów odkrycia wystarczającymi dowodami na zaobserwowanie przez HST najbliższej normalnej galaktyki, w której zachodzą procesy gwiazdotwórcze. Przesunięcie ku czerwieni tej galaktyki szacowane jest na $z = 5,78$.

Program GOODS

Pola obserwowane przez Chandrę w ramach CDFN i CDFS należą do najlepiej zbadanych fragmentów nieba. W ich kierunku, oprócz Chandry, patrzyły także europejskie obserwatorium rentgenowskie XMM-Newton, optyczny kosmiczny teleskop Hubble'a i wiele teleskopów naziemnych.

Porównując rentgenowskie obrazy z Chandry ze zdjęciami w zakresie widzialnym z teleskopu Hubble'a, astronomowie dokonali fascynującego odkrycia. Zaobserwowali promieniowanie rentgenowskie z aktywnych galaktyk, które nie posiadają odpowiednika na zdjęciach optycznych. W tym przypadku zagadkę pomogł rozwiązać kosmiczny teleskop im. Spitzera umieszczony na orbicie w sierpniu 2003 r. i obserwujący w podczerwieni. Rys. 7 przedstawia jedno ze zdjęć nieba południowego wykonane w ramach projektu GOODS (od *Great Observatories Origins Deep Survey*), którego celem jest skompletowanie głębokich obserwacji przeglądowych odległego Kosmosu w jak najszerszym zakresie widma elektromagnetycznego. Po lewej stronie rysunku widzimy nałożone zdjęcia w promieniach rentgenowskich i w świetle widzialnym — otrzymany obraz niezbicie wskazuje na istnienie ukrytej populacji supermasywnych czarnych dziur we Wszechświecie, zupełnie niewidocznych nawet w najgłębszych z dotychczasowych przeglądów optycznych. Z kolei po porównaniu obrazów z Chandry i z teleskopu Spitzera okazało się, że te tajemnicze obiekty silnie promienią w podczerwieni. Naukowcy mają kilka pomysłów na wythumaczenie ich natury. Jedna z możliwości zakłada, że są to najodleglejsze obiekty, jakie dane nam było do tej pory obserwować. W takim przypadku ekspansja Wszechświata spowodowałaby przesunięcie promieniowania optycznego do zakresu podczerwonego. Według innej hipotezy, obiekty te nie znajdują się aż tak daleko, są natomiast najszczelniej otoczone przez pył ze wszystkich obserwowanych dotąd AGN-ów. Pył pochłania promieniowa-

nie widzialne, rozgrzewa się i emituje w zakresie podczerwonym.

Astronomowie podejrzewają, że wiele supermasywnych czarnych dziur mogło nie ujawnić się w przeglądach optycznych. Dopiero połączone możliwości Chandry, Spitzera i teleskopu Hubble'a pozwolą poprawnie oszacować liczbę supermasywnych czarnych dziur we Wszechświecie. Po zakończeniu projektu GOODS astronomowie będą mieli do dyspozycji bazę szeroko-pasmowych danych, z której być może wyłoni się spójna historia Wszechświata od najodleglejszych epok do chwili obecnej.

Monitorowanie centrum Drogi Mlecznej

Satelita Chandra monitorował również supermasywną (3×10^6 mas Słońca) czarną dziurę Sgr A* w centrum naszej Galaktyki. W okresie 1999–2004 wykonano 17 obserwacji o łącznym czasie trwania około 750 tys. sekund. Otrzymano bardzo dokładny obraz, na którym oprócz ponad 2000 źródeł zidentyfikowano także wąską strugę materii o rozmiarze około 1 roku świetlnego w odległości około 1,5 roku świetlnego od Sgr A*, której kierunek pokrywa się z osią prostopadłą do płaszczyzny Galaktyki i przechodzi przez centrum. Wszystko wskazuje na to, że jest to dżet składający się z wysokoenergetycznych cząstek wyrzucanych z prędkościami bliskimi prędkości światła z okolic horyzontu zdarzeń czarnej dziury. W nieco większej skali zaobserwowano dwa obłoki gorącej materii położone po przeciwnych stronach Sgr A* oznaczające, że w przeszłości centrum naszej Galaktyki musiało być o wiele bardziej aktywne niż obecnie.

Dodatkowo odkryto, że w odległości nie większej niż 20 parseków od Sgr A* znajduje się 7 zwartych obiektów rentgenowskich, które najprawdopodobniej są układami podwójnymi zawierającymi czarne dziury o masie kilku mas Słońca lub gwiazdy neutronowe. Wskazuje na to ich jasność i charakterystyczny rodzaj zmienności. Aż cztery z tych obiektów znajdują się nie dalej niż 1 parsek, czyli około 3 lata świetlne, od supermasywnej czarnej dziury (patrz rys. 8). Taka koncentracja zwartych obiektów w rejonie Sgr A* była wielką niespodzianką dla naukowców. Autorzy odkrycia szacują, że wewnątrz jednego

parseka wokół centrum Galaktyki może być nawet ponad 10 tys. rentgenowskich układów podwójnych.

Kasjopea A

Kasjopea A jest pozostałością po wybuczu supernowej. Obserwowano ją za pomocą Chandry 9 razy, łącznie przez 1 mln sekund (czyli tyle, ile wynosił czas ekspozycji CDFS). W wyniku otrzymano niezwykle szczegółowy obraz pozostałości po umierającej gwiazdzie. Na rys. 9 widać struktury w kształcie pierścieni o średnicy sięgającej 10 lat świetlnych, które wskazują położenie szkówek wywołanych przez wybuch supernowej. Można wyróżnić też dwa przeciwwlewy wypływy. Uważa się, że eksplozja, wskutek której powstała Kasjopea A, dała początek również relatywistycznym dżetom. Przypominają one dżety towarzyszące wybuchom hypernowowych, o których myśla się, że produkują błęski gamma. Nie są jednak aż tak energetyczne. Prawdopodobnie obserwowane dżety powstały na wczesnym etapie wybucha, są one bowiem bogate w krzem, zawierają natomiast bardzo mało żelaza z wewnętrznych obszarów wybuchającej gwiazdy.

Po raz pierwszy Kasjopea A była obserwowana przez Chandrę w sierpniu 1999 r., czyli niecały miesiąc po umieszczeniu teleskopu na orbicie. Początkowo misja Chandry była planowana na 5 lat. W sierpniu ubiegłego roku, po pięciu latach rewolucyjnych odkryć i doskonałego sprawowania się teleskopu, NASA ogłosiła, że misja zostaje przedłużona do 2009 r.

Literatura

- [1] Strony internetowe <http://chandra.harvard.edu/>
- [2] Brandt i Hasinger, astro-ph/0501058
- [3] Bunker i in., astro-ph/0302401
- [4] Gilli i in., astro-ph/0304177
- [5] Hauser i Dwek, astro-ph/0105539
- [6] Matt, astro-ph/0205164
- [7] Schwartz i Virani, astro-ph/0410124
- [8] Wang i in., astro-ph/0305285

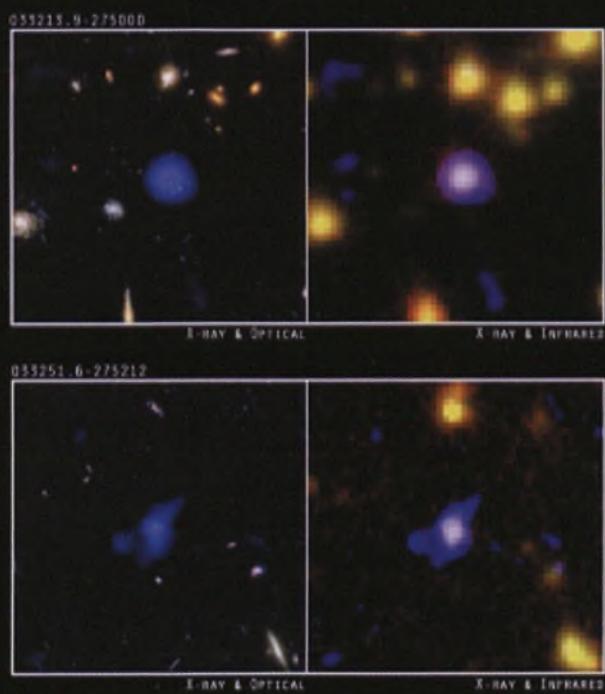
Małgorzata Sobolewska jest słuchaczką ostatniego roku studiów doktoranckich w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika PAN w Warszawie. Przygotowuje rozprawę doktorską, której tematem jest promieniowanie rentgenowskie emitowane przez akrejujące czarne dziury

Hubble Deep Field-North
Chandra Deep Field-North
Chandra X-ray Observatory

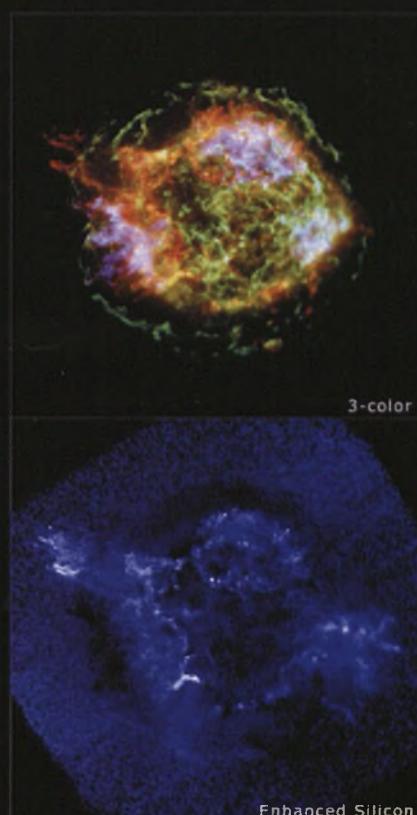


Rys. 4. Zdjęcie fragmentu nieba północnego w promieniach X wykonane przez Chandrę w ramach CDFN. Wewnętrzny kontur w centralnej części rysunku otacza głębokie pole kosmicznego teleskopu Hubble'a (*Hubble Deep Field*). Zewnętrzny kontur wskazuje pole badań w ramach programu GOODS.

Źródło: Brandt i Hasinger, astro-ph/0501058



Rys. 7. Fragment pola GOODS na niebie południowym. Lewa kolumna: nałożone obrazy z Chandy (promień X) i kosmicznego teleskopu Hubble'a (optyka); dwa przykładowe obiekty rentgenowskie (w centrum obrazków) nie posiadają odpowiedników na zdjęciach optycznych. Prawa kolumna: nałożenie obrazów z Chandy i kosmicznego teleskopu im. Spitzera (podczerwień) pokazuje, że te niewykrywalne w zakresie optycznym obiekty są wyraźnie widoczne w podczerwieni. Źródło: NASA, ESA, A. M. Koekemoer (STScI), M. Dickinson (NOAO) i zespół GOODS



Rys. 9. Kasjopea A. Po lewej: kolory na obrazku odpowiadają emisji Si He alpha (1.87–2 keV; czerwony), Fe K (6.25–9.95 keV; niebieski) i kontynuum z zakresu 4.2–6.4 keV (zielony). Po prawej: jasne obszary wskazują rejony bogate w krzem, pokrywające się one z położeniem relatywistycznych dżetów.

Źródło: NASA/CXC/GSFC/U.Hwang i in.

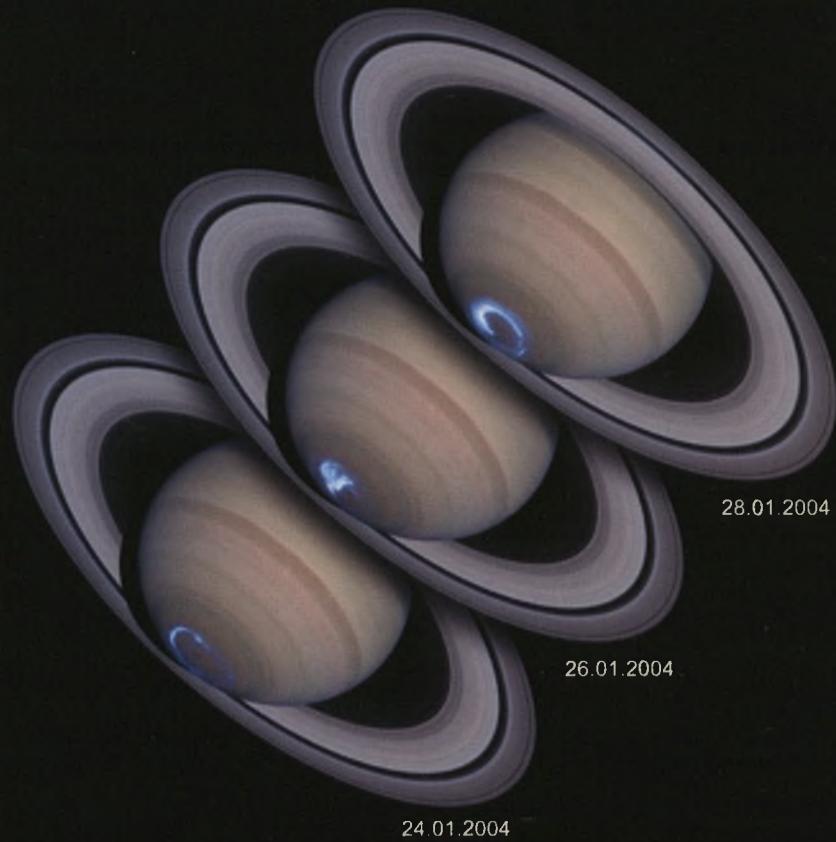


Rys. 8. Cztery jasne rentgenowskie układy podwójne odkryte przez Chandrę w odległości zaledwie trzech lat świetlnych od supermasowej czarnej dziury w centrum Drogi Mlecznej (jasne źródło tuż nad obiektem C). Cztery zbliżenia źródła A pokazują, jak zmieniało się ono w czasie. Tego typu zmienność jest jedną z charakterystycznych cech rentgenowskich układów podwójnych.

Źródło: NASA/CXC/UCLA/M.Muno i in.

Urania

POSTĘPY ASTRONOMII



28.01.2004

26.01.2004

24.01.2004

Zdjęcia zór polarnych na Saturnie wykonane przy pomocy kamery UV teleskopu kosmicznego nałożone na obraz planety w świetle widzialnym (NASA, ESA, J. Clarke (Boston University) oraz Z. Levay (STScI))



Księzyc Mimas na tle lazurowego obrazu północnych obszarów atmosfery Saturna. Długie ciemne linie to cienie rzucane przez pierścienie planety. Ciemna kropka na dole to pokryty lodem Mimas (398 km średnicy). Obraz został uzyskany w 3 długościach fali w zakresie widzialnym i złożony tak, aby dawał kolor planety widziany przez ludzkie oko, czyli prawdziwy kolor planety. Zdjęcia zostały zrobione 18 stycznia 2005 r. z odległości 1,4 min km od Saturna.

Fot. NASA/ESA/ISA

Zorze polarne na Saturnie raz jeszcze

Gościły już na łamach naszego pisma, ale wiedza na ich temat jest nadal bardzo niekompletna. Jednak starzejący się teleskop kosmiczny Hubble'a, którego przyszłość jest na dzień dzisiejszy bardzo niepewna, jak i mająca się całkiem dobrze misja Cassini pozwoliły na zgromadzenie nowego, fascynującego materiału obserwacyjnego. 17 lutego br. w *Nature* pojawiła się seria trzech artykułów dotyczących zór polarnych na Saturnie. Dotyczą one kolejno:

- różnic morfologicznych pomiędzy zorzami na Saturnie a podobnymi zjawiskami na Ziemi i Jowiszu (chodzi o zorz widziane w ultrafiolecie — dobrze widoczne nawet po stronie dziennej planety, gdzie mamy do czynienia z rozproszonym światłem słonecznym przeszkadzającym w obserwacjach),
- ciśnienia dynamicznego wiatru słonecznego i pola elektrycznego jako głównych czynników kontrolujących zorze na Saturnie,
- podobieństwa pomiędzy związkiem struktur zorzowych i generowanego w nich obszarze promieniowania radiowego dla Saturna i Ziemi.

Obserwacje zór na Saturnie, o których mowa, były prowadzone za pomocą teleskopu kosmicznego w ciągu kilku tygodni na początku roku 2004. W trakcie zbliżania się sondy Cassini do planety (sonda znajdowała się wtedy jeszcze na zewnątrz magnetosfery) przyrządy na jej pokładzie mierzyły parametry wiatru słonecznego jak i charakterystyki promieniowania radioowego Saturna. „Wmróżne” w wietrze słonecznym struktury potrzebowały jeszcze około 17 godz., aby dotrzeć do magnetosfery Saturna i móc oddziaływać z obszarami zorzowymi planety. Dzięki odbiorowi fal radiowych generowanych w tym czasie w magnetosferze Saturna oraz obserwacjom świecenia zorza w ultrafiolecie (ilustracja na wklejce) uzyskano nowe informacje na temat obszarów zorzowych planety. Teleskop kosmiczny potrafił dojrzeć szczegóły o rozmiarach 150 km z odległości 1,2 mld km. Pomiędzy 15 a 25 stycznia 2004 r. zanotowano dwa „podmuchy” wiatru słonecznego, które spowodowały silne pojaśnienie zorzy (podobnie jak obserwuje się to dla Ziemi). W przypadku Jowisza sytuacja jest inna — zorze są słabo

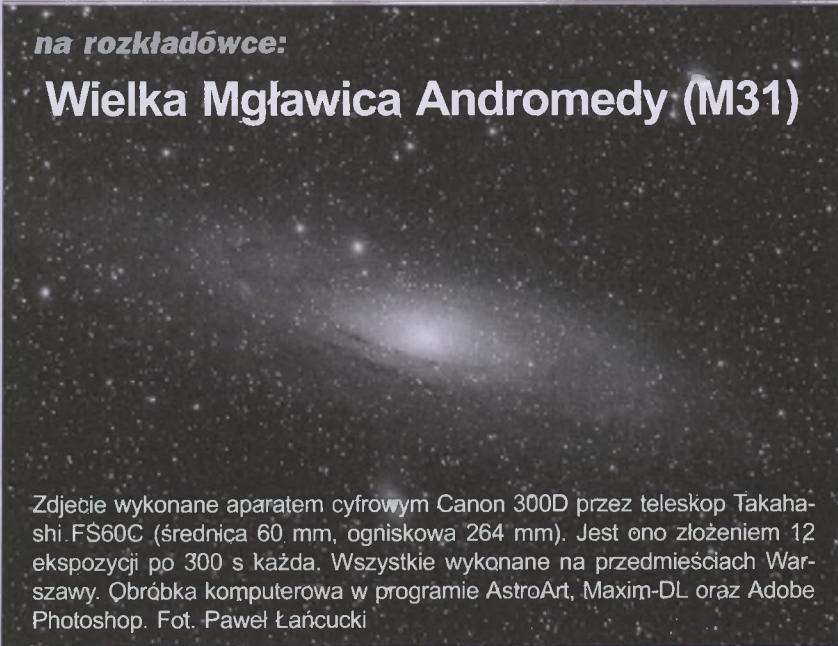
zależne od warunków w wietrze słonecznym, w znacznym stopniu zależą od procesów wewnętrz magnetosfery tej planety. Okazało się jednak, że analogie między zorzami Saturna i Ziemi są zwodnicze. Drugi, istotny w przypadku Ziemi, warunek efektywnego oddziaływanego z wiatrem słonecznym, jakim jest orientacja międzyplanetarnego pola magnetycznego wydaje się odgrywać jedynie ograniczoną rolę dla Saturna — w pobliżu planety pole rzadko posiada składową południową lub północną, a mimo to oddziaływanie zorzy z wiatrem słonecznym jest bardzo silne. Oprócz dynamicznego ciśnienia wiatru słonecznego istotną rolę odgrywają tutaj indukowane w magnetosferze pola elektryczne. Zorze na Saturnie trwają do kilku dni. W czasie pojaśnienia oval zorza wejdzie w stronę wyższych szerokości magnetycznych, nie jest zamknięty jak na Ziemi, ale raczej przypomina spiralę zawsze skierowaną na biegumie magnetycznym. Jest to dopiero początek badań morfologii zór na Saturnie i pewnie jeszcze wróćmy do tego tematu na łamach naszego pisma.

Z badań magnetosfery ziemskiej wiemy, że linie sił pola magnetycznego, na których powstaje kilometrowe promieniowanie radioowe Ziemi (będące najsielszą sygnaturą radiową Ziemi dla obserwatora z zewnątrz) często przechodzą przez jasne struktury zorza. Na temat tego promieniowania wiemy już dość dużo, w szczególności wiadomo, że generowane jest praktycznie prostopadle do kierunku pola magnetycznego w źródle na częstotliwości bliskiej

lokalnej częstotliwości cyklotronowej elektronów. Mechanizm tłumaczący proces generacji tego promieniowania nosi nazwę elektronowego masera cyklotronowego i wydaje się na tyle uniwersalny, że przy jego pomocy próbuje się objaśnić emisje radiowe wielkich planet posiadających własne pole magnetyczne. Obecnie okazało się, że dla Saturna, pomimo wspomnianych powyżej różnic w morfologii zór (w odniesieniu do Jowisza czy Ziemi), obserwujemy analogiczne do ziemskich związki pomiędzy obszarami promieniującymi radioowo a aktywnymi obszarami zorowymi. Inaczej mówiąc: u podstawy linii sił pola magnetycznego, wzdłuż których poruszają się energetyczne elektrony produkujące promieniowanie radioowe, pojawiają się intensywne struktury zorza. Są one wynikiem rozproszenia części energii wiązek cząstek w jonosferze i górnym warstwie atmosfery Saturna. Podobnie jak na Ziemi, promieniowanie radioowe jest generowane praktycznie prostopadle do lokalnego pola magnetycznego. Mechanizm masera cyklotronowego działa w obydwu wypadkach podobnie. Dzięki odpowiedniemu oprzyrządowaniu, jak i bardzo precyzyjnej kalibracji systemu antenowego obserwacje radiowe Saturna z pokładu sondy Cassini pozwalają na pomiar kierunku, z którego przychodzi promieniowanie. Dotychczas takie pomiary, a właściwie oceny położenia źródeł, były bardzo przybliżone. Sonda Cassini dopiero niedawno weszła na orbitę wokół Saturna. Możemy oczekwać jeszcze wielu niespodzianek... (rs)

na rozkładówce:

Wielka Mgławica Andromedy (M31)

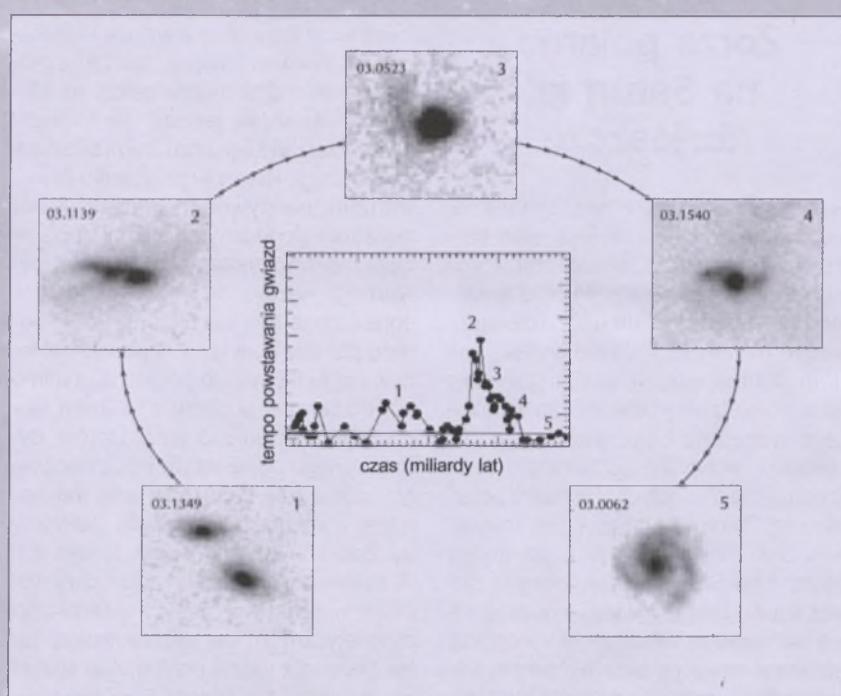


Zdjęcie wykonane aparatem cyfrowym Canon 300D przez teleskop Takahashi F60C (średnica 60 mm, ogniskowa 264 mm). Jest ono złożeniem 12 ekspozycji po 300 s każda. Wszystkie wykonane na przedmieściach Warszawy. Obróbka komputerowa w programie AstroArt, Maxim-DL oraz Adobe Photoshop. Fot. Paweł Łąćucki

Kosmiczna odnowa galaktyk spiralnych

Większość obserwowanych obecnie dużych systemów gwiazdowych stanowią galaktyki spiralne, takie jak Droga Mleczna czy M31. Kiedy i jak powstawały te obiekty? Dlaczego większość z nich posiada masywne centralne zgubienie? Przekonujących odpowiedzi na te pytania udziela grupa astronomów, której przewodniczy François Hammer w artykule opublikowanym właśnie w „Astronomy and Astrophysics” (vol. 430(1), również w Internecie pod adresem www.edpsciences.org/articles/aa/pdf/press-releases/PRAA200502.pdf). Swoje wnioski opierają na bogatym materiale obserwacyjnym, zgromadzonym przy wykorzystaniu kilku kosmicznych i ziemnych instrumentów, w szczególności podsumowując przeszło 2-letni cykl obserwacji teleskopem VLT w Chile (ESO).

Badania ujawniają, że mniej więcej połowa świecących obecnie gwiazd powstała w okresie od 8 do 4 mld lat temu, w większości w epizodach wybuchowego powstawania gwiazd w tzw. jasnych galaktykach podczerwonych (*Luminous Infrared Galaxies*, w skrócie LIG). Na podstawie tych i innych przesłanek wspomniani astronomowie zaproponowali nowatorski scenariusz ewolucji galaktyk spiralnych, nazywany „przebudowywaniem”. Jak się wydaje, większość istniejących obecnie galaktyk powstała w wyniku połączenia kilku oddzielnych obiektów w wyniku zderzeń i następują-



Rys. 2. Schemat scenariusza przebudowywania struktury spiralnej: galaktyki zderzają się (1) i łączą (2), wywołując falę gwiazdotwórczej aktywności. Po połączeniu materiału w formie gwiazd i części gazu tworzą zwaną centralną strukturę (3). Pozostała część gazu odbudowuje dysk z jego spiralną strukturą (4 i 5). Obrazy są zdjęciami odległych galaktyk uzyskanymi przez teleskop Hubble'a. Na centralnym panelu przedstawiono tempo powstawania gwiazd w funkcji czasu, liczby na wykresie odpowiadają poszczególnym fazom cyklu przebudowywania struktury spiralnej

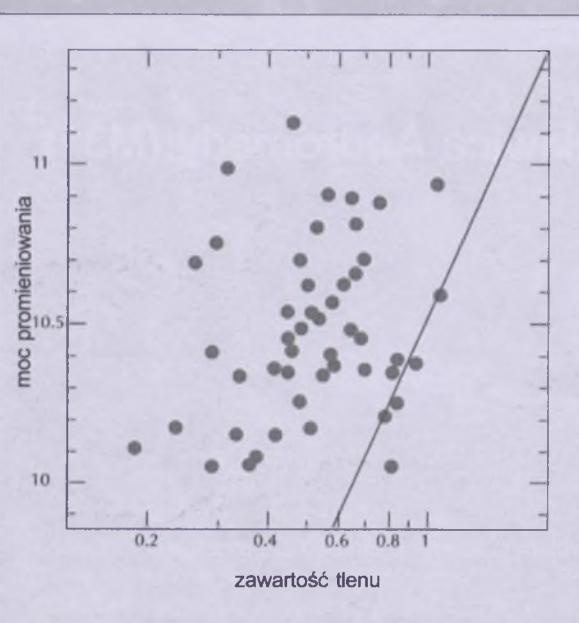
czych po nich okresów odbudowywania spiralnej struktury. Jeśli zostanie to potwierdzone, nowy scenariusz zmieni nasz sposób widzenia procesu powstawania i ewolucji galaktyk.

Opracowując ambitny i długoterminowy program badawczy, astronomowie wybrali 195 galaktyk o przesunięciu ku czerwieni powyżej 0,4 (tj. znajdujących się w odległości powyżej 4 mld l.s.). Wybraną próbki badano przy użyciu teleskopów VLT, Hubble'a, podczerwonego satelity ISO oraz radioteleskopów sieci VLA.

Z analizy danych z podczerwieni wynika, że większość galaktyk zawiera od 30 do 300 mld gwiazd. Ponadto okazało się, że w przeciwnieństwie do „lokalnego” Wszechświata, przy przesunięciach ku czerwieni z przedziałem od 0,4 do 1 (tj. w od-

ległościach od 4 do 8 mld l.s.), galaktyki typu LIG stanowią pokaźny odsetek — około jedną szóstą wszystkich obiektów. Jak się przypuszcza, galaktyki te przechodzą przez bardzo aktywną fazę tworzenia gwiazd, niekiedy podwajając ich liczbę w czasie krótszym od miliardów lat.

Kolejnych wskazówek dostarczyły dokładne analizy spektroskopowe z użyciem VLT. Wyniki analizy składu chemicznego dla kilkudziesięciu obiektów podsumowuje rys. 1. Przedstawia on zawartość tlenu (w stosunku do słonecznej) jako funkcję mocy promieniowania galaktyk (wyrażonej w skali logarytmicznej). Prosta przedstawia przebieg relacji dla pobliskich obiektów. Jak widać, to co zaobserwowano dla galaktyk w różnej odległości (czyli o różnym wieku), znacząco od tej relacji odbiega — wydaje się, że można mówić o zmieniającej się w czasie zależności. Ponieważ do zwiększenia się zawartości tlenu w galaktykach przyczynić się mogą tylko gwiazdy, potwierdza to przypuszczenie o nasileniu procesu powstawania i ewolucji gwiazd. A ponieważ nikt już nie wątpi, że zderzenia galaktyk odgrywają znaczącą rolę w rozniecaniu gwiazdotwórczej aktywności, nasuwa się oczy-



Rys. 1. Zawartość tlenu (w stosunku do słonecznej) w funkcji mocy promieniowania badanych galaktyk

wisty wniosek, że nie tylko w bardzo młodym, ale też liczącym już kilka miliardów lat Wszechświecie zjawiska łączenia się ze sobą galaktyk zachodziły stosunkowo często.

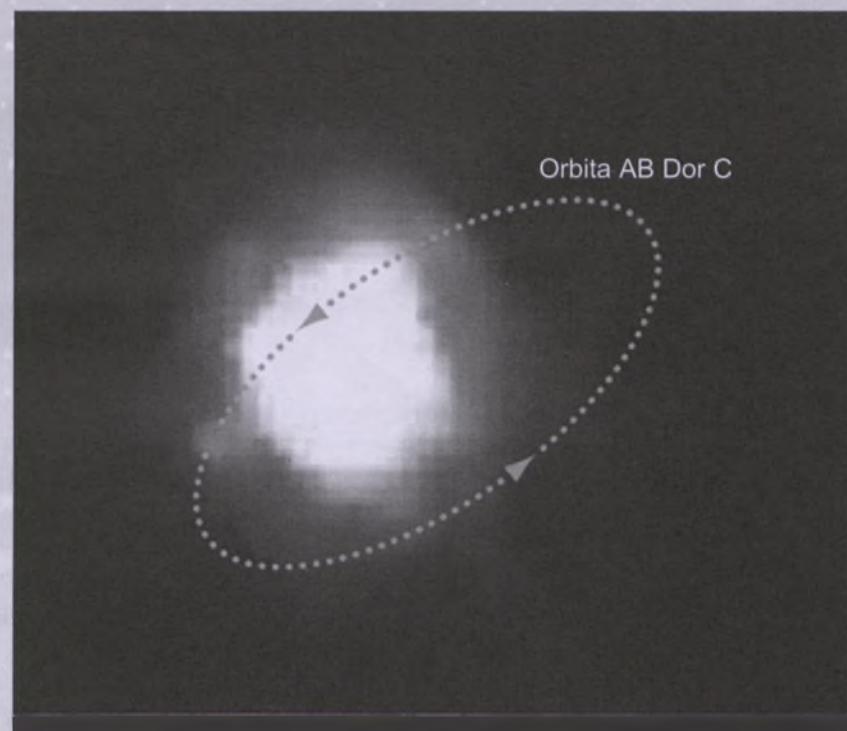
Wprawdzie idea takiego hierarchicznego procesu tworzenia dużych galaktyk wskutek zlepiania się mniejszych struktur została już w środowisku astronomów powszechnie zaakceptowana, jednak do tej pory dotyczyła ona tylko powstawania dużych galaktyk eliptycznych. Zdaniem badaczy, tego typu procesy były również obecne w życiu około trzech czwartych obecnie istniejących galaktyk spiralnych, w szczególności tych z masywnym centralnym zgrubieniem. Jak wynika z zaproponowanego przez nich modelu (rys. 2), struktura spiralna nie jest wcale w procesie zderzenia niszczona, ale tylko na nowo przebudowywana. Po zderzeniu występuje co prawda faza zwartej galaktyki, pozabawionej spiralnej struktury, ale w ostatniej fazie takiego cyklu pojawia się już dysk. Proces zderzenia przyczynia się niewątpliwie do rozbudowywania samego centralnego zgrubienia, co oznacza, że np. galaktyka M31 ma już za sobą kilka tego typu epizodów, natomiast nasza Droga Mleczna od dłuższego już czasu, prawdopodobnie kilku miliardów lat, w jakiś sposób uniknęła podobnego losu.

Sprawdzenie tej niewątpliwie interesującej teorii będzie celem kolejnych programów badawczych, realizowanych przy użyciu nowych instrumentów obserwatorium ESO. (kr)

Brązowy karzeł na cenzurowanym

Dzięki nowej, wysoko kontrastowej kamierce teleskopu VLT, po raz pierwszy uzyskano obraz małomasywnego towarzysza gwiazdy, obiegającego swojego macierzystego słońca. Dotyczy to zwłaszcza obiektów tworzących ciasne układy. Jedyną radą dla astronomów jest uważne podglądzanie pobliskich, w miarę młodych gwiazd, których małomasywny towarzysz nie zdążył jeszcze całkowicie zakończyć procesu grawitacyjnego zapanowania się i stygnięcia.

Dlatego też grupa astronomów, której przewodniczył Laird Close z Uniwersytetu w Arizonie, jako cel swych badań wybrała gwiazdkę AB Doradus A, odległą o 48 lat świetlnych i liczącą sobie „zaledwie” 50 mln lat. Na początku lat 90. odkryto zakłócenia jej położenia na sferze niebieskiej, przypisane obecności małego masywnego towarzysza. Aby dostrzec jego obecność w blasku macierzystego słońca, użyto specjalnie w tym celu skonstruowanego urządzenia — kamery NACO SDI (*Simultaneous Differential Imager*), która umożliwiła „wyładowanie” jego słabiutkiego obrazu (fot.). Sztuka ta nie udała się wcześniej nawet kosmicznemu teleskopowi Hubble'a. Odległość towarzysza (0,156 sekundy łuku) odpowiada rozmiarom 1-złotowej monety oglądanej z odległości 20 km, w dodatku jest on 120 razy słabszy od swego słońca. W rzeczywistości towarzysz — oznaczony AB Dor C (widoczny „na godzinie ósmej”) — jest obecnie oden oddalony o 2,3 j.a., natomiast pełnego obiegu dokonuje po wydłużonej orbicie w ciągu 11,75 lat.



chodzą do precyzyjnego pomiaru tej wielkości. Nie jest to łatwe zadanie, zwłaszcza dla tych najmniejszych — brązowych karłów, niedoszłych gwiazd, których masa nie powinna przekraczać 75 mas Jowisza.

Jedyną praktycznie metodą pozwalającą wyznaczyć masę obiektu jest analiza jego ruchu w układzie podwójnym. Znając okres obiegu i wielką półosi orbity, można — na podstawie trzeciego prawa Keplera — oszacować masę.

Małomasywne obiekty skutecznie bronią się przed tego typu pomiarami, skrywając swoje światelko we wszechogarniającym blasku swego macierzystego słońca. Dotyczy to zwłaszcza obiektów tworzących ciasne układy. Jedyną radą dla astronomów jest uważne podglądzanie pobliskich, w miarę młodych gwiazd, których małomasywny towarzysz nie zdążył jeszcze całkowicie zakończyć procesu grawitacyjnego zapanowania się i stygnięcia.

Dlatego też grupa astronomów, której przewodniczył Laird Close z Uniwersytetu w Arizonie, jako cel swych badań wybrała gwiazdkę AB Doradus A, odległą o 48 lat świetlnych i liczącą sobie „zaledwie” 50 mln lat. Na początku lat 90. odkryto zakłócenia jej położenia na sferze niebieskiej, przypisane obecności małego masywnego towarzysza. Aby dostrzec jego obecność w blasku macierzystego słońca, użyto specjalnie w tym celu skonstruowanego urządzenia — kamery NACO SDI (*Simultaneous Differential Imager*), która umożliwiła „wyładowanie” jego słabiutkiego obrazu (fot.). Sztuka ta nie udała się wcześniej nawet kosmicznemu teleskopowi Hubble'a. Odległość towarzysza (0,156 sekundy łuku) odpowiada rozmiarom 1-złotowej monety oglądanej z odległości 20 km, w dodatku jest on 120 razy słabszy od swego słońca. W rzeczywistości towarzysz — oznaczony AB Dor C (widoczny „na godzinie ósmej”) — jest obecnie oden oddalony o 2,3 j.a., natomiast pełnego obiegu dokonuje po wydłużonej orbicie w ciągu 11,75 lat.

Co jednak najistotniejsze, ta precyzyjna obserwacja umożliwiła dokładne wyznaczenie masy towarzysza na (93 ± 5) masy Jowisza — to nieco powyżej granicy tradycyjnie przyjmowanej dla brązowych karłów. Jak na obiekt o taka masie, wydaje się on 2,5 razy słabszy oraz o ok. 400 stopni chłodniejszy niż należałoby się spodziewać na podstawie obowiązujących teoretycznych modeli.

Wygląda na to, że masa brązowych karłów w wielu przypadkach mogła być niedoceniana, nawet o czynnik 2 — oznacza to, że wiele uważanych za brązowe karły obiektów może się jednak okazać małomasywnymi gwiazdami, a z kolei niedawno odkryte obiekty uważane za nie związane z gwiazdami „planety” mogą się okazać brązowymi karłami o niewielkiej masie. Praca omawiająca te zagadnienia ukazała się w „Nature” z 20 stycznia br. (kr)

NGC 2146

α (J2000)	06 ^h 18,6 ^m
δ (J2000)	+78° 21'
Gwiazdozbiór	Żyrafa
Typ	Galaktyka SBap
Jasność fotograficzna	10,5
Jasność wizualna	11,1
Jasność absolutna M _V	-19,1
Rozmiar	6' × 4'
Odległość	14,5 Mpc
Prędkość radialna	+896 km/s

Ta interesująca galaktyka jest stosunkowo niewielka i niezbyt jasna optycznie. Posiada wyraźne zaburzenia w strukturze ramion spiralnych i stąd jest zaliczana do galaktyk osobliwych. Została odkryta przez Teodora Augusta Winnecke i dołączona do katalogu Johna Herschela jako GC 5357. Jej opis w katalogu NGC jest następujący: „dość jasna, o rozmiarach 2', lekko wydłużona”.

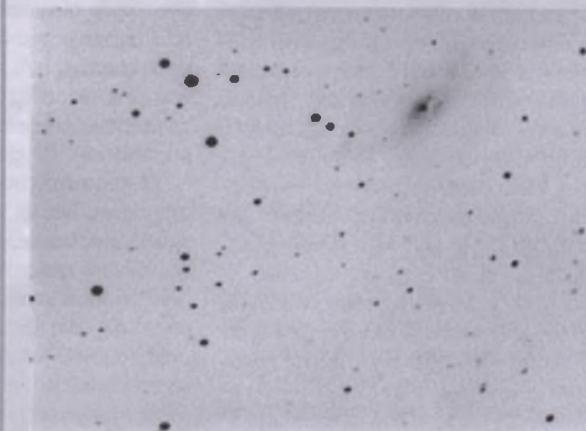
W dobrych warunkach potrzeba teleskopu o średnicy co najmniej 15-cm, aby ją zobaczyć. W teleskopie o średnicy 25-30 cm wyraźnie widać jej wydłużenie.

Obserwacje tej galaktyki prowadzone we wszystkich zakresach widma ujawniły nie tylko jej osobliwą budowę wewnętrzną, ale również gwałtowne procesy gwiazdotwórcze w niej zachodzące. Pod względem natężenia tych procesów nie ustępuje prototypowej „wybuchającej” galaktyce M82 (U-PA 3/2001), która również przechodzi fazę silnej aktywności gwiazdotwórczej. Jest bardzo silnym źródłem w dalekiej podczerwieni (należy w tym zakresie do 12 najjaśniejszych galaktyk nieba!). Galaktyka jest ustawiona do nas prawie krawędzią. Jej centralne obszary są silnym radioźródłem o średnicy około 3 kpc. Posiada duże, osobliwe jądro, które nie jest aktywne oraz dwa bardzo szerokie ramiona spiralne leżące w różnych płaszczyznach, z których jedno ma pośrodku ciemny pas pyłu. Tak więc dysk galaktyki jest silnie wykrzywiony i skręcony o kąt około 45°. Za przyczynę tych osobliwości astronomowie w większości uznają zderzenie lub silne oddziaływanie z inną galaktyką około 500-800 mln lat temu. Jednak obserwacje radiowe prowadzone przez VLA nie wykazały żadnego nietypowego rozkładu wodoru neutralnego w centralnych częściach galaktyki. Pośrednich dowodów na poparcie tej hipotezy dostarczyły obserwacje najbardziej zewnętrznych części galaktyki, które ujawniły obecność bardzo rozległych, wydłużonych struktur, które typowo obserwuje się w przypadku oddziałujących ze sobą galaktyk. Struktury te nie leżą w płaszczyźnie galaktyki i rociągają się na ponad 100 kpc od niej, a następnie opadają na nią z powrotem.

Jak dotąd nie udało się zidentyfikować żadnych ewentualnych pozostałości po galaktyce, która w przeszłości zbliżyła się do NGC 2146, co może świadczyć o tym, że uległa ona zupełnemu zniszczeniu w wyniku oddziaływania grawitacyjnego (sił pływowych). Niektórzy astronomowie uważają, że kształt NGC 2146 zaburzyła obecnie jej najbliższa sąsiadka w przestrzeni NGC 2146A, leżąca tylko 18' od niej — zdjęcie obok. Jednak obserwacje raczej wykluczają taką możliwość. Tak więc uważa się, że obecnie galaktyka ta przechodzi końcową fazę połączenia się z inną, mniejszą galaktyką (która oczywiście tego nie przeżyła). Jednak i w tym przypadku brak bezpośrednich dowodów na poparcie tej teorii (są tylko pośrednie przesłanki).



Supernowa SN2005V w NGC2146



Została odkryta 30 stycznia br. w ramach przeglądu Nuclear Sup. Search. Jest widoczna w pobliżu jądra galaktyki. Jej typ określono na Ib/c. Jasność w momencie odkrycia wynosiła 13,8 mag.

NGC 2194

α (J2000)	06 ^h 13,8 ^m
δ (J2000)	12° 48'
Gwiazdozbiór	Orion
Typ	Gromada otwarta
Jasność fotograficzna	9,0
Jasność wizualna	8,5
Jasność absolutna M _V	-4,7
Rozmiar	10'
Odległość	3,0 kpc
Pędkość radialna	—

Jest to zwarta, ładna gromada otwarta. Została odkryta przez Williama Herschela i opatrzona przez niego numerem H VI.5. Katalog Dreyera opisuje ją następująco: „gromada, duża, liczna, stopniowo silnie skoncentrowana w środku”. Żeby ją zobaczyć, trzeba dysponować teleskopem o średnicy około 15 cm. Posiadając teleskop o średnicy 25-cm lub większej, przy powiększeniu ponad 100 razy można bez problemu zobaczyć poszczególne gwiazdy gromady. Jest ich dużo, około 150, najjaśniejsze tworzą skupisko, w którym można naliczyć około 50 gwiazd o podobnej jasności (13—14 mag.) i kolorze. Wiek gromady szacuje się na około 400 mln lat i prawie wszystkie gwiazdy (z wyjątkiem kilku) pozostają wciąż na ciągu głównym. Metaliczność (zawartość pierwiastków cięższych niż hel) gwiazd gromady jest nieco mniejsza od metaliczności Słońca. Może to wskazywać, że gromada powstała daleko



od płaszczyzny dysku Drogi Mlecznej, gdyż metaliczność materii maleje stopniowo w miarę oddalania się od tej płaszczyzny.

NGC 2237/8, 2246

α (J2000)	06 ^h 32,3 ^m
δ (J2000)	+05° 03'
Gwiazdozbiór	Jednorożec
Typ	Mgławica emisyjna
Jasność fotograficzna	—
Jasność wizualna	—
Jasność absolutna M _V	—
Rozmiar	80' × 60'
Odległość	1,6 kpc
Pędkość radialna	+14 km/s

Pod tymi trzema numerkami kryje się jedna z najefektowniejszych mgławic na niebie: mgławica Rozeta. Są to jej trzy najjaśniejsze części, które najpierw zostały zidentyfikowane wizualnie i stanowią część wielkiego pierścienia gazu i pyłu otaczającego młodą gromadę otwartą NGC 2244. Świecenie mgławicy jest spowodowane jonizacją wodoru (obszar HII) przez jasne i gorące gwiazdy NGC 2244. Rozeta pomimo swej wielkości (zajmuje ponad 1 stopień kwadratowy nieba — pięć razy więcej niż Księżyca) jest słaba i rozmyta: chociaż sama gromada otwarta była znana Williamowi Herschelowi, to nie widział on mgławicy, która ją otaczała. Mały zachodni fragment mgławicy — NGC 2238 — odkrył pod koniec lat 60. XIX w. niemiecki astronom Albert Marth, a John Herschel dołączył ją do swego katalogu jako GC 5361. Nieco później Lewis Swift doniósł o odkryciu w pobliżu dwóch dużych mgławic: NGC 2237 leżącej na północny zachód od gromady NGC 2244 oraz NGC 2246 leżącej na północny wschód. Dopiero obserwacje fotograficzne wykonane przez E.E. Barnarda w Obserwatorium Licka na początku lat 90. XIX w. pozwoliły stwierdzić, że wszystkie te mgławice stanowią fragmenty jed-

nego wielkiego kompleksu.

Opis poszczególnych części mgławicy w katalogu Dreyera jest następujący:

2237: dość jasna, bardzo rozległa, rozmyta;

2238: mała, słaba, gwiazda w jej obrębie;

2246: skrajnie słaba, rozległa, nieregularnie zaokrąglona, wyjątkowo trudna.

Ze względu na rozmycie i rozmiary, trudno jest zobaczyć mgławicę Rozetę bez jakiegoś filtra mgławicowego. Przy bardzo ciemnym niebie jest potrzebny teleskop o średnicy minimum 12-15 cm, aby ją zobaczyć. Dysponując filtrem H α lub OIII, łatwo zauważać jej pierścieniową strukturę już w teleskopie o średnicy 6-8 cm. Sam pierścień jest najgrubszym i najwyraźniejszym na północnym zachodzie, wewnętrzny posiada pustkę o średnicy około 20'. Filtry pozwalają zobaczyć niezwykle bogactwo szczegółów i subtelnych detali, takich jak np. cienkie, ciemne włókna rozciągające się w mgławicy, co na ogół robi duże wrażenie. Niemniej jednak najbardziej spektakularne są zdjęcia tej mgławicy; stanowi ona niezwykle wdzięczny obiekt do amatorskiej fotografii.

Północna część Jednorożca, w której znajduje się mgławica Rozeta, obfituje w wiele mgławic emisyjnych i młodych obiektów, takich jak gwiazdy T Tauri, obiekty Herbiga-Haro, globule Boka, co świadczy o dużej aktywności gwiazdotwórczej. W istocie NGC 2246 i okolice stanowią najbardziej aktywny obszar powstawania nowych gwiazd w tym regionie nieba, nazywany Obokiem Molekularnym Rozeta (obszar HI — patrz zdjęcie obok). Obłok ma średnicę około 100 pc (trzy razy więcej niż średnica obszaru emisyjnego HII), a jego masa sięga 200 tys. mas Słońca. W jego wschodniej części znajdują-

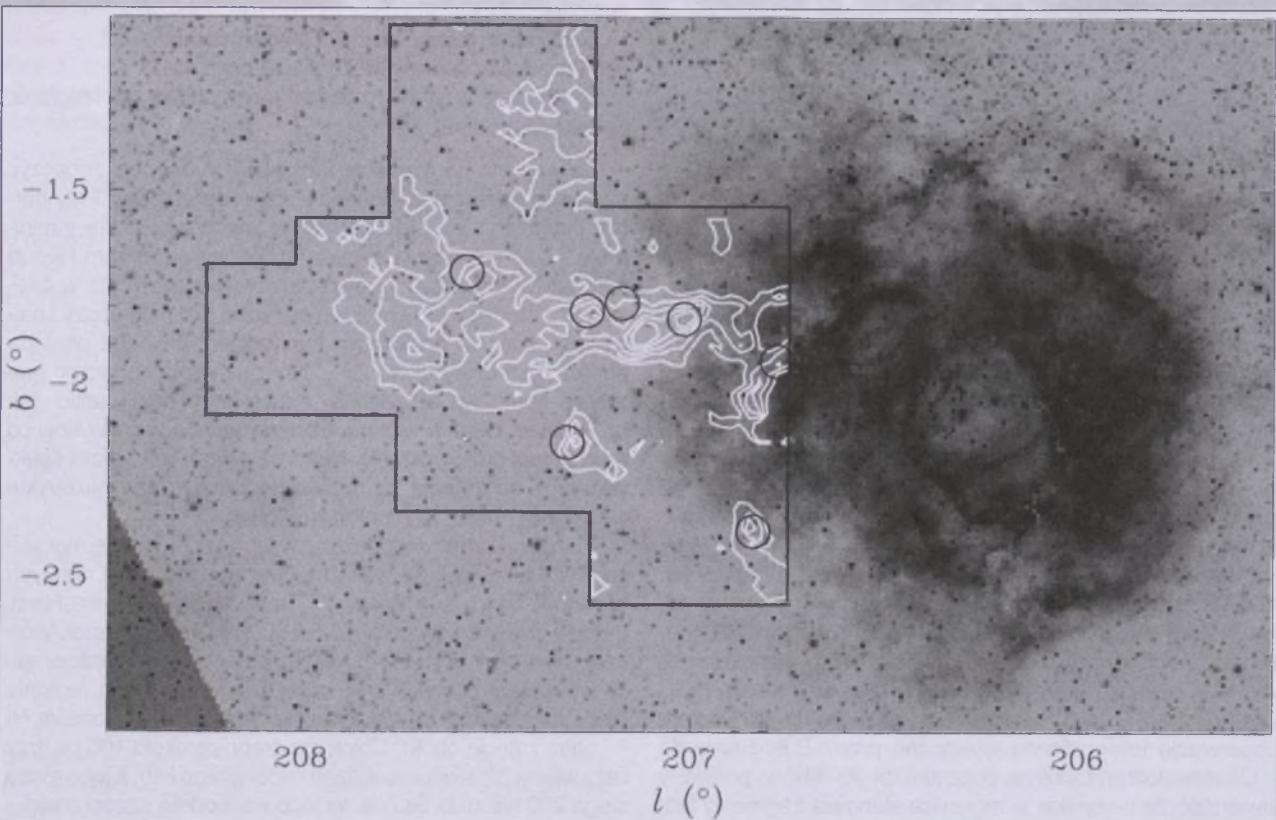
je się co najmniej 7 młodych gromad gwiazd, które są niewidoczne optycznie. O ich obecności świadczą zgrupowania punktowych źródeł emitujących w podczerwieni. Obłok ekspanduje z prędkością około 4,5 km/s w otaczający go obszar atomowego wodoru. Przyjmując stałość tej prędkości, można oszacować wiek obłoku na około 4 min lat, co pokrywa się z wiekiem gromady otwartej NGC 2244. Energii potrzebnej do tej ekspansji dostarczają młode, gorące gwiazdy gromady.

W obrębie mgławicy Rozeta obserwuje się bardzo młode gwiazdy posiadające wyrzuty materii w formie obiektów Herbig-Haro, a także dość tajemnicze struktury w kształcie łuków otaczających węzły słabo zjonizowanego wodoru, poruszające się z dużymi prędkościami (ponad 60 km/s) względem samej mgławicy. Wraz z obserwacjami prowadzonymi w zakresie rentgenowskim wskazuje to na obecność w NGC 2237 silnych frontów jonizacyjnych i silnych wiatrów gwiazdowych wywołujących fale uderzeniowe. Rozmiary samej mgławicy są nieco mniejsze niż te, które sugerują obserwacje wykonane w linii H α , gdyż część światła emitowanego przez zjonizowany



wodór jest rozpraszana na materii otaczającej bezpośrednio mgławicę (obszary HI), co powoduje pozorne zwiększenie jej rozmiarów.

Dariusz Graczyk



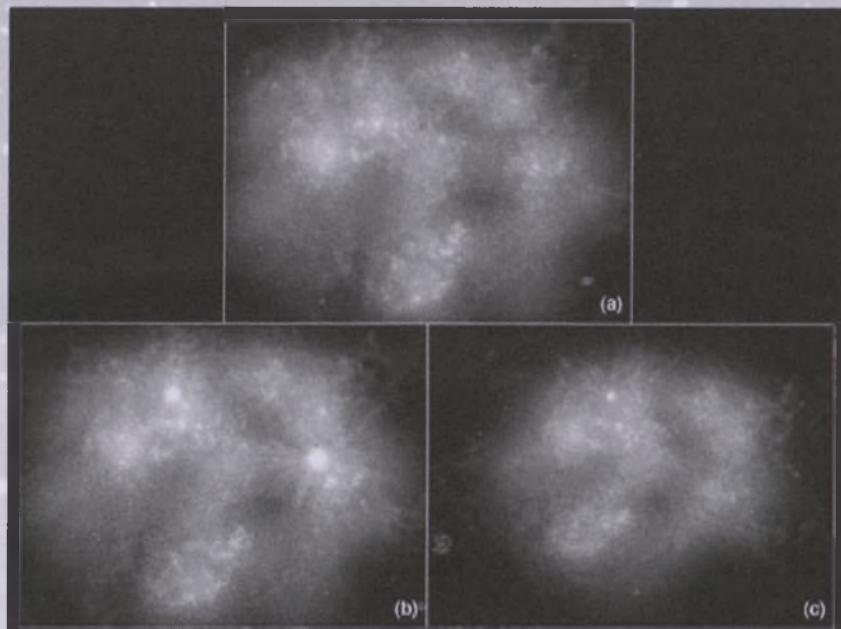
Nasi sąsiedzi — młode masywne galaktyki

Zdjęcia z satelity Galaxy Evolution Explorer ukazały masywne młode galaktyki w bliskim nam sąsiedztwie, bliskim, rzeczą jasna, w skali kosmologicznej. Naukowcy skłonni byli przypuszczać jak dotąd, że „przyrost naturalny” we Wszechświecie zmalał dość mocno i dziś mogą tworzyć się jedynie małe galaktyki.

Wiemy, że masywne galaktyki tworzyły się we wczesnym Wszechświecie miliardy lat temu, ale wszystkie od tego czasu zdążyły nie tylko wydorośleć, ale również zestarzeć się i są dziś dostojnymi galaktykami typu naszej Galaktyki Drogi Mlecznej. Jeśli odkryte masywne galaktyki blisko nas są rzeczywiście młode, oznacza to, że przynajmniej część Wszechświata jest nadal miejscem aktywnego powstawania nowych galaktyk.

Odkryto ponad 30 jasnych, zwartych galaktyk, które bardzo przypominają młode galaktyki, które istniały ponad 10 mld lat temu. Te nowo odkryte obiekty znajdują się stosunkowo blisko nas w odległości 2–4 mld lat świetlnych. Mogą liczyć sobie 0,1–1 mld lat. W porównaniu z naszą Galaktyką, która liczy sobie bagatela 10–12 mld lat, nowo odkryte galaktyki są bardzo młode.

Ostatnie odkrycia sugerują, że nasz starzający się Wszechświat nadal tryska życiem. Galaktyki te pokazują, jak wyglądała nasza rodzima Galaktyka w latach swej młodości. Wydawało się, że młodych galaktyk już dziś nie ma, a tymczasem są i mają się dobrze. Odkryte obiekty nazywane są ultrafioletowymi jasnymi galaktykami. Młode gwiazdy świecą głównie w ultrafiolecie, stąd nazwa galaktyk. Satelita Galaxy Evolution Explorer zbadał sporą połkę nieba przy pomocy detektora ultrafioletowego o wysokości czułości. Wykowiwał około 30 jasnych obiektów po przebadaniu tysięcy galaktyk. Galaktyki te świecą w ultrafiolecie 10 razy mocniej niż nasza Galaktyka. Oznacza to, że w tych obiektach roi się od obszarów, w których rodzą się gwiazdy i wybuchają supernowe, co jest charakterystyczną cechą młodych galaktyk. We wczesnym Wszechświecie powstanie młodych masywnych galaktyk było na porządku dziennym. Wraz z upływem lat Wszechświat miał coraz mniej galaktycznych dzieci. Galaktyki dojrzały i wyglądają dziś jak nasza rodzima Droga Mleczna.

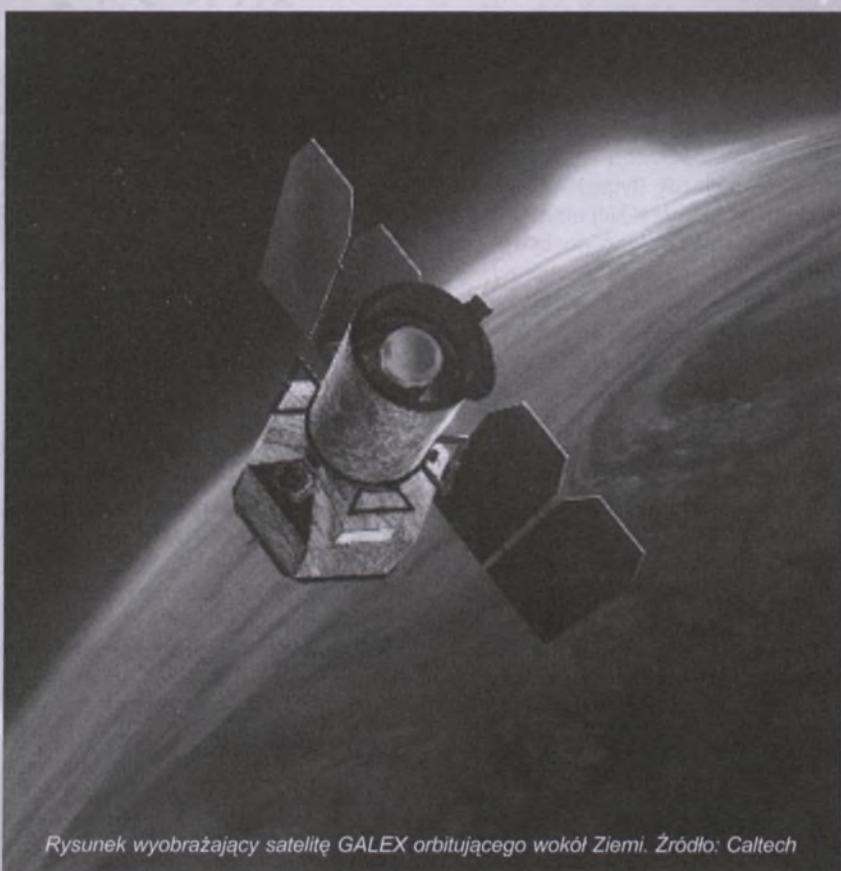


Typowa młoda galaktyka, w której aż roi się od młodych gwiazd i wybuchających supernowych. Rozbłyski białego światła to właśnie wybuchi supernowych. Fot. NASA/JPL-Caltech

Odkrycie to opisano w „Astrophysical Journal Letters”. Satelita Galaxy Evolution Explorer (GALEX) został wystrzelony przez NASA 28 kwietnia 2003 r. Umieszczono go na wysokości 697 km na niemal kołowej orbicie nachylonej do ziemskiego równika pod kątem 29 stopni. Jego zadaniem jest badanie kształ-

tu, jasności, rozmiaru i odległości do galaktyk. Zbiera informacje o obiektach znajdujących się w odległości nawet do 10 mld lat świetlnych. Teleskop o średnicy 50 cm zbiera informacje o obiektach promieniuujących na falach ultrafioletowych.

Karolina Zawada



Rysunek wyobrażający satelitę GALEX orbitującego wokół Ziemi. Źródło: Caltech

Widma zapalek, czyli o szkodliwości palenia papierosów

Kiedy latem 1966 r. pracowałem w wielkim francuskim obserwatorium — *Observatoire de Haute Provence* — używając do moich obserwacji między innymi największego tamtejszego teleskopu o średnicy 193 cm, nie wiedziałem, że teleskop ten, a ścisłe pewne wykonane nim obserwacje staną się wkrótce przedmiotem zabawnej kontrowersji. A było to tak.

W maju 1962 r. dwoje astronomów francuskich, Daniel Barbier i Nina Morguleff, realizowało program obserwacji widm gwiazd w bliskiej podczerwieni. Pewnego ranka, po wywołaniu klisz zebranych tej nocy (w owych czasach do obserwacji spektroskopowych używano niemal wyłącznie klisz fotograficznych), zauważali oni ze zdumieniem, że widmo jednej z gwiazd (typu dG6), oprócz zwykłych w takim widmie linii absorpcyjnych, zawiera także bardzo silne linie emisyjne potasu. Tu trzeba od razu dodać, że wcześniej linie takie obserwowano bardzo rzadko, głównie w widmach gwiazd typu T Tauri, przy czym nigdy nie były one aż tak silne.

Gdy rok później podobny efekt zaobserwowano w widmie innej gwiazdy (typu K7V), w przypadku której takiej emisji być również nie powinno, postanowiono dokonać systematycznego przeglądu większej liczby obiektów, którego wyniki, jak się spodziewano, miały pomóc w zrozumieniu zagadkowego odkrycia. Oczekiwano w szczególności, że uda się odkryć dalsze takie przypadki. Warto dodać, że o ile obserwacje, które doprowadziły do odkrycia dwóch pierwszych przypadków, były prowadzone właśnie owym 193-cm teleskopem, to przegląd zrealizowano teleskopem mniejszym, całkowicie wystarczającym do wykrycia bardzo silnych linii emisyjnych. Niestety, wyniki były negatywne. Równocześnie jednak inna francuska astronomka, Yvette Andriat, pracująca na 193-cm teleskopie, zarejestrowała identyczny „rozbłysk potasowy” (bo tak nazwano to zjawisko) w widmie trzeciej z kolei gwiazdy (tym razem typu B9e). Sytuacja stawała się coraz

bardziej zagadkowa. Oto z jednej strony były już trzy, różniące się pod każdym innym względem gwiazdy, w widmach których pojawił się — i to tylko raz — ów „rozbłysk potasowy”, z drugiej zaś nie udało się go zaobserwować w widmach innych, objętych przeglądem gwiazd...

Na tym etapie do akcji włączyli się trzej astronomowie amerykańscy, Robert Wing, Manuel Peimbert i Hyron Spinrad, którzy mając dostęp do słynnego teleskopu Crossleya w Obserwatorium Licka wykonali również niezależny przegląd znacznie liczniejszej próbki gwiazd różnych typów. I tym razem wynik był negatywny. Trzej Amerykanie na tym jednak nie poprzestali. Rozważając inne możliwe wyjaśnienia zagadkowego zjawiska, sformułowali hipotezę,

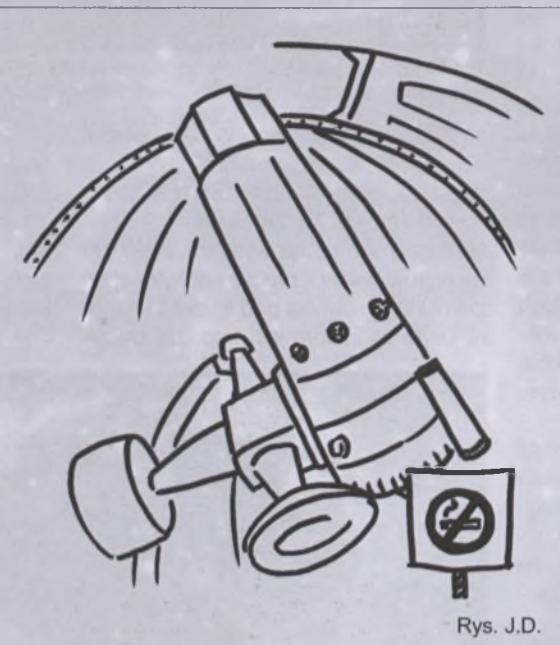
przez nich później artykuł zostało to skomentowane złośliwym stwierdzeniem, że „zapalki francuskie nie różnią się od amerykańskich”. Hipoteza z zapalkami wydawała się jednak nadal zbyt fantastyczna, by mogła być prawdziwa. Tylko szaleniec bowiem mógłby zapalać zapalki tuż przed szczeliną spektrogrału i to w trakcie obserwacji!

A jednak hipoteza ta okazała się prawdziwa. Aby zrozumieć, na czym polegał pech francuskich astronomów, przypomnijmy, że zarówno w przypadku teleskopu 193-cm w *Observatoire de Haute Provence*, jak i 3-m teleskopu Obserwatorium Licka, widma rejestrowane były przy użyciu spektrogrału codzieni, umieszczonego w oddzielnym pomieszczeniu, w ognisku coudé teleskopu. Wiązka zebranej przez teleskop

światła gwiazdy jest kierowana na szczelinę spektrogrału, przy czym zadaniem obserwatora jest korygowanie nierównomierności ruchu teleskopu tak, by obraz gwiazdy padał zawsze na szczelinę. W przypadku większości teleskopów jest to realizowane za pomocą tzw. drobnych ruchów całego teleskopu. Sklonni do innowacji Francuzi (zwłaszcza gdy chodzi o zrobienie czegoś inaczej, niż robią to Amerykanie), zastosowali inne, dość pomysłowe rozwiązanie. W wiązce światła skupionej przez teleskop umieściły płytę szklaną, umożliwiającą korygowanie położenia obrazu gwiazdy względem szczeliny spektrogrału poprzez zmianę orientacji tej płytki (a bez potrzeby korygowania ruchu całego teleskopu). Przy takim rozwiązaniu jednak łatwo można sobie wyobrazić sytuację, kiedy przy pewnej orientacji płytki światło zapalki zapalonej gdzieś z boku, nawet daleko od spektrogrału, ulega odbiciu od jej dolnej powierzchni i trafia prosto na szczelinę spektrogrału. Taka szczególna konfiguracja może oczywiście zdarzać się niezmiennie rzadko i to tłumaczy, dlaczego zdarzyła się tylko trzykrotnie.

Można się tylko domyślać, czy wobec jeszcze jednego dowodu szkodliwości palenia papierosów wprowadzono w *Observatoire de Haute Provence* zakaz palenia, czy też przedsięwzięto jakieś inne środki ostrożności. W każdym razie „rozbłysk potasowy” nigdy więcej się tam nie pojawił.

J. Smak



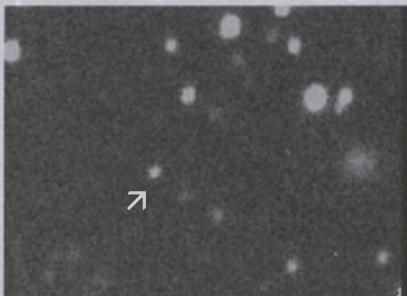
Rys. J.D.

iż owe linie potasu są pochodzenia ziemskiego, a dokładniej, że ich źródłem mogą być... zapalki. Aby uwarygodnić swą hipotezę, przeprowadzili szereg eksperymentów polegających na rejestraniu widm zapalek, zapalanych tuż przed szczeliną spektrogrału 3-m teleskopu tegoż obserwatorium. Otrzymane w ten sposób widma zawierały silne linie emisyjne potasu, do złudzenia przypominające te, które występowały w widmach owych trzech gwiazd obserwowanych wcześniej przez astronomów francuskich.

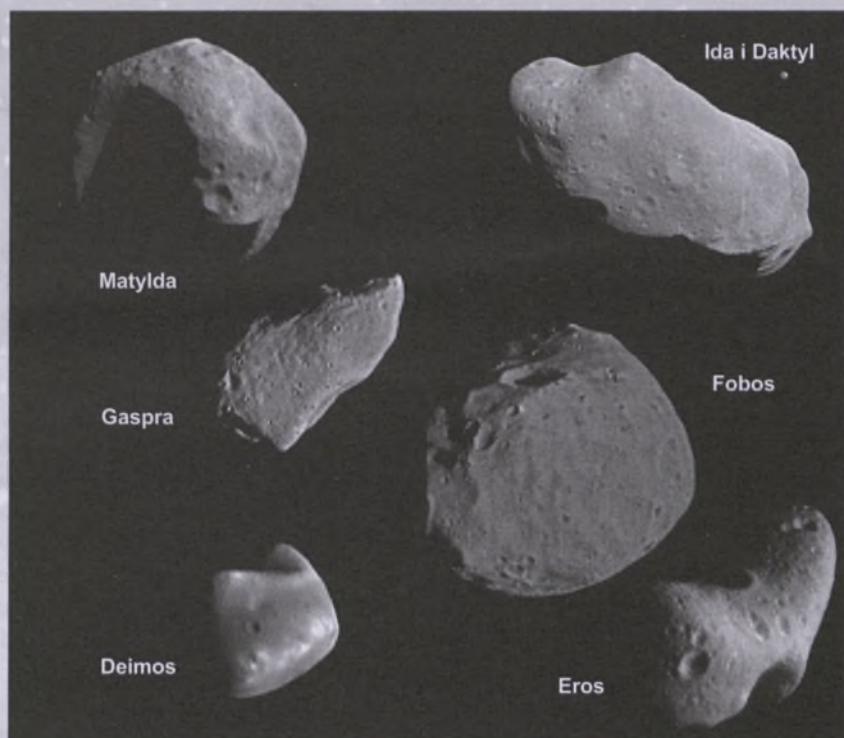
Wkrótce taki sam wynik dały podobne testy wykonane spektrografem 193-cm teleskopu przez panią Andriat, z którą trzej Amerykanie podzieliли się swoimi domysłami. W opublikowanym

Planetoida (14382) Woszczyk

Planetoida o numerze 14382 otrzymała nazwisko polskiego astronoma prof. dr hab. Andrzeja Woszczyka z Torunia. Czytelnicy „Uranii – Postępów Astronomii” znają Profesora jako Redaktora Naczelnego tego czasopisma. Jest też On, już trzecią kadencję, Prezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Nazwa została nadana przez Międzynarodową Unię Astronomiczną w uznaniu zasług Profesora A. Woszczyka w badaniu ciał Układu Planetarnego i jest niejako prezentem urodzinowym dla Profesora. Planetoida Woszczyk została odkryta w obserwatorium ESO w La Silla w Chile w dniu 55 rocznicy urodzin Profesora (2 marca 1990 r.) przez astronoma belgijskiego dra Henri Debehogne'a z Obserwatorium Królewskiego w Uccle (Bruksela). Otrzymała wtedy oznaczenie 1990 ES6. Później okazało się, że asteroida ta była już wcześniej obserwowana i była znana jako 1978



Zdjęcie wykonane 10 lutego br. o godz. 0:24 teleskopem TSC 90/60 w Piwnicach k. Torunia przez Jędrzeja Osiwałę. Czas ekspozycji ok. 10 min. Strzałka wskazuje planetoidę (14382) Woszczyk



Nie wiemy, jak wygląda planetoida Woszczyk. Znamy obecnie wygląd zaledwie kilku planetoid, które udało się sfotografować przy okazji przelotów w ich pobliżu sond kosmicznych. Mozaika powyższych zdjęć nie zachowuje skali rozmiaru

XR, a następnie jeszcze raz ją „odkrywano” i nosiła oznaczenie 1998 XS74. Ale to właśnie dr H. Debehogne wyznaczył jej orbitę i udowodnił, że te różne oznaczenia nosi to samo ciało. I jest to przyzwoita, przewidywalna planetoida krażąca na orbicie eliptycznej w głównym pasie planetoid, między orbitami Marsa i Jowisza. Nie zagraża Ziemi, bo nigdy nie przejdzie na trajektorię kolizyjną z Ziemią. Obecnie znajduje się w gwiazdozbiorze Panny, w dniu 15 marca będzie w opozycji i jest widoczna na

północnym niebie przez całą noc. Jest odległa o ok. 3 j.a. od Słońca i 2 j.a. od Ziemi. Ma jasność ok. 17 wielkości gwiazdowej. Do jej oglądania jest potrzebny zatem teleskop o średnicy ok. 50 cm, chociaż mniejsze teleskopy z kamerą CCD będą mogły uzyskać jej obrazy. Dla chętnych potwierdzenia obecności planetoidy Woszczyk na niebie podajemy skróconą efemerdę na najbliższe 2 miesiące.

(jd)

(14382) Woszczyk

Date	R.A. (J2000)	Decl.	Delta AU	r AU	El.	Ph.	V	Ruch własny "/min	P.A.
2005.03.01	11 49 33,7	-00 05 15	2,041	3,002	162,8	5,6	17,1	0,48	294,4
2005.03.05	11 46 40,7	+00 14 28	2,027	3,003	167,5	4,1	17,0	0,51	294,6
2005.03.10	11 42 53,5	+00 40 32	2,016	3,005	173,6	2,1	16,9	0,53	294,7
2005.03.15	11 38 59,9	+01 07 33	2,013	3,007	178,9	0,4	16,7	0,54	294,9
2005.03.20	11 35 06,5	+01 34 44	2,017	3,009	174,2	1,9	16,8	0,53	295,1
2005.03.25	11 31 19,9	+02 01 23	2,028	3,011	168,2	3,9	17,0	0,51	295,3
2005.03.30	11 27 45,7	+02 26 51	2,046	3,013	162,3	5,8	17,1	0,48	295,6
2005.04.05	11 23 52,4	+02 54 59	2,077	3,015	155,3	8,0	17,2	0,42	296,0
2005.04.10	11 21 03,3	+03 15 49	2,110	3,017	149,6	9,7	17,4	0,36	296,6
2005.04.15	11 18 41,3	+03 33 48	2,149	3,019	144,0	11,3	17,5	0,30	297,3
2005.04.20	11 16 49,0	+03 48 37	2,193	3,021	138,6	12,7	17,6	0,23	298,6
2005.04.25	11 15 27,9	+04 00 07	2,242	3,023	133,4	14,0	17,7	0,16	301,1
2005.04.30	11 14 38,6	+04 08 13	2,295	3,024	128,3	15,2	17,7	0,087	307,5
2005.05.05	11 14 21,3	+04 12 53	2,352	3,026	123,3	16,2	17,8	0,025	353,5

PROSTE DOŚWIADCZENIA (cz. 4)

(Doświadczenia z fizyki mające związek z astronomią)

Krótkie omówienie doświadczeń demonstrowanych wcześniej zamieściłem w [1], [2] i [3].

Wiele własności substancji zależy od warunków zewnętrznych (temperatury, ciśnienia, indukcji pola magnetycznego). Z najbardziej skrajnymi warunkami, jakich być może nigdy nie wytworzymy na Ziemi, spotykają się astronomowie [4]. Dla przykładu, najniższe ciśnienie uzyskane w laboratorium (CERN) to 10^{-17} mbar. Odpowiada to obecności kilkudziesięciu tysięcy atomów w metrze sześciennym. W Kosmosie spotykamy często zaledwie kilka atomów w tej objętości.

1. Pod normalnym ciśnieniem woda wrze w temperaturze 100° C . Pokażmy, że pod niższym ciśnieniem temperatura wrzenia jest niższa. Wystarczy dowolna strzykawka i nieco podgrzana woda (do temperatury $40\text{--}50^{\circ}\text{ C}$). Do strzykawki wciągamy $2\text{--}3\text{ cm}^3$ podgrzanej wody, zatykamy wylot palcem (plasteliną, gumką ołówkową) i odciągamy maksymalnie tłok. Woda wrze kilka sekund. Problem: jak przebiegałoby wrzenie pod ciśnieniem rzędu 10^{-17} mbar?

2. Mówimy uczniom, że opór właściwy przewodników zależy od temperatury. Jak im to pokazać? Żarówkę 220 V , 100 W łączymy szeregowo z żarowczką od latarki kieszonkowej ($2,5\text{ V}$, $0,3\text{ A}$). Włączamy ten układ do sieci. Żarowczka błysnęła i się przepaliła. Wyłączamy układ z sieci i wkręcamy nową żarowczkę. Równolegle do żarowczki dołączamy kawałek przewodu (rys. 1). Włączamy ponownie układ do sieci. Usuwamy połączenie bocznikujące żarów-

weczkę. Problem dla ucznia: dlaczego teraz żarowczka się nie przepala?

3. Sposób bardziej bezpośredni. Ostrym pilnikiem nacinamy wokół bańki rysę (w odległości ok. 1 cm od metalowego trzonka). Kawałek drutu trzymany w szczypcach rozgrzewamy w płomieniu kuchenki gazowej i dotykamy nim bańki wzdłuż rysy. Bańka powinna pęknąć. Żarówkę (bez bańki) łączymy szeregowo z żarowczką $2,5\text{ V}$, $0,075\text{ A}$. Zasilamy układ z baterii $4,5\text{ V}$ (rys. 2). Płomieniem świecy lub zapałki ogrzewamy wolframową spiralę żarówki. Jak zmieniło się świecenie żarówczki? O czym to świadczy?

Uwaga: Opór właściwy wolframu rośnie dość szybko z temperaturą (szczególnie w wyższych temperaturach). Opór 100 W żarówki w temperaturze pokojowej wynosi ok. $46\ \Omega$, gorącej (pod napięciem nominalnym) $484\ \Omega$.

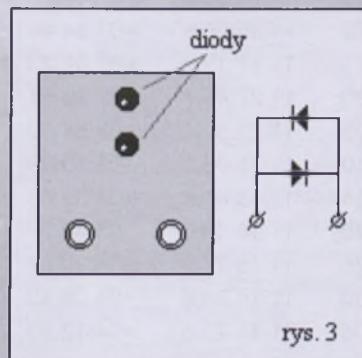
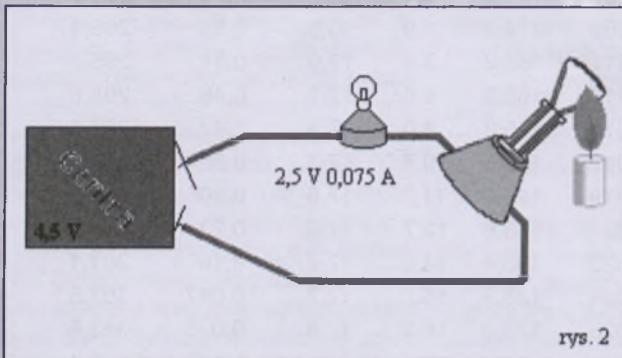
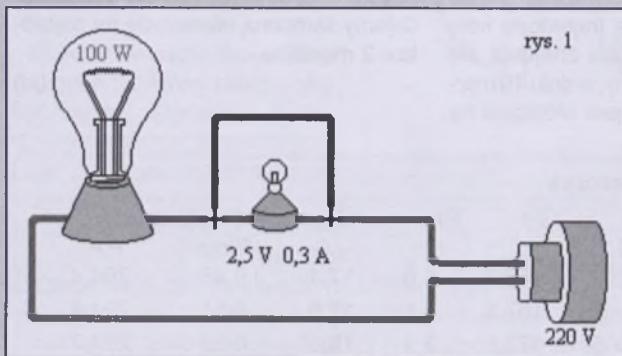
4. A jak jest z półprzewodnikami? Żarówkę 220 V łączymy szeregowo z termistorem wymontowanym ze starego odbiornika telewizyjnego (lampowego). Włączamy układ do sieci. Jasność świecenia żarówki powoli rośnie.

Uwaga: Termistor w tym czasie ogrzewa się do dość wysokiej temperatury.

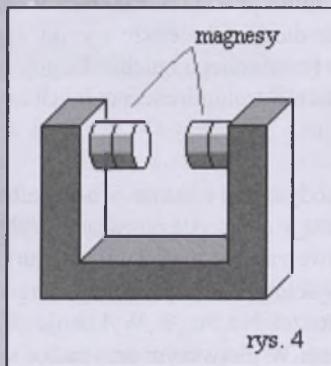
Jeśli nie uda nam się zdobyć takiego termistora, możemy wykorzystać zwykłą diodę prostowniczą. łączymy ją szeregowo z diodą elektroluminescencyjną (najlepiej o podwyższonej jasności). Zasilanie — $2\text{--}3\text{ V}$ napięcia stałego. Dioda prostownicza włączona w kierunku zaporowym, dioda świecąca w kierunku przewodzenia. Ogrzewamy diodę prostowniczą zapałką (świeczką). Jasność świecenia diody elektroluminescencyjnej wzrasta.

5. Opór wielu półprzewodników zależy też od oświetlenia. W poprzednim układzie diodę prostowniczą zastępujemy fotoopornikiem. Zmieniając oświetlenie fotoopornika, obserwujemy zmianę jasności diody elektroluminescencyjnej

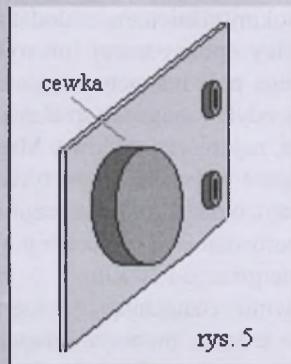
6. Ze zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej astronomowie spotykają się dość często. Istnienie pól magnetycznych gwiazd i planet tłumaczy się przecież „efektem dyna-



ma". Do doświadczenia użyjemy znanych już diod elektroluminescencyjnych (czerwonej i niebieskiej) o podwyższonej jasności (światłość ok. 5000 mcd) i magnesów neodymowych (ramka). Diody montujemy na niewielkiej płytce z tworzywa sztucznego (rys. 3) i łączymy z gniazdkami radiowymi wg schematu obok. Magnesy neodymowe (5–6 szt.) przykładamy do podkowy z miękkiej stali. Odległość między magnesami ok. 18–20 mm (rys. 4). Przygotowujemy też zwojnicę o ok. 300 zwojach (przewód miedziany w emaliu o średnicy 0,1 mm). Zwojnicę najwygodniej przykleić do płytki z tworzywa zaopatrzonej w dwa gniazdka (rys. 5). Średnica otworu w szpuli, na której nawijamy zwojnicę, powinna być nieco większa od średnicy użytych magnesów. Zwojnicę (połączoną z diodami) szybkim ruchem wsuwamy między bieguny magnesu. Błyska jedna z diod. Równie szybkim ruchem wysuwamy. Błyska druga dioda. Do doświadczenia można też użyć szkolnego galwanometru uniwersalnego ze skalą 1–0–1 mA.



rys. 4

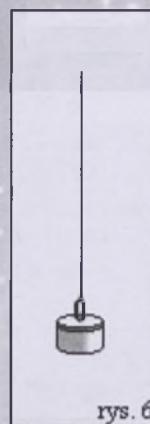


rys. 5

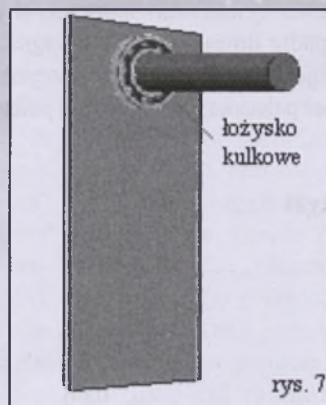
7. Jeśli indukcja to również zasada zachowania energii (reguła Lenza). Do doświadczenia będzie potrzebna miedziana rurka o średnicy (zewnętrznej) 12 mm i długości 60 cm (może być dłuższa). Rurkę ustawioną pionowo trzymamy w ręku. Wpuszczamy do rurki dwa złączone małe magnesy walcowe, licząc 121, 122, 123, ... Przy wymawianiu 126 podstawiamy drugą rękę pod wyłot rurki. Za chwilę wypadają magnesy. Prądy wirowe wzbudzane w rurce są tak silne, że efekt hamowania jest wprost szokujący.

8. Reguła Lenza II. Do okrągłej blaszki stalowej dolutowujemy druciane uszko. Zawieszamy na nitce o długości ok. 50 cm. Do blaszki przykładamy magnes pierścieniowy (rys. 6). Na chwilę wprawiamy w ruch wahadło. Zatrzymu-

jem je. Pod wahadło podkładamy blaszkę miedzianą (elektrodę z zestawu ogniska Volty). Odległość między blaszką a wahadłem 1–2 mm. Odchylamy wahadło i puszczzamy swobodnie. Wahadło zatrzymuje się w położeniu równowagi (drągania anharmoniczne). Spod nieruchomego wahadła wyciągamy szybkim ruchem płytę miedzianą. Wahadło zostaje „pociągnięte” i wychyla się o znaczny kąt.



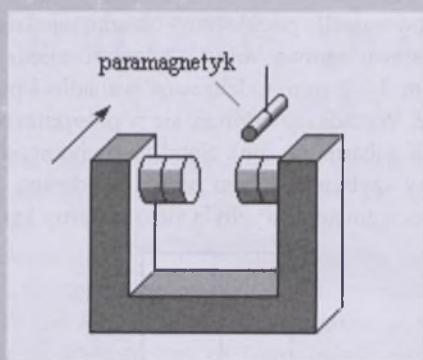
rys. 6



rys. 7

9. Reguła Lenza III. Jest to doświadczenie Waltenhofena, nieco zmodyfikowane (rys. 7). Do miedzianej płytki (ok. 5 × 12 cm) przyklejamy (Super Glue) niewielkie łożysko kulkowe. W otworze łożyska osadzamy pręt o odpowiedniej średnicy do zawieszenia u uchwycie statywów. Zawieszamy na takiej wysokości, aby dolna krawędź płytki znalazła się nieco poniżej dolnej krawędzi magnesów. Jeśli wahadło umieścimy między biegunami magnesu i wychylimy, zostaje prawie natychmiast zatrzymane.

10. Dia- i paramagnetyzm. Dobre wyniki uzyskiwano używając 4 magnesów MP 20 × 4 × 5/N27. Odległość między biegunami — 18–20 mm. Niewielką pałeczkę diamentyka (musi się swobodnie obracać między biegunami naszego magnesu) zawieszamy na statywie na dość długiej nitce. Magnes ustawiamy obok tak, aby linie indukcji były równoległe do pałeczki. Przesuwamy magnes, aby pałeczka znalazła się między biegunami (rys. 8). Diamagnetyk obraca się, usiłując ustawić się prostopadle do linii pola. Najlepsze wyniki uzyskujemy z grafitem (czystym!), ale efekt jest w pełni przekonujący z łatwo dostępnym kryształem soli.



Diamagnetyki

Materiał	$\chi \cdot 10^{-6}$
grafit	-3,5
bizmut	-1,35
NaCl	-0,5
siarka	-0,52

Z paramagnetykiem postępujemy podobnie, z tym że magnes przed dosunięciem ustawiamy tak, aby linie indukcji były prostopadłe do pałeczki paramagnetyka. Bardzo dobre wyniki daje pałeczka z łatwo dostępnego siarczanu miedzi. A również pałeczka z winiduru lub polistyrenu (miękkiego).

Paramagnetyki

Materiał	$\chi \cdot 10^{-6}$
CuSO ₄	5,9
tantal	0,87
winidur	0,68
glin	0,65
polistyren	0,66

11. Polaryzacja przez anizotropię rozpraszania światła. To doświadczenie opisałem w [2], choć go wówczas nie zademonstrowałem, a tylko omówiłem. Teraz dodam jedynie, że niezbędny filtr polaryzacyjny można wymontować z wyświetlacza ciekłokrystalicznego uszkodzonego zegarka elektronicznego, kalkulatora lub innego przyrządu niezdatnego do użytku. Trudniejszy dziś do zdobycia tiosiarczan sodu możemy zastąpić następującym roztworem. W 2—3 cm³ alkoholu (denaturatu) rozpuszczamy kilka mm³ kalafonii (kalafonii używają muzycy do nacierania smyczków). Wlewamy do wody i mieszamy. Wiązka staje się wi-

doczna. Roztwór kalafonii można zastąpić (z nieco gorszym skutkiem) kilkoma kroplami mleka. Niestety w obu przypadkach nie będziemy obserwować zmian występujących w czasie wzrostu kryształków siarki. Jeśli użyjemy wiązki lasera półprzewodnikowego, filtr polaryzacyjny jest zbędny (wiązka laserowa jest spolaryzowana).

12. Luminescencja. Do doświadczenia użyjemy roztworu fenoloftaleiny lub, znacznie łatwiej dostępnego, rivanolu (do nabycia w aptece). To doświadczenie również opisywane jest w [2].

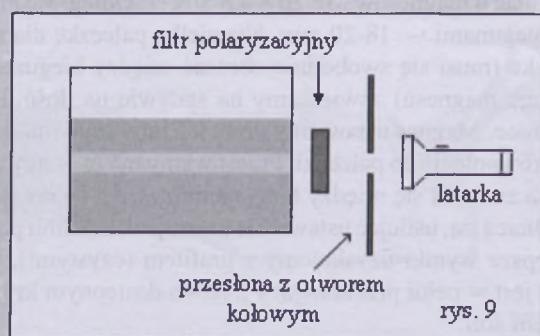
Uwaga: Doświadczenie 11 często wykorzystuje się do wyjaśnienia błękitu nieba. Niestety, jeśli używamy żarówek, błękit rozproszonej wiązki jest bardzo problematyczny. Efekt byłby znacznie lepszy, gdybyśmy wykorzystali światło słońca. Nie zawsze jest to możliwe. Proponuję zastąpienie żarówki białą diodą elektroluminescentną o światłości 5000 mcd lub większej, uzupełnioną niewielką soczewką poprawiającą kolimację wiązki. Również w doświadczeniu 12 zastosowanie diody daje lepsze wyniki. Jeśli nie mamy dobrych filtrów (czerwonego i niebieskiego), możemy użyć przemiennie diod elektroluminescentnych czerwonej i niebieskiej.

Magnesy neodymowe i samarowo-kobaltowe są znane od 1985 r. Tworzą je nie czyste pierwiastki, tylko stopy, a raczej spieki (wytwarza się je metodami metalurgii proszków). Materiałem wyjściowym do produkcji magnesów neodymowych jest proszek Nd₂Fe₁₄B. Wykonuje się je jako spiekane lub wiązane. W pierwszym przypadku spieka się proszek w obecności silnego pola magnetycznego, w drugim prasuje pod wysokim ciśnieniem z dodatkiem materiału wiążącego (żywicy epoksydowej lub nylonu) również w obecności silnego pola magnetycznego. Ze względu na silne utlenianie neodymu magnesy spiekane są pokrywane szczelną powłoką, najczęściej niklową. Magnesy spiekane mają znacznie lepsze właściwości magnetyczne. Ich podstawa zaleta to bardzo duża gęstość energii dochodząca do 400 kJ/m³. Dla porównania — przeciętny magnes ferrytowy ma gęstość energii rzędu 30 kJ/m³.

Magnesy neodymowe znajdują coraz szersze zastosowania. Wykorzystuje je m. in. przemysł samochodowy, sprzętu audio-video, komputerowy. Spotkamy je nawet w zabawkach i... biżuterii (zapinki magnetyczne). Wykorzystuje je również przemysł pomocy szkolnych niektórych krajów (np. Pasco w USA, Phyve w Niemczech).

W Polsce magnesy neodymowe wytwarzają PPHU Enes (www.magnesy.pl). Firma prowadzi też sprzedaż wysyłkową. Można je również nabycić w sklepie Konrad na pl. Konstytucji w Warszawie. Wytwarzają je też Baildon w Katowicach.

Z magnesami neodymowymi z kilku względów należy obchodzić się ostrożnie. Jako spieki są dość kruche i można je łatwo przełamać (szczególnie cienkie magnesy płytковwe). Magnesy walcowe i pierścieniowe położone zbyt blisko siebie mogą do siebie „doskoczyć” i pęknąć przy zderzeniu (raz mi się to przytrafiło). Można też łatwo uszkodzić

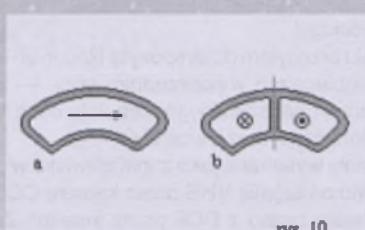


cienką powłokę niklową. Silniejsze magnesy (o objętości 3 cm³ i więcej) mogą też uszkodzić palce, ściskając je jak obcegi.

Magnesy neodymowe płytowe możemy uzyskać za darmo. Należy w komputerowym punkcie serwisowym poprosić o uszkodzone dyski twarde (dysków nikt nie naprawia, są oddawane na złom). W mechanizmie przesuwającym głowicę wzduż promienia dysku spotykamy dwa rozwiązania (rys. 10), pary płyt magnesowane wzduż lub dwie pary magnesowane prostopadle do ich powierzchni. Pierwsze są utrzymywane we właściwym położeniu siłami magnetycznymi, drugie są przyklejane. Z ich odklejeniem są pewne problemy, ale na ogół daje się to wykonać.

W demonstrowanych doświadczeniach wykorzystuję magnesy pierścieniowe MP 20×4×5/N27 (5 — 6 szt. po 3,18 zł) oraz walcowe MW 6×4/N27 (2 — 4 szt. po 0,28 zł).

Juliusz Domański



rys. 10

- [1] Domański J., *Doświadczenia na lekcjach astronomii*, Urania-Postępy Astronomii 6/2000.
- [2] Domański J., „*Astronomiczne*” doświadczenia z fizyki, Urania-Postępy Astronomii 1/2003.
- [3] Domański J., *Astronomicznych doświadczeń ciąg dalszy*, Urania-Postępy Astronomii 1/2004.
- [4] Domański J., *Niezwykłe laboratorium*, Urania-Postępy Astronomii 6/1999.

recenzje Uranii-PA

Roman Karol Janiczek, Jan Mietelski, Marek Zawiłski. *Kalendarz astronomiczny na XXI wiek*. Warszawa 2004, Wyd. Prószyński i S-ka, 192 s., cena 29,90 zł.

Ukazała się nareszcie — z trzyletnim opóźnieniem! — niecierpliwie oczekiwana przez miłośników astronomii pozycja pt. *Kalendarz astronomiczny na XXI wiek*, dawno już zapowiadana przez autora analogicznego kalendarza na wiek XX. Pod koniec lat 90. ubiegłego stulecia prof. Roman Janiczek (Prezes PTMA w latach 1983–86) poprosił na współautorów tego opracowania dra Jana Mietelskiego z Krakowa i dra hab. Marka Zawiłskiego z Łodzi. Niestety, nie dane było prof. Janickowi nawet dokończyć tego dzieła — zmarł w ostatnim dniu sierpnia 1999 r. Zgodnie z Jego wolą ukończenia pracy oraz jej wydania podjęli się współautorzy. *Kalendarz* został oddany do wydawnictwa na początku roku 2000. I mógłby zostać wydrukowany na początku 2001 r., czyli w samą porę, ale... Jakoweś przeszkoły, niezbyt zrozumiałe w danej sytuacji, uniemożliwiły dotrzymanie terminu przez wydawnictwo mimo wielu interwencji ze strony zainteresowanych. Jest to podstawowy zarzut co do solidności edytorskiej. Drugim jest brak kolorowych ilustracji (oprócz

ośmiu stron zdjęć), które przez autorów zostały przecież dostarczone. Co gorsza — nawet czarno-białe też nie są porządnie skopiowane. I podobno miał być dołączony kompakt (CD-ROM) z programami astronomicznymi, którego jednak nie znalazłem w rzeczonej pozycji. Czyżby zawiniła kondycja finansowa wydawnictwa? Jest to zupełnie możliwe, zważywszy jeszcze, iż pewne „urzędasy” już próbowały narzucić 22-procentowy VAT na książki. Zakrawa to wręcz na celowe usiłowanie niszczenia kultury i nauki polskiej (przez KBN i CK).

Przedstawiana pozycja jest nie tylko kalendarzem, ale również poradnikiem astronomicznym — bowiem zawiera wiele podstawowych wiadomości z wiedzy o niebie. Rozpoczyna je astronomia sferyczna (układy współrzędnych) i astrometria, ze szczególnym zwróceniem uwagi na mapy nieba, gwiazdozbiory i katalog najjaśniejszych oraz interesujących gwiazd. Nie brak też oczywiście szerokiego przedstawienia pojęcia czasu.

Kolejny rozdział przystępnie opisuje parametry geometryczne i fizyczne Słońca oraz Księżyca wraz z informacją o wzajemnych zaćmieniach tych ciał (choćże właściwie w przypadku Słońca jest to jego zakrycie przez Księżyca, jak każdej innej gwiazdy w pasie zodiakalnym, które to zjawiska — dla jasnych gwiazd i planet — Marek Zawiłski także odnotowuje i podaje).

Następny rozdział może być osobliwie ciekawy dla czytelników, ponieważ zostały w nim zawarte istotne informacje oraz pewne ciekawostki o planetach, (i największych księżycach), planetoidach, a także o kometach oraz meteoroidach w Układzie Słonecznym. Przestano za to zwracać specjalną uwagę na Plutona, bo i trudno go obserwować instrumentami amatorskimi, i „zdegradowano” go do największego obiektu Pasa Kuipera. Zainteresowanie planetami, zwłaszcza Marsem, jest ponadto spowodowane możliwością załogowych wypraw astronautycznych na jego powierzchnię w XXI w.

Niemniej jednak niektóre fragmenty tego rozdziału denerwują, bynajmniej nie z winy autorów — znalazłem aż 6 (sześć!) tabel dotyczących minionych już konfiguracji planet dolnych i górnych (rychło w czas!), nie wspominając już kilku innych przestarzałych danych. Czyżby już tak upadła sztuka poligraficzna, iż pomimo istnienia składu komputerowego zdarzają się fatalne pomyłki (*fatal errors*)?

Z tego samego powodu (opóżnienia) niewiele jest informacji o nowo odkrytych księżycach (minisatelitach) planet-olbrzymów. Swego czasu proponowałem Wydawnictwu Prószyński i S-ka książkę pt. *Księżyce planet* — bez rezultatu.

Zamyka ten rozdział kilka bardzo interesujących tabel oraz wykresów

dokonanie na s. 94

czytelnicy piszą...

Szanowna Redakcjo!

W załączniu przesyłam do dyspozycji Redakcji — zgodnie z tym, co obiecałem w poprzednim liście — zdjęcia z przejścia Wenus i pasażerskiego samolotu odrzutowego na tle tarczy słonecznej 8 czerwca 2004 r.

Zdjęcia zostały wykonane jako zapis zjawiska w postaci ruchomego filmu na taśmie VHS przez kamerę CCD czarno-białą z zapisem czasu z DCF przez inserter. Zebrany materiał na taśmie VHS wymagał komputerowego opracowania. Miałem z tym spore problemy. Po przetworzeniu z zapisu filmu VHS na postać cyfrową wykonałem zdjęcie aparatem cyfrowym z ekranu monitora przy pozycji „stop-klatka”. Dlatego, na większości z nich wytworzyła się siateczka-raster, ponieważ „sprzęgły się” piksele monitora i aparatu cyfrowego.

Łączę pozdrowienia

Franciszek Chodorowski
Kolonia Księżyno

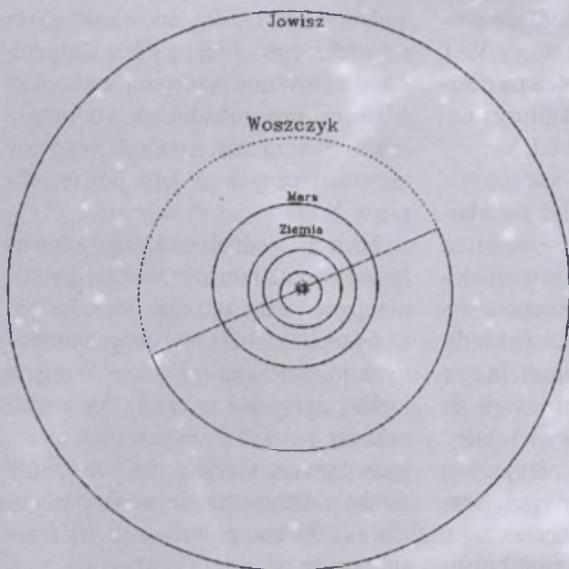
Szanowny Panie Profesorze – właścicielu planetoidy nr 14382!

Serdecznie gratulujemy tego zaszczytnego wyróżnienia!

Jako specjaliści od orbit kometarnych i nie tylko, przesyłamy poniższy rysunek orbity planetoidy Woszczyk w rzu-
cie na płaszczyznę ekliptyki.

Serdecznie pozdrawiamy – drużyna Pracowni Mechaniki Nieba i Planetologii (jak nas niedawno przemianowa-
no) Centrum Badań Kosmicznych PAN:

Ryszard Gabryszewski, Małgorzata Królikowska
Grzegorz Sitarski (Szef!), Sławomira Szutowicz
Krzysztof Ziolkowski



Drodzy Koledzy,

jakżeś miło jest otrzymywać gratulacje od znakomi-
tych Koleżanek i Kolegów, badaczy ruchów ciał niebie-
skich i z kompetentnego źródła dowiedzieć się, gdzie to
nowo ochrzczona planetoida się znajduje! Dziękuję bar-
dzo. Miło mi też, że otrzymuję gratulacje od „Szefa” Dru-
żyny, który od kilkudziesięciu już lat ma międzyplanetarną
posiadłość (planetoida nr 2042).

Ściskam Was serdecznie

Andrzej



Interesujące obiekty: Kasjopea

Obiekt	Rodzaj Obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary Kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
Stock 2	GO	02:15:00,0	+59:16:00	4,4	60'	40-60/8-15×	40-70/135-500
Collinder 463	GO	01:48:24,0	+71:57:00	5,7	36"		
Collinder 33	GO	02:59:18,0	+60:24:00	5,9	40"		
NGC 457	GO	01:19:06,0	+58:20:00	6,4	13"		
IC 1848	M	02:52:54,0	+60:18:00	6,5	60"		
IC 1805	M	02:34:54,0	+61:05:00	6,5	90"		
NGC654	GO	01:40:06,0	+61:53:00	6,5	5"	40-60/10-30×	50-80/1000
NGC 129	GO	00:29:54,0	+60:14:00	6,5	21"	40-60/8-20×	40-70/135-500
Melotte 15	GO	02:32:36,0	+61:27:00	6,6	21"		
NGC 1027	GO	02:42:42,0	+61:33:00	6,7	20"		
NGC 7789	GO	23:57:00,0	+56:44:00	6,7	16"		
Collinder 34	GO	03:00:54,0	+60:25:00	6,8	25"		
M 52	GO	23:24:12,0	+61:35:00	6,9	13"		
Trumpler 3	GO	03:11:48,0	+63:15:00	7,0	23"		
Stock 5	GO	02:04:30,0	+64:26:00	7,0	15"		
NGC 225	GO	00:43:24,0	+61:47:00	7,0	12"		
Markarian 6	GO	02:29:36,0	+60:39:00	7,1	4,5"	50-60/10-30×	50-80/1000
NGC 663	GO	01:46:00,0	+61:15:00	7,1	16"	50-70/8-20×	40-70/135-500
M 103	GO	01:33:12,0	+60:42:00	7,4	6"	50-70/10-30×	60-80/1000
NGC 281	M	00:52:48,0	+56:37:00	7,4	35"×30"	50-80/10-15×	50-80/135-500
NGC 659	GO	01:44:12,0	+60:42:00	7,9	5"	60-90/40-80×	60-80/1500
Trumpler 1	GO	01:35:42,0	+61:17:00	8,1	4,5"		
NGC 637	GO	01:42:54,0	+64:00:00	8,2	3,5"		
King 14	GO	00:31:54,0	+63:10:00	8,5	7"		
NGC 7790	GO	23:58:24,0	+61:13:00	8,5	5"		
NGC 436	GO	01:15:36,0	+58:49:00	8,8	6"		
Stock 24	GO	00:39:42,0	+61:57:00	8,8	4"		
NGC 189	GO	00:38:42,0	+61:04:00	8,8	3,7"		
Harvard 21	GO	23:54:06,0	+61:46:00	9,0	4"		
NGC 146	GO	00:33:06,0	+63:18:00	9,1	7"		
NGC 185	G	00:38:57,9	+48:20:18	9,2	13"×10"	80-100/40-80×	80/1500
Frolov 1	GO	23:57:24,0	+61:38:00	9,2	-		
Berkeley 62	GO	01:01:00,0	+63:57:00	9,3	10"		
NGC 381	GO	01:08:18,0	+61:35:00	9,3	6"		
NGC 133	GO	00:31:12,0	+63:22:00	9,4	7"		
NGC 7788	GO	23:56:42,0	+61:24:00	9,4	9"		
NGC 559	GO	01:29:30,0	+63:18:00	9,5	4,4"		
NGC 147	G	00:33:11,6	+48:30:28	9,5	14"×8"		
Berkeley 58	GO	00:00:12,0	+60:58:00	9,7	8"		
NGC 103	GO	00:25:18,0	+61:21:00	9,8	5"		
King 21	GO	23:49:54,0	+62:43:00	9,8	2,5"	100/60-100×	80-100/1500
Czernik 3	GO	01:04:06,0	+62:48:00	9,9	3"		
Stock 6	GO	02:23:42,0	+63:52:00	10,0	20"	120/60-100×	80-100/1000
King 12	GO	23:53:00,0	+61:58:00	10,0	2"	150/60-100×	100-150/2000
Berkeley 65	GO	02:39:00,0	+60:25:00	10,2	5"		
King 16	GO	00:43:42,0	+64:11:00	10,3	3"		
Czernik 13	GO	02:44:42,0	+62:21:00	10,4	6"		
King 4	GO	02:35:42,0	+59:00:00	10,5	3"		
Berkeley 4	GO	00:45:30,0	+64:24:00	10,6	5"		
NGC 278	G	00:52:04,5	+47:33:00	10,8	2,4"×2,4"		
NGC 609	GO	01:37:12,0	+64:33:00	11,0	3"		
Maffei 1	G	02:36:18,0	+59:39:00	11,4	5"×3"	200-250/100×	200-250/2000
IC 166	GO	01:52:12,0	+61:50:00	11,7	4,5"		

G – galaktyka, GO – gromada otwarta, M – mgławica

Wiesław Skórzyński

4^d01^h01^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

6^d07^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odległości 2°.

6^d18^h Minimalna libracja Księżyca (4,7°) w kierunku Mare Fecunditatis (zaciemnione).

7^d Gwiazda zmienna długookresowa α Cet (Mira) (2^h19,3^m, -2°58') osiąga maksimum jasności (3,4^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

9^d04^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości 3°.

10^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

11^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Lib (miryda) (15^h24,3^m, -22°55') osiąga maksimum jasności (7,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2004].

11^d20^h07^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

12^d19^h Maksymalna libracja Księżyca (6,8°) w kierunku krateru Maurolycus (oświetlony).

13^d Gwiazda zmienna długookresowa R Lyn (miryda) (7^h01,3^m, +55°20') osiąga maksimum jasności (7,9^m).

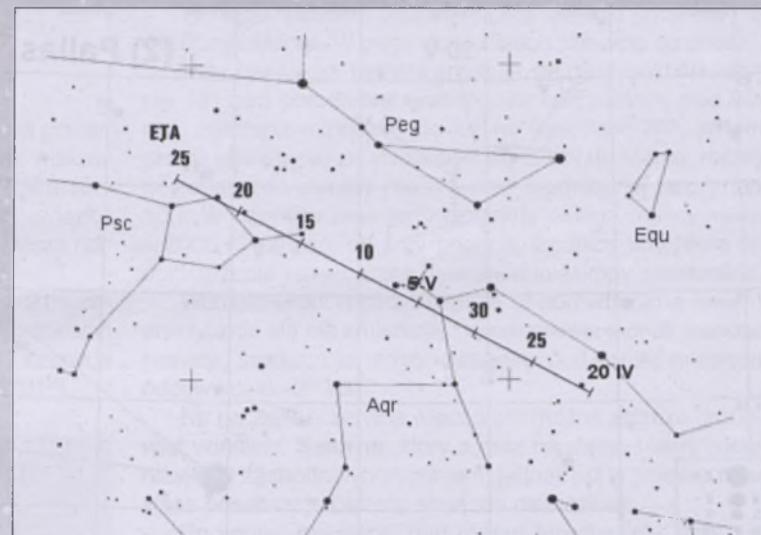
13^d16^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 5°.

14^d Gwiazda zmienna długookresowa S CMi (miryda) (7^h32,7^m, +8°20') osiąga maksimum jasności (7,5^m).

15^d11^h Złączenie Marsa z Uranem w odległości 1°.

16^d Gwiazda zmienna długookresowa RR Sgr (miryda) (19^h55,9^m, -29°11') osiąga maksimum jasności (6,8^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2004].

18^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.



Rys. 2. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego eta Akwarydów (ETA) w okresie od 20 kwietnia do 25 maja

18^d18^h Minimalna libracja Księżyca (6,3°) w kierunku Mare Orientale (zaciemnione).

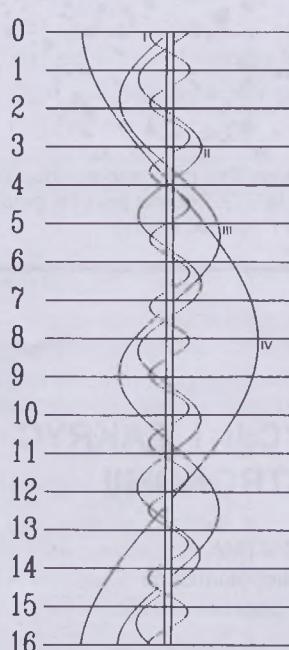
19^d00^h21^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

19^d22^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odległości 1°.

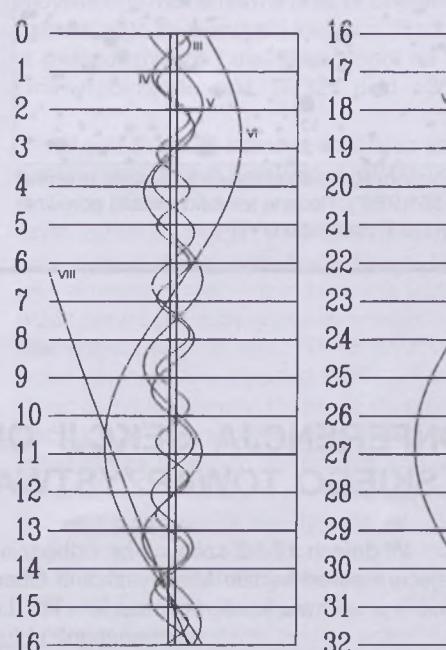
20^d00^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

20^d22^h49^m Słońce wstępuje w znak Bliźniąt, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 60°.

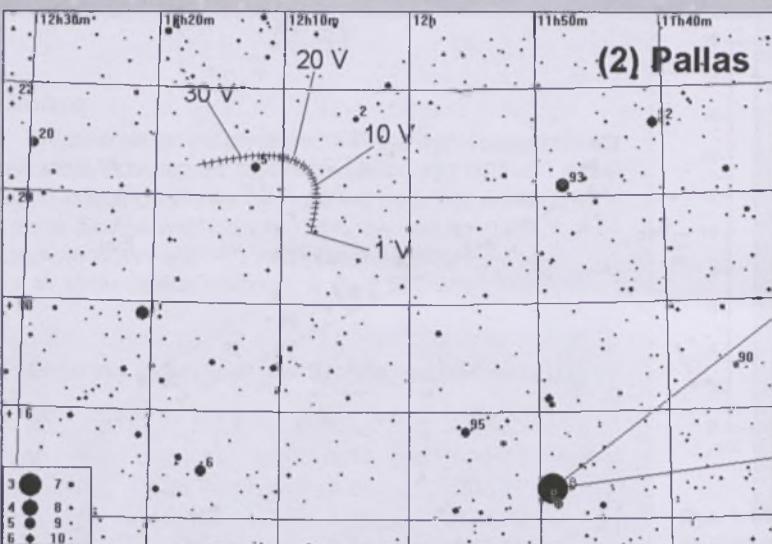
22^d22^h53^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].



Rys. 3. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w maju 2005 (I – Io, II – Europa, III – Ganymedes, 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 maju 2005 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 5. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Warkocza w maju 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

- 23^d Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (mityra) ($23^h11,6^m$, $+59^\circ42'$) osiąga maksimum jasności ($7,9^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2004].

23^{d00h} Minimalna libracja Księżyca ($6,3^\circ$) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieniona).

26^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

28^{d01h} Maksymalna libracja Księżyca ($6,7^\circ$) w kierunku *Mare Frigoris* (zacienione).

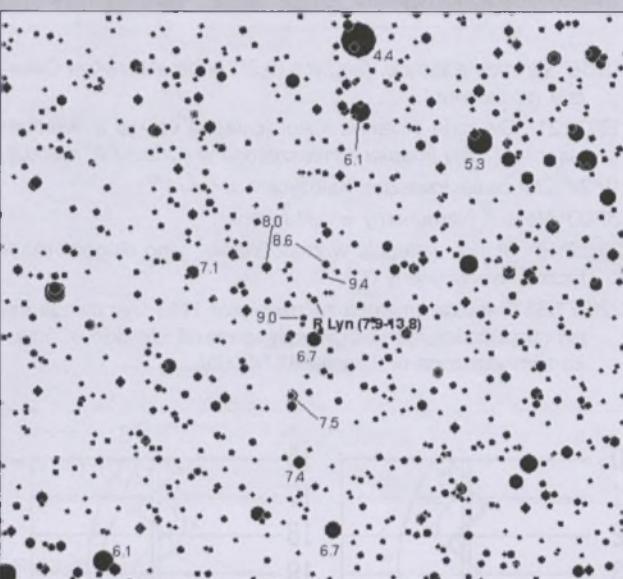
28^{d22h} Złączenie Neptuna z Księżycem w odległości 5° .

30^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cas (mityra) ($23^h58,4^m$, $+51^\circ24'$) osiąga maksimum jasności ($7,0^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2002].

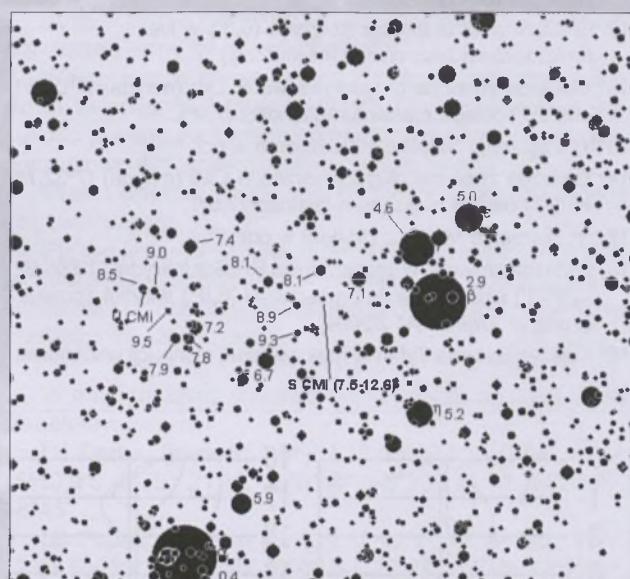
30^{d15h} Złączenie Urana z Księżycem w odległości 3° .

30^{d20h59m} Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

31^{d11h} Złączenie Marsa z Księżycem w odległości 1° .



Rys. 6. Mapa gwiazdozbioru Rysia do obserwacji gwiazdy zmiennej R Lyn ($7^{\circ}01'18.0''$, $+55^{\circ}19'50''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)



Rys. 7. Mapa gwiazdozbioru Małego Psa do obserwacji gwiazdy zmiennej S CMi ($7^h32^m43,1^s$, $+8^\circ19'05''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)

XXIV KONFERENCJA SEKCJI OBSERWACJI POZYCJI I ZAKRYĆ POLSKIEGO TOWARZYSTWA MIŁOŚNIKÓW ASTRONOMII

W dniach 17-19 czerwca br. odbędzie się kolejna konferencja SOPiZ PTMA
Miejscem obrad będzie Miejszyskolne Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach
Informacji w sprawie konferencji udziela kol. Leszek Benedyktowicz najlepiej poprzez e-mail:
lechben@go2.pl lub tel. 502 843 389.

Czerwiec

Słońce

W czerwcu deklinacja Słońca wzrasta aż do dnia przesilenia letniego, 21 czerwca, kiedy osiągne 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 $2^{\text{h}}21^{\text{m}}$, zachodzi o $18^{\text{h}}48^{\text{m}}$, a 30 czerwca wschodzi o $2^{\text{h}}18^{\text{m}}$, zachodzi o $19^{\text{h}}01^{\text{m}}$. Najwcześniej Słońce wzajemnie w dniu 17 czerwca ($2^{\text{h}}14^{\text{m}}$), najpóźniej zajdzie w dniu 25 czerwca ($19^{\text{h}}01^{\text{m}}$).

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

Data 2005	P [$^{\circ}$]	B ₀ [$^{\circ}$]	L ₀ [$^{\circ}$]
VI 1	-15,41	-0,66	182,18
3	-14,66	-0,42	155,71
5	-13,88	-0,18	129,24
7	-13,09	0,07	102,78
9	-12,28	0,31	76,30
11	-11,46	0,55	49,83
13	-10,62	0,79	23,36
15	-9,77	1,03	356,89
17	-8,91	1,27	330,42
19	-8,04	1,50	303,94
21	-7,16	1,74	277,47
23	-6,27	1,97	250,99
25	-5,37	2,20	224,52
27	-4,47	2,43	198,04
VI 29	-3,57	2,65	171,57
VII 1	-2,66	2,88	145,10

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

B₀, L₀ — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$14^{\text{d}}18^{\text{h}}22^{\text{m}}$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0° .

Księżyca

Bezksiężycowe noce będącymi mieli na początku czerwca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów $6^{\text{d}}21^{\text{h}}55^{\text{m}}$, pierwsza kwadra $15^{\text{d}}01^{\text{h}}22^{\text{m}}$, pełnia $22^{\text{d}}04^{\text{h}}14^{\text{m}}$ oraz ostatnia kwadra $28^{\text{d}}18^{\text{h}}23^{\text{m}}$. W apogeum Księżyca znajdzie się $11^{\text{d}}06^{\text{h}}12^{\text{m}}$, a w perigeum $23^{\text{d}}11^{\text{h}}48^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

W połowie czerwca wieczorem, tuż nad północno-zachodnim horyzontem, pojawia się **Merkury**, jednak pod koniec miesiąca, w godzinę po zachodzie Słońca, wzrosi się on na wysokość jedynie niecałych 3° i przy jasności jedynie 0^{m} jego obserwacja jest praktycznie niemożliwa.

W odnalezieniu Merkurego może jednak pomóc **Wenus**, która wieczorem 27 czerwca, świecąc z jasnością -4^{m} , zbliży się do niego na odległość jedynie $5'$, jednak nawet jej dostrzeżenie tak nisko nad horyzontem można będzie uważać za sukces.

W ciągu miesiąca poprawiają się warunki porannej działalności **Marsa**. W pierwszych dniach czerwca, na początku śluzy cywilnego, planeta znajduje się na wysokości jedynie 12° nad południowo-wschodnim horyzontem, pod koniec miesiąca wznosząc się już na wysokość 24° . W tym czasie, w związku ze zbliżaniem się Ziemi do Marsa, rośnie także jasność planety (do 0^{m}) oraz średnica jej tarczy (do $10''$). W czerwcu faza tarczy planety osiąga maksymalną w 2005 r. wartość, co przy podanej średnicy umożliwia jej dostrzeżenie nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie.

Warunki widoczności **Jowisza** w porównaniu z majem praktycznie się nie zmieniają, powoli maleje jednak jasność planety i średnica jej tarczy, osiągając pod koniec miesiąca odpowiednio -2^{m} i $37''$.

Na początku czerwca wieczorem można jeszcze próbować odnaleźć **Saturna**, który z dnia na dzień świeci coraz niżej nad zachodnim horyzontem, jednak już w połowie miesiąca obserwacje planety stają się niemożliwe.

Po koniec miesiąca, nad ranem teoretycznie staje się możliwa obserwacja **Urana** i **Neptuna**, jednak w ich dostrzeżeniu przeszukadzać będzie niskie położenie nad horyzontem i jasne niebo okresu „białych nocy”.

„Białe noce” są także przyczyną, dla której w czerwcu praktycznie kończy się okres obserwacji Plutona.

W czerwcu możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) **Ceres**, (jasność $7,6^{\text{m}}$). 10 VI: $14^{\text{h}}47,8^{\text{m}}, -9^{\circ}08'$; 20 VI: $14^{\text{h}}44,0^{\text{m}}, -9^{\circ}43'$; 30 VI: $14^{\text{h}}42,6^{\text{m}}, -10^{\circ}27'$.

Meteory

W dniach od 11 do 21 czerwca promieniują meteory z roju czerwcowych **Lirydów** (JLY). Rój ten obserwowany był w latach 60. i 70. XX w., następnie zaniknął. Ponownie obserwowany w 1996 r., nie został jednak dobrze zbadany. Niestety, tegorocznym obserwacjom meteorów w okresie przewidywanego maksimum w dniu 16 czerwca będzie przeszkadzał Księżyca po pierwszej kwadrze. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni kilka stopni na południe od Wagi i ma współrzędne: rekt. $18^{\text{h}}32^{\text{m}}$, dekl. $+35^{\circ}$.

W dniach od 26 czerwca do 2 lipca promieniują meteory z roju czerwcowych **Bootydów** (JBO). Rój ten obserwowany był w 1916 r., następnie być może w 1921 i 1927 r., po czym zaniknął. Dużym zaskoczeniem było ponowne pojawienie się czerwcowych Bootydów w 1998 r. i to od razu jako aktywnego roju — tzw. zenitalna liczba godzinna (ZHR) przez ponad pół doby wynosiła wtedy od 50 do ponad 100! Macierzysta kometa roju, 7P/Pons-Winnecke przechodziła przez peryhelium w styczniu 1996 i ponownie w maju 2002. Obecnie orbita komety zbliża się do orbity Ziemi na odległość aż $0,24$ j.a., tak więc aktywność z 1998 r. musiała być związana ze starszym materiałem krążącym po orbicie rezonansowej z Jowiszem (z 1819, 1869 lub 1825 r.). Tegoroczne maksimum przewidywane jest w dniu 27 czerwca ok. godziny 8^{h} UT. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wolarza i ma w tym dniu współrzędne: rekt. $14^{\text{h}}56^{\text{m}}$, dekl. $+48^{\circ}$. W obserwacjach tych niezwykle wolnych meteorów w drugiej połowie nocy będzie przeszkadzał Księżyca tuż przed ostatnią kwadrą.

$2^{\text{d}}23^{\text{h}}$ Minimalna libracja Księżyca ($5,6^{\circ}$) w kierunku *Mare Fecunditatis* (zaciemione).

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

5^d22^h Jowisz nieruchomy w rektascensji.

7^d Gwiazda zmienna długookresowa R Leo (miryda) ($9^h47,6^m$, $+11^\circ26'$) osiąga maksimum jasności (5,8^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2004].

7^d06^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odległości 3°.

8^d14^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości 3°.

8^d15^h Maksymalna libracja Księżyca (6,8°) w kierunku krateru *Maurolycus* (oświetlony).

9^d Gwiazda zmienna długookresowa T Her (miryda) ($18^h09,1^m$, $+31^\circ01'$) osiąga maksimum jasności (8,0^m).

10^d Gwiazda zmienna długookresowa RT Cyg (miryda) ($19^h43,6^m$, $+48^\circ47'$) osiąga maksimum jasności (7,3^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2002].

10^d02^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 4°.

12^d22^h40^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

13^d03^h Minimalna libracja Księżyca (6,2°) w kierunku krateru *Schickard* (zaciemiony).

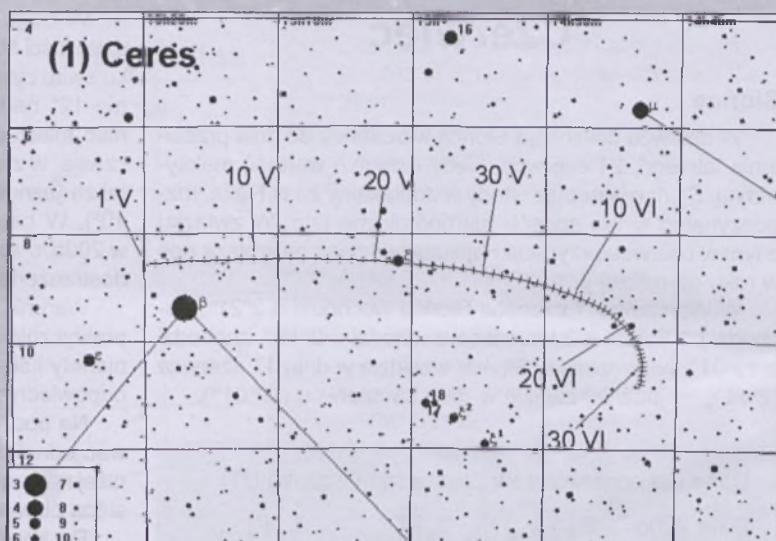
14^d03^h Pluton w opozycji do Słońca.

15^d04^h Uran nieruchomy w rektascensji.

15^d23^h21^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

16^d06^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odległości 1°.

18^d23^h08^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].



Rys. 8. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Wagi w maju i czerwcu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

19^d02^h Maksymalna libracja Księżyca (7,5°) w kierunku *Oceanus Procellarum* (zaciemiony).

21^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Vir (miryda) ($14^h27,3^m$, $+4^\circ41'$) osiąga maksimum jasności (8,1^m).

21^d06^h46^m Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekliptyczna wynosi wtedy 90°. Początek astronomicznego lata.

23^d21^h33^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

24^d11^h Minimalna libracja Księżyca (6,5°) w kierunku *Mare Frigoris* (zaciemione).

25^d08^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odległości 5°.

26^d03^h Złączenie Wenus z Saturnem w odległości 1°.

26^d13^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odległości 1°.

26^d20^h Złączenie Urana z Księżykiem w odległości 3°.

27^d Gwiazda zmienna długookresowa R Psc (miryda) ($1^h30,7^m$, $+2^\circ52'$) osiąga maksimum jasności (8,2^m).

27^d16^h Złączenie Merkurego z Wenus w odległości 0,07°.

28^d Gwiazda zmienna długookresowa χ Cyg (miryda) ($19^h50,5^m$, $+32^\circ55'$) osiąga maksimum jasności (5,2^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2002].

29^d02^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odległości 1°.

30^d Gwiazda zmienna długookresowa U Her (miryda) ($16^h25,8^m$, $+18^\circ54'$) osiąga maksimum jasności (7,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2004].

30^d03^h Maksymalna libracja Księżyca (6,9°) w kierunku *Mare Fecunditatis* (zaciemione).

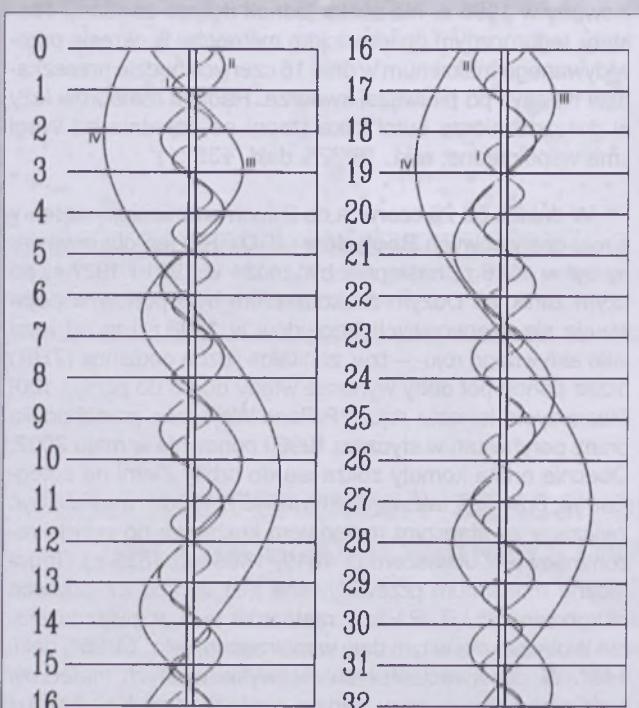
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk są podane w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w maju i czerwcu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżykiem są podane dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opr. T. Ścieżor



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w czerwcu 2005 (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



Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
oraz

Polskie Towarzystwo Meteorystowe

zapraszają na

III SEMINARIUM METEORYTOWE i WALNY ZJAZD POLSKIEGO TOWARZYSTWA METEORYTOWEGO

OLSZTYN 21–22 kwietnia 2005 roku

Miejsce seminarium

Seminarium odbędzie się w Olsztyńskim Planetarium przy al. Piłsudskiego 38

Koszty udziału w seminarium:

Opłata konferencyjna wynosi **70 zł**

Studenci i uczniowie **50 zł**.

Noclegi

Zapewniamy noclegi w hotelu „Relax” przy ul. Żołnierskiej 13a (w pobliżu Obserwatorium Astronomicznego) w pokojach 1 i 2-osobowych.

Cena noclegu wynosi:

za pokój 1-osobowy — **80 zł** za dobę

za miejsce w pokoju 2-osobowym — **48 zł** za dobę od osoby

Iub w Szkolnym Schronisku Młodzieżowym przy ul. Kościuszki 72/74.

Cena noclegu wynosi:

za miejsce w pokoju 3–4 — osobowym ok. **19 zł** za dobę od osoby

za miejsce w pokoju 2- osobowym ok. **23 zł** za dobę od osoby

opłata za pościel **6 zł**

opłata miejscowa **1,60 zł**.

Nauczyciele, studenci i uczniowie mają zniżkę **4 zł**.

Koszty noclegu można zmniejszyć, przyjeżdżając z własnym śpiworem.

Wyżywienie

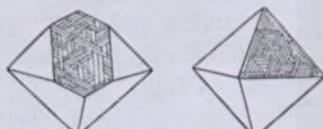
Wszystkie posiłki będą przygotowane w barze „Korona” przy ul. Żołnierskiej 16 (naprzeciwko Obserwatorium, w budynku Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej). Całodzienne wyżywienie — w cenie ok. **40 zł**.

Osoby zainteresowane udziałem w seminarium są proszone o wysłanie **formularza zgłoszeniowego** do dnia **31 marca 2005 r.** na adres pocztowy

Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne
al. Piłsudskiego 38; 10-450 Olsztyn

lub elektroniczny: biala@planetarium.olsztyn.pl

Kontakt telefoniczny



Obóz Szkoleniowo- -Obserwacyjny PTMA „OSOP 2005”

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2005”.

Obóz odbędzie się w dniach **28 lipca — 8 sierpnia 2005** w schronisku „Cicha Dolina” w Roztokach Górnego (zachodnia część Bieszczadów, na południe od Cisnej). 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 są przewidziane wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii. Planowane są także wycieczki turystyczne po Bieszczadach.

Przewidywany koszt obozu to około 295 zł. Kwota ta obejmuje:

- nocleg w schronisku (należy wziąć własne śpiwory)
- transport z Krakowa (cena transportu zależy od liczby uczestników)
- ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty.

Organizerzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą ilość teleskopów, jednakże mile 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.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2005. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w terminie do tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia.

Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować bezpośrednio do kierownika Obozu, dra Sławomira Stachniewicza, najlepiej przez e-mail (Slawomir.Stachniewicz@ifj.edu.pl) lub telefonicznie: tel. kom. 0504 836 142.

dokończenie ze s. 85

dotyczących wydarzeń i zjawisk astronomicznych na sferze niebieskiej w całym XXI stuleciu, tj. oczywiście tych, których efemerydy można było obliczyć. Oprócz tego można się nastawać na zdarzenia niespodziewane, aby tylko nie katastroficzne!

Ostatni rozdział dotyczy rozmaitych zjawisk oraz obiektów znajdujących się poza naszym układem planetarnym. Przede wszystkim znakomita część tego tekstu została poświęcona gwiazdom różnego typu widmowego i różnej klasy jasności, czyli obiektem od średnicy rzędu 10 km (gwiazdy neutronowe) do rozmiarów $R \approx 1000 R_{\odot}$ (nadolbrzymy), a także ich ewolucji. Ponadto Jan Mietelski główną uwagę zwrócił ku ulubionym przez miłośników astronomii obiekтом obserwacji: gwiazdom zmiennym (w tym zaćmieniowym) i układom podwójnym oraz wielokrotnym.

Końcowe partie tekstu opisują rozmaite gromady gwiazd, przedstawiają zagadnienia astronomii gwiazdowej i pozagalaktycznej oraz wybrane problemy kosmologiczne.

Zamyka ten niezwykły poradnik obszerny wykaz literatury naukowej, popularnonaukowej i przeglądowej. A miłośnikom astronomii polecamy ten *Kalendarz* z wielu różnych względów.

T. Zbigniew Dworak

Andrzej Manecki, Encyklopedia mineralów. Minerały Ziemi i materii kosmicznej, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 500 s., Kraków 2004.

Pod koniec ubiegłego roku ukazała się niezwykła pozycja UWND AGH autorstwa prof. Andrzeja Maneckiego, wybitnego mineraloga z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, efektywnie zajmującego się również aeromineralogią oraz kosmomineralogią i materią pozaziemską: Księżyca, meteorytów, pyłów kosmicznych, komet, planetek, planet i ich satelitów.

Encyklopedia, która powstawała siedem lat, prezentuje w części I wykaz (hasła) zidentyfikowanych i zreweryfikowanych 4031 minerałów. Natomiast część II przedstawia wykaz 295 minerałów materii kosmicznej w Układzie Słonecznym (m. in. także minerały pierwotnej materii dysku protoplanetarnego), w tym — 52 minerały nie występujące na Ziemi. Dodajmy, że dotychczas nigdzie na świecie nie powstała podobna encyklopedia minerałów zawierająca wydzielony szczegółowy słownik składników materii pozaziemskiej z opisem występowania i warunków tworzenia się takich minerałów i zestawem najważniejszych pozycji literatury dotyczącej poszczególnych haseł! Informacje przedstawione w części II będą zatem szczególnie interesujące dla miłośników.

ków astronomii i kolekcjonerów meteorytów.

Każde hasło zawiera: nazwę minerału (polską i angielską), symbol (skład) chemiczny, układ krystalograficzny, opis podstawowych własności fizycznych i innych, nazwisko odkrywcy i bibliografię.

W części III zostały zestawione minerały, które okazały się nieistniejące, jak również: synonimy, nazwy handlowe, techniczne, gemmologiczne, nazwy mieszanin minerałów uważanych wcześniej za odrębne minerały, nazwy omyłkowe i inne; razem — 4800 haseł!

Natomiast część IV stanowi po prostu słownik nazw angielskich wraz z odpowiadającymi im nazwami polskimi. Autor dołączył również skróty cytowanych periodyków naukowych, książek i monografii, a także — wybrane pozycje literatury niezmiernie pomocne przy powstawaniu tego dzieła. Uzupełnieniem jego jest załączony kompakt (CD-ROM) zawierający 100 barwnych fotografii minerałów oraz ich kryształów.

W dniu 20 grudnia 2004 r. odbyła się na Akademii Górniczo-Hutniczej, w sali im. Ignacego Domeyki (!), miła uroczystość: promocja — pod patronatem JM Rektora AGH prof. Ryszarda Tadeusiewicza — właśnie opublikowanej przez UWND AGH *Encyklopedii minerałów* prof. Andrzeja Maneckiego. Przybyli liczni goście — współpracownicy i przyjaciele Profesora, a także Jego rodzina. Obecny był również Prezes PTMA dr Henryk Branczewicz. Promocję poprowadził Dziekan Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, prof. Tadeusz Słomka.

Przedstawioną pokrótkę pozycję gorąco polecam także astronomom i miłośnikom astronomii, zwłaszcza tym, którzy zajmują się meteorytyką, badaniem własności fizycznych i chemicznych materii jąder komet, czy też szeroko rozumianą planetologią i kosmomineralogią. Inne informacje o książce można uzyskać na stronie internetowej <http://www.WydawnictwoAGH.pl>.

T. Zbigniew Dworak



Z PTMA na zaćmienie Słońca!

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii planuje zorganizowanie dla członków PTMA dwie wyprawy obserwacyjne: na obrączkowe zaćmienie Słońca do Hiszpanii w dniu 3 października 2005 r. oraz na całkowite zaćmienie Słońca do Turcji w dniu 29 marca 2006 r.

Orientacyjne całkowite koszty wyjazdów (tzn. przejazd, noclegi, wyżywienie, ubezpieczenie) na dzień dzisiejszy wynoszą: ok. 1200 zł do Hiszpanii i 1500 zł do Turcji.

Przybliżony czas trwania wynosi w każdym przypadku 9–12 dni (w planie „po drodze” także zwiedzanie atrakcji turystycznych). Prosimy o wstępna deklarację uczestnictwa i przesłanie jej listownie na adres

Oddział Krakowski PTMA
ul. św. Tomasza 30/7
31-027 Kraków

w terminie do dnia 31 marca 2005 r. z dopiskiem „Zaćmienie”.

Muzyka dla Tytana

Skomponowali ją dwaj Francuzi, tworzący formację o nazwie *La Place*. Można było ją usłyszeć równocześnie na powierzchni Tytana i na Ziemi w porze nagłośnionej medialnie fazy opadania próbnika Huygens na powierzchnię otoczonego gęstą atmosferą największego księżyca Saturna Tytana.

Nie jest to ani „kosmiczna” muzyka elektroniczna, jak w przypadku misji „Mars Polaris”, ani pompatyczna muzyka elektroniczno-symphoniczna, jak było w przypadku dzieła Vangelisa do misji „Mars Odyssey”. To 4 porządne kawałki współczesnego rocka.



Źródło: ESA

Jej autorzy, podobnie jak nasi miłośnicy astronomii i astronautyki z Trójmiasta, głoszą swój manifest:

- Upiększać Ziemię i Kosmos rewolucyjnymi artystycznymi projektami.
- Uczestniczyć w kosmicznym exodusie Człowieka.
- Oswajać Człowieka z kosmicznymi podróżami i pozaziemskim życiem.
- Przesyłać ludzkie sygnały do pozaziemskich populacji.
- Nieść oświatę.
- Zapoczątkować powszechną debatę na temat przyszłości rodzaju ludzkiego w Kosmosie.
- Popularyzować wiedzę o Wszechświecie i nauce, łamiąc dotychczasowe schematy.
- Rozsiewać marzenia.
- Używać mechanizmów rynkowych w projektach edukacyjnych, społecznych i rozrywkowych.
- Przyczynić się do dematerializacji środków.

Oficjalna strona projektu MUSIC2TITAN znajduje się w Internecie pod adresem: <http://www.music2titan.com> — są tam informacje o autorach muzyki, można zobaczyć multimedialną prezentację oraz usłyszeć krótkie fragmenty utworów (niestety, całe utwory można pobrać tylko w niektórych krajach, będąc użytkownikiem systemu *iPod*).

Julien Civange, twórca *Music2Titan* i współkompozytor. Fot. AFP

Natomiast na stronach internetowych ESA (<http://www.esa.int>) można posłuchać dźwięków sygnału radaru próbnika, gdy od powierzchni Tytana dzieliło go zaledwie kilka kilometrów. Sygnał został przekonwertowany na zakres akustyczny. Gdy odległość próbnik-księżyca malała, częstotliwość i natężenie sygnału rosła. Natężenie pomoże uczonym powiedzieć coś o własnościach gruntu Tytana.

Na stronach ESA można także usłyszeć dźwięki zarejestrowane przez mikrofon umieszczony na próbniku Huygens podczas opadania na powierzchnię Tytana. Może znajdzie się muzyk-kompozytor, dla którego okażą się inspiracją...

Jacek Drażkowski

INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2005 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

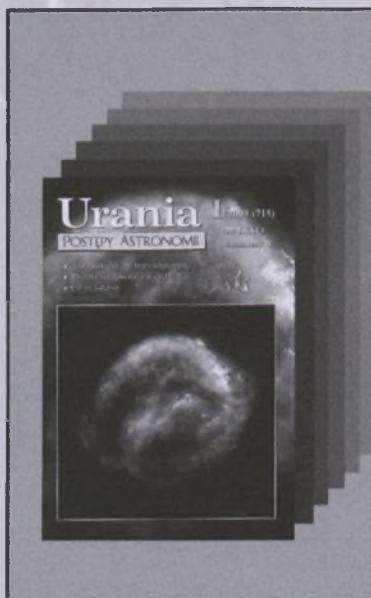
Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 11602202000000055305241

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

Piotr Wąż

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

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



Rozwiązaaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 6/2004 jest hasło: „MODEL STANDARDOWY”.

Nagrody w postaci płyt CD wylosowali: **Janusz Kujawa** z Zaniemyśla i **Piotr Szady** z Zabrza. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

Lektura bieżącego zeszytu „Uranii” w zupełności wystarczy do rozwiązania krzyżówki zamieszczonej obok.

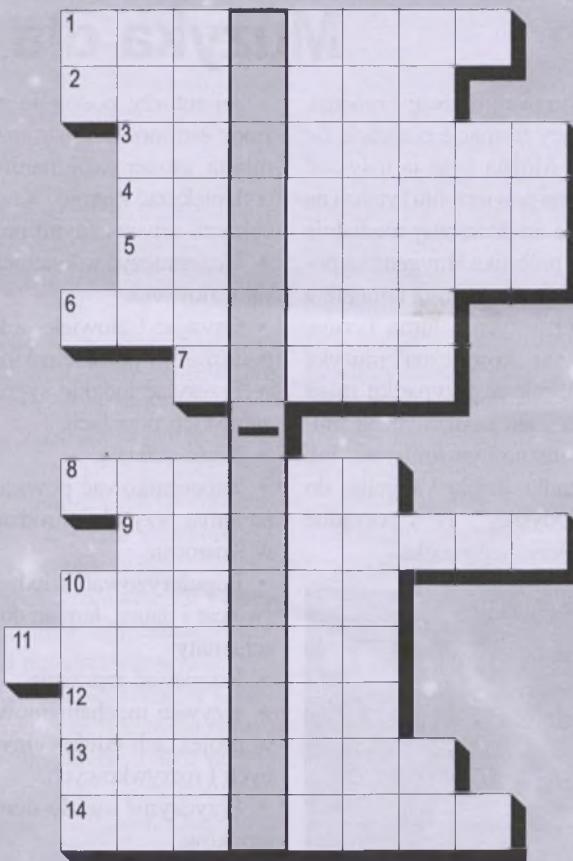
- 1 Laureat Nagrody Nobla z 2002 r.
- 2 Źródło tajemniczych rozbłysków potasowych
- 3 Duże W na niebie
- 4 Planetoida 14382
- 5 Galaktyki powstałe prawdopodobnie wskutek przyłączania mniejszych obiektów
- 6 Typ neutrina
- 7 Księżyca Saturna ze smugami
- 8 Księżyca Saturna o gęstości wody
- 9 Cząstki podejrzewane o współtworzenie ciemnej materii
- 10 Jeden z małych satelitów Saturna
- 11 Może być ciemna
- 12 Bardzo znana mgławica w Jednorożcu
- 13 Obserwatorium rentgenowskie na orbicie
- 14 Wprowadził stałą kosmologiczną

Rozwiązaaniem jest hasło utworzone z liter w wyróżnionych polach. Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie książki o tematyce astronomicznej. Na rozwiązania czekamy do końca kwietnia br. Osoby nie bę-

dące prenumeratormi „Uranii-PA”, aby wziąć udział w losowaniu nagród, muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe do odnalezienia hasła w krzyżówce z „Uranii-PA” 6/04:

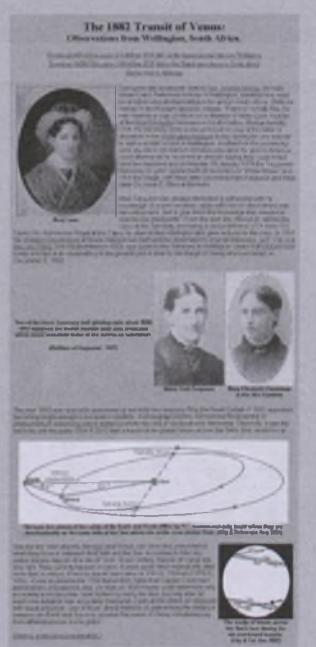
1. Płomień, 2. Machholz, 3. Hiady, 4. Infeld,
5. Keller, 6. Boska, 7. Alnitak, 8. tympanum,
9. Dwerniczek, 10. Kwadrantydy, 11. Morsko,
12. Harran, 13. alidade, 14. lepton,
15. grawiton, 16. Hydra.



Ciekawe strony internetowe...

Dzisiaj ciekawostka historyczna. Niedawno mieliśmy okazję obserwować przejście Wenus przez tarczę słoneczną. To rzadkie zjawisko znalazło należne mu miejsce na łamach naszego pisma, chociaż nie wiążą się z nim już tak wielkie emocje naukowe jak dawniej. Mamy obecnie znacznie dokładniejsze metody wyznaczania jednostki astronomicznej czy w ogóle odległości w Układzie Słonecznym. Dziś proponuję relację z obserwacji przejścia Wenus na tle tarczy słonecznej przeprowadzonych w Wellington (w Południowej Afryce) w roku 1882. Możemy ją znaleźć pod adresem <http://www.saoa.ac.za/~wpk/tov1882/tovwell.html>

Willie Koorts zebrał unikalny materiał fotograficzny ilustrujący zarówno same obserwacje, jak i dający pojęcie o atmosferze czasów nie tak aż odległych. Jeśli odrzucimy dwa ostatnie czlonki adresu, to znajdziemy się na stronie autora — można tu znaleźć inne ciekawe informacje, ale w tej notce ograniczam się do tematu, który zaciekawił mnie bardziej niż pozostałe...



(rs)

Mroźne, przejrzyste powietrze w styczniu br. sprzyjało amatorom astrofotografii. Poniżej prezentujemy cztery spośród licznej kolekcji zdjęć nadesłanych przez Dariusza Dorosza z Żabikowa (przy okazji przepraszamy za przekreście nazwy miejscowości w poprzednim zeszytce „Uranii”)

Galeria Uranii



U góry, po lewej: 16.12.2004, eksp. 30 min, film Fuji 400, obiektyw szerokokątny 2,8/29

U góry, po prawej: kometa Machholza 8.01.2005, eksp. 2×120 s (prowadzenie ręczne), film Fuji 200, obiektyw 2,8/135

Obok: zdjęcie gigantycznej grupy plam słonecznych wykonane metodą rzutowania na ekran, 16.01.2005



Po prawej: słaba zorza polarna obserwowana 17 stycznia w godz. 17.35–19.00. Była widoczna w postaci słabych, białych, podłużnych plam światła o zmiennej intensywności. Dodatkowo w jej obserwacji przeszkadzał Księżyc. Zorza wywołana była aktywnością słoneczną związaną z grupą plam pokazaną na zdjęciu wyżej



ISSN 0032-5414



Urania

3/2005 (717)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXVI

maj—czerwiec



- Albert Abraham Michelson
— człowiek, który świat nauczył mierzyć
- Księżyce(?) wokół planetoid
- Fotometria tranzytów za pomocą małych teleskopów





Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO) zbudowało w latach 1988-2002, na świętem wierzchołku góry Cerro Paranal (2635 m n.p.m.) na pustyni Atacama w Chile, Bardzo Duży Teleskop (VLT). Składa się on z czterech teleskopów o średnicy 8,2 m, mogących kierować zebrane światło do wspólnego ogniska. Razem zbierają one tyle światła, ile zbierały teleskop o średnicy 16 m, a pracując w systemie interferometrycznym, stanowią teleskop o średnicy prawie 130 m. Wspomagane te-

leskopami pomocniczymi (AT) o średnicy 1,8 m, które mogą zajmować 30 różnych pozycji, będą stanowiły ciągle rozbudowywany instrument interferometryczny (VLTI) o bazie sięgającej przeszło 200 m, którego rozdzielcość (0,001 sekundy łuku) będzie tak wielka, że można by widzieć nim astronautę na Księżycu. Dolne zdjęcie przedstawia ogólny, obecny (2005 r.) widok tego obserwatorium. Na pierwszym planie widzimy torowisko i stanowiska obserwacyjne dla teleskopów pomocniczych,

a dalej ogromne budynki mieszczące duże teleskopy i 2 kopuły teleskopów pomocniczych (obecnie są 2 AT, będzie ich 8). Na górnym zdjęciu widzimy teleskop „z góry” wraz z okolicznym krajobrazem, torowiskami teleskopów AT i drogami kanałów optycznych prowadzących zebrane światło do wspólnego ogniska interferometru oznaczonego gwiazdką. Idea i zasady działania tego instrumentu wywodzą się z odkryć i prac Alberta Michelsona.

Zdjęcia ESO

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Interferometria, jako technika badawcza, zdobywa coraz szersze pola zastosowań w astronomii. Poza eksperymentami mającymi na celu wyznaczenie średnic gwiazd (od roku 1921), technika ta została najpierw zastosowana w radioastronomii w latach 70. ub. wieku do równoczesnych obserwacji wybranego radioźródła kilkoma radioteleskopami i następnie „syntetyzowania” zebranych danych w jeden obraz o dużej rozdzielcości kątowej. Nasi Czytelnicy znają termin VLBI, czyli interferometrię na bardzo długich bazach. Dzięki tej technice możliwe jest tworzenie wirtualnych radioteleskopów o średnicach wielu tysięcy kilometrów, większych nawet od średnicy Ziemi. W dziedzinie optycznej ta sama technika możliwa była do zastosowania dopiero wtedy, gdy wynieśliśmy teleskopy na szczyty gór w warunki spokojnej atmosfery, która nie zakłócała frontu przychodzącej do nas fali świetlnej i dawała w ten sposób możliwość powstania obrazu interferencyjnego gwiazdy z obrazów utworzonych przez różne teleskopy. Na falach radiowych spełnić ten warunek było dużo łatwiej. Największy na świecie taki interferometr optyczny zaczyna właśnie pracę w Chile, w Obserwatorium ESO na Mt Paranal. Od samego początku idei budowy tego teleskopu zakładano, że będzie to teleskop wykorzystujący zjawisko interferencji do tworzenia obrazów gwiazd o bardzo dużej rozdzielcości kątowej. Zbudowano więc 4 teleskopy o średnicy 8 m. Razem zbierają tyle światła, ile zbierały teleskop o średnicy 16 m. Tworzą instrument, który nazywa się „Bardzo Duży Teleskop”, czyli VLT. Ale gdy teleskopy te będą pracować w systemie interferometrycznym, czyli jako VLTI, to dadzą obraz z taką rozdzielcością, jaką dawały teleskop o średnicy ok. 200 m, czyli z rozdzielcością niezwykle wielką, dającą szansę dostrzeżenia nieznanych dotychczas szczegółów struktur ciał niebieskich. Dziś nie wyobrażamy sobie poszukiwania pozasłonecznych planet wielkości Ziemi bez zbudowania kosmicznego interferometru, trwają intensywne prace nad takim instrumentem. A wszystko zawdzięczamy pracom i odkryciom Alberta Michelsona, rodem ze Strzelna na Kujawach. O tym genialnym Fizyku i jego dokonaniach pisze na naszych łamach Tomasz Kardaś, nauczyciel fizyki i astronomii w Liceum Ogólnokształcącym w Strzelnie.

W kolejnych artykułach poruszamy problem satelitów planetoid, struktury powierzchni Marsa i obserwacji planet pozasłonecznych za pomocą instrumentów klasy amatorskiej. Astronomowie z Zielonej Góry pokazują nam, niejako od kuchni, jak dokonali obserwacji tranzytu planety HD 209458b teleskopem o średnicy 35 cm. A planeta TrES została odkryta wokół gwiazdy 11,7 wielkości gwiazdowej za pomocą teleskopów o średnicy 10 cm! Wielka to zachęta dla polskich Miłośników Astronomii, którzy dysponują już przecież teleskopami podobnej wielkości i całkiem dobrymi kamerami CCD.

W Astronomii w szkole Juliusz Domański odwołuje się do historii astronomii i przypomina szereg faktów, które doprowadziły do współczesnego stanu wiedzy astronomicznej i proponuje też pewną refleksję nad zasadnością niektórych spostrzeżeń i wniosków.

Niestety przyszło nam żegnać (w In Memoriam) jednego z wybitnych polskich astronomów, byłego Prezesa Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, byłego rektora Uniwersytetu Gdańskiego i Ministra Edukacji Narodowej RP, nieodziałowanego, serdecznego Kolegę, prof. Roberta Głębockiego, który zmarł po długiej chorobie 21 lutego 2005 r.

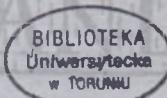
Jak zwykle wiele jest doniesień o najnowszych odkryciach, wskazówki dla obserwatorów o ciekawych obiektach, recenzja „książki, której nikt nie przeczytał”, felieton muzyczny, krzyżówka itp.

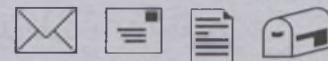
Życzę Państwu przyjemnej lektury i pogodnego nieba



prof. A. Daulsza-Wisłowska

Toruń, w marcu 2005 r.





2 kwietnia 2005 r. odszedł Jan Paweł II, jeden z największych Polaków, głowa Kościoła katolickiego, autorytet moralny dla ludzi różnych wyznań i kultur, doktor honoris causa wielu uniwersytetów. W dniach żałoby narodowej myślimy również o odwołaniach Papieża do nauk przyrodniczych i filozofii. Oto garść Jego słów.

„Nigdy (...) nie zapominalem o innych gałęziach wiedzy, również tych pozornie z teologią nie związanych. Z tymi dziedzinami nauki miałem kontakty głównie przez fizyków. Często spotykaliśmy się i rozmawialiśmy o najnowszych odkryciach w kosmologii. To było fascynujące zajęcie, potwierdzające Pawłowe twierdzenie, że do jakiegokolwiek poznania Boga można docierać również przez poznanie stworzonego świata.”

(Jan Paweł II, *Wstańcie, chodźmy!*)

„Na koniec pragnę zwrócić się także do naukowców, których poszukiwanie są dla nas źródłem coraz większej wiedzy o wszechświecie jako całości, o niewiarygodnym bo-

gactwie jego różnorodnych składników, o żywionych i nie żywionych, oraz o ich złożonych strukturach atomowych i molekularnych. Na tej drodze osiągnęli oni — zwłaszcza w obecnym stuleciu — wyniki, które nie przestają nas zdumiewać. Kieruję słowa podziwu i zachęty do tych śmiały pionierów nauki, którym ludzkość w tak wielkiej mierze zawdzięcza swój obecny rozwój, ale mam zarazem obowiązek wezwać ich, aby kontynuowali swoje wysiłki nie tracąc nigdy z oczu horyzontu mądrościowego, w którym do zdobyczy naukowych i technicznych dołączają się także wartości filozoficzne i etyczne, będące charakterystycznymi i nieodzownymi wyrazem tożsamości osoby ludzkiej. Przedstawiciele nauk przyrodniczych są w pełni świadomi tego, że „poszukiwanie prawdy, nawet wówczas, gdy dotyczy ograniczonej rzeczywistości świata czy człowieka, nigdy się nie kończy, zawsze odsyła ku czemuś, co jest ponad bezpośrednim przedmiotem badań, ku pytaniom otwierającym dostęp do Tajemnicy”.

(Jan Paweł II, Encyklika *Fides et ratio*)

Szanowna Redakcjo,

1. Jako osoba obecna na VIII Ogólnopolskim Zlotie Miłośników Astronomii w Niedźwiadach w 2004 r. chciałabym zwrócić uwagę na błąd, jaki wystąpił w opisie pod zdjęciami ze Zlotu OZMA („Urania-PA” 1/2005). Mianowicie pod zdjęciem czwartym na wkładce powinien znajdować się napis „Obserwacje planety Venus”, a nie jak to napisano „Obserwacja plam słonecznych”. Dowodem na wystąpienie tego błędu jest chociażby to, iż przy lunecie znajduje się tylko tekstura cieniowa pomocna przy obserwacji Słońca. Zaś sam obiektyw lunety nie ma żadnego zabezpieczenia – filtru słonecznego.

2. Na odwrotnej stronie

wkładki również ukazane są zdjęcia o różnej tematyce. Chciałabym podziękować za zamieszczenie zdjęcia ukazującego słońce poboczne w Gdyni Karwiny ze stycznia 2004 r. Jestem także współautorem tego zdjęcia. Było to późnym wieczorem, tuż przed zachodem słońca. Zmęczona i zakartarzona szlam do apteki, gdy zobaczyłam to zjawisko. Od razu pobiegłam szybko z kolegą do domu po aparat i wybiegliśmy na Góre Śmierci, by robić zdjęcia.

3. W numerze 2/2005 już na s. 50 odnalazłam listę dobrze znanych mi osób, z którymi na co dzień mam do czynienia. Uwaga dotyczy jednego nazwiska. Powinno być Bogdan Szadach, a nie Bogdan Szapach.

Gratuluję planetoidy (14382) mającej Pana nazwisko! To cudowny prezent urodzinowy.

Pozdrowienia dla całej redakcji i czytelników „Uranii-PA”
Krystyna Jaskulska

Red.: Dziękujemy Koleżance za uważną lekturę i analizę zdjęć. Podpisz umieściliśmy takie, jakie otrzymaliśmy od naszych korespondentów. Dziękujemy za sprostowanie.

Droga „Uranio”!

Po wielu miesiącach nieudanych połowań wreszcie pierwszy sukces. Mroźnym świtem 13 października zeszłego roku wybrałem się we wcześniej upatrzone miejsce. Powietrze było bardzo przejrzyste, horyzont czysty i tylko nad położonym w dolinie pode mną Gdańskiem snuł się nocny, zmrożony smog.

Wystarczyło krótkie zlustrowanie horyzontu przez lornetkę... i... JEST! Księżyca, 21 godzin przed nowiem! Wyraźna, choć cieniutka kreseczka widoczna nawet gołym okiem. Czas obserwacji okazał się dość krótki: od momentu wschodu ok. 6.15 do ok. 6.40, czyli 20 min przed wschodem Słońca.

Datę obserwacji możliwie najcieńszego sierpa Księżyca wybieram nieprzypadkowo. Muszą być bowiem jednocześnie

nie spełnione trzy warunki: po pierwsze eklipsyka pod dużym kątem do horyzontu w momencie wschodu lub zachodu Słońca, czyli od połowy lutego do połowy maja wieczorem, lub od połowy sierpnia do połowy października rano; po drugie Księżyca w odpowiedniej odległości od Słońca – zbyt blisko na pewno nie będzie widoczny, zbyt daleko – to już banal; po trzecie konieczny jest krystaliczny horyzont, najlepiej w powietrzu polarnomorskim, kilkanaście godzin po przejściu zimnego frontu. Taka korelacja warunków zdarza się góra trzy razy do roku. Tym niemniej przez 2 lata udało mi się cienki sierp Księżyca zobaczyć już 3 razy, ale tak cienki sfotografowałem pierwszy raz. Przypuszczam, że dysponując dobrym sprzętem i lepszym niż moje miejscem obserwacji udałoby się zobaczyć Księżyca nawet 15 albo mniej godzin po lub przed nowiem.

Z całej serii siedmiu zdjęć cienkiego Księżyca, przesyłam Wam dwa najlepsze: 1 – godz. 6.21, 2 – godz. 6.27. Oba zdjęcia zrobiłem na negatywie Kodak Gold 200 ASA, obiektywem 200 mm plus telekonwerter ok. 2,5x, przysłona 4 (efektywna ok. 10), czas naświetlania 1 s., Odbitki robiłem w zwykłym laboratorium Kodaka na cyfro-

dokończenie na s. 141.

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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”. Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne
i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:

Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomiczne
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81

Poczta elektroniczna (E-mail address):
aw@astro.uni.torun.pl

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

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Piotr Waż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astro.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2005 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w kwietniu roku 2005

* 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 patro- nujących nam Towarzystw *

W NUMERZE

100 *Albert Abraham Michelson — człowiek, który świat nauczył mierzyć*

Tomasz Kardaś

Genialny fizyk, laureat Nagrody Nobla, człowiek, który „nauczył świat mierzyć”, urodził się w Strzelnie na Kujawach. Jego sylwetkę, kolejne życie i dokonania naukowe przedstawia w swym artykule *nauczyciel fizyki i astronomii w Gimnazjum i Liceum Ogólnokształcącym w rodzinnym mieście Wielkiego Odkrywcy*.

108 *Fotometria milimagnitudowa tranzytów planet*

S. Kozłowski, A. Szary, M. Zub, G. Melikidze, K. Maciesiak, J. Gil

Obserwacje planet pozasłonecznych są już w zasięgu małych, amatorskich teleskopów wyposażonych w nowoczesne detektory CCD i odpowiedni system redukcji obserwacji. W sierpniu 2004 r. odkryto pierwsze zjawisko tranzytu planety za pomocą teleskopu o średnicy 10 cm. Astronomowie z Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego zaobserwowali dwa tranzyty planety pozasłonecznej HD 209458b, posługując się teleskopem 14-calowym. Przedstawiają tutaj swoje obserwacje i metodę redukcji danych, które pozwoliły im uzyskać bardzo dokładną fotometrię zjawiska.

114 *Księżyce (?) wokół planetoid*

T. Zbigniew Dworak

Ostatnie „przemysłowe”, metody doprowadziły do odkrywania dziesiątek tysięcy planetoid rocznie, tak, że mamy obecnie świadomość istnienia kilkuset tysięcy tych ciał. Odkrycie księżyca wokół Idy otworzyło problem podwójności tych ciał i występowania ich satelitów. Autor przybliża nam aktualny stan argumentów i myśli na ten temat.

w kolorze: VLT i VLTI (okł. II); Galeria Uranii (wkł. IV, okł. III, IV)

rozmaitości: Teleskop kosmiczny zobaczył planety pozasłoneczne (113); Leje zapadiskowe na Terra Meridiani (117); Gromada kulista pełna zagadek (120); Supergromada gwiazd w naszej Galaktyce (121); Zanim powstały gwiazdy (128)

w kraju: Nowości z Kielc (123); XXI Seminarium PKiM (124)

122 **In memoriam:** Profesor Robert Głębski 1940–2005

125 **galeria obiektów NGC:** NGC 2261; NGC 2264; NGC 2359

129 **poradnik obserwatora:** Interesujące obiekty: Kompas, Koziorożec, Kruk

130 **astronomia w szkole:** Znajdziemy też trochę czasu na historię

136 **kalendarz astronomiczny 2005:** lipiec – sierpień

142 **recenzje:** Owen Gingerich, Książka, której nikt nie przeczytał.

143 **astronomia i muzyka:** Michael Stearns i jego muzyka

144 **relaks z Uranią:** krzyżówka

144 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

Obraz centralnej części mgławicy Krab, który powstał przez nałożenie obrazów uzyskanych teleskopem kosmicznym Hubble'a w świetle widzialnym (barwy czerwone) i teleskopem kosmicznym Chandra w promieniowaniu rentgenowskim (barwy niebieskie). Pulsar w Krabie, dobrze znana, rotująca z szybkością 30 obrotów na sekundę gwiazda neutronowa, znajduje się w środku obrazu. Jak kosmiczne dynamo pulsar napędza zarówno optyczne, jak i rentgenowskie promieniowanie mgławicy, przyspieszając cząsteczki naładowane i powodując świecące dżety promieniowania X. Struktury pierścieniowe są obszarami świecącymi w promieniowaniu X, gdzie wysokoenergetyczne cząsteczki wpadają gwałtownie w materię mgławicy. Najbardziej wewnętrzny pierścień ma średnicę ok. 1 roku światła. Pulsar powstał w wyniku eksplozji supernowej obserwowanej w gwiazdozbiorze Byka w roku 1054. Centralne części gwiazdy zapadły się, tworząc gwiazdę neutronową o średnicy ok. 10 km i masie trochę większej od masy Słońca, czyli obiekt o gęstości jądra atomowego. Reszta materii gwiazdy rozproszyła się (i ciągle rozprasza), tworząc znaną mgławicę.

Albert Abraham Michelson — człowiek, który świat nauczył mierzyć



A.A. Michelson około 1890 r.

Wstęp

Wśród wielu rzeczy, które Michelson mierzył, oprócz oczywiście wartości prędkości światła w różnych warunkach, były między innymi pomiary takich wielkości, jak np. współczynnik sprężystości Ziemi, długość kanałów na Marsie, średnice księżyców niektórych planet czy średnice jasnych dużych gwiazd.

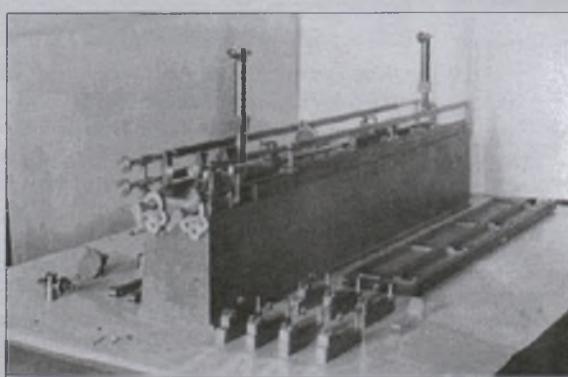
Profesor K.B. Hesselberg, członek Królewskiej Szwedzkiej Akademii Nauk, prezentując dorobek naukowy A.A. Michelsona w czasie uroczystości wręczenia mu Nagrody Nobla z fizyki 10 grudnia 1907 r., bardzo często nawiązywał do tych jego dokonań, które miały duże znaczenie dla rozwoju

badań astronomicznych, a szczególnie wykorzystywanie interferometru, którego zastosowanie nadało nową jakość tym badaniom.

Robert A. Millikan, przemawiając do studentów zgromadzonych w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym 18 maja 1931 r. wkrótce po śmierci Michelsona (ur. 19.12.1852 r. w Strzelnie — zm. 9.05.1931 r. w Pasadenie w Kalifornii), zaczął swoje wspomnienia o nim słowami: *Cały rozwój naszej współczesnej fizyki jest ściśle związane z precyją pomiarów Alberta Abrahama Michelsona.*

Niespotykaną dotąd precyję pomiarów zagwarantował przyrząd wynaleziony przez Michelsona podczas jego studiów w Berlinie w 1881 r., a wykonany

na jego zamówienie za pieniądze przysłane przez G. Bella przez optyczną berlińską firmę *Schmidt und Hensch* (rys. 5). Przyrząd wynalazł po to, by wykazać istnienie wszechobecnego eteru, lecz niestety go nie znalazł, natomiast wynalezione narzędzie okazało się w wielu badaniach wręcz niezastąpione.



Rys. 1. Interferometr Michelsona z 1890 r. z Clark University w Worcester

J. Lovering, ówczesny prezes Amerykańskiej Akademii Sztuk i Nauk, wręczając Michelsonowi w 1888 r. przyznaną mu przez tę szacowną instytucję Nagrodę Rumforda, powiedział, że dostaje ją: *nie tylko za to, co ustalił, ale również za to, co podważył*. Michelson zaś w swoim wystąpieniu pt. „W obronie fal świetlnych” wygłoszonym do członków fizycznej sekcji Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki (*American Association for the Advancement of Science, AAAS*) w sierpniu 1888 r. w Cleveland przepowiedział skuteczne zastosowanie interferometru w wielu dziedzinach, między innymi w metrologii i spektroskopii.

Po europejskich studiach 20 września 1881 r. złożył rezygnację z pracy jako wykładowca fizyki w Morskiej Akademii w Annapolis, w której studiował w latach 1869-1873, i od maja 1882 r. został pracownikiem Case



Rys. 2. Laboratorium Fizyczne Ryersona w Chicago

School of Applied Science (obecnie Case Western Reserve University) w Cleveland, gdzie wspólnie z E.W. Morleyem wykonali swoje słynne doświadczenie w 1887 r. Po katastrofalnym pożarze *Case School of Applied Science* w 1886 r. wprowadzono w uczelni drastyczne oszczędności i o realizacji nowych pomysłów nie było mowy, a tych Michelson w głowie miał wiele, między innymi połączenie interferometru z teleskopem.

G. Stanley złożył mu ofertę pracy w nowo powstały Uniwersytecie Clarka w Worcester, w której to uczelni spędził lata 1889-1892. Były to bardzo naukowo płodne lata, bowiem to właśnie tam wykorzystał swój interferometr do pomiarów astronomicznych.

Prześledźmy pokrótkę rozpoczęte właśnie tam badania, bowiem często są one mało znane i niedoceniane, a Mi-

chelson opublikował wtedy ponad 75 artykułów w różnych czasopismach naukowych, z tego ponad 20 prac to prace astronomiczne, niektóre z nich należą już do klasycznych, najczęściej cytowanych.

Pomiary średnic księżyco Jowisza

A. Fizeau w

1867 r. stwierdził, że byłoby możliwe zmierzenie średnicy jasnej gwiazdy poprzez nałożenie na siebie dwóch bardzo odległych od siebie oddzielnych promieni światlnych tej samej gwiazdy. W obserwatorium w Marsylii w 1878 r. wypróbowano tę metodę, ale stwierdzono, że nie można uzyskać wystarczającego rozdzielenia promieni światlnych nawet przy użyciu największego teleskopu, jaki można sobie wyobrazić. Michelson po opublikowaniu kilku prac teoretycznych analizujących to zagadnienie (np. A.A. Michelson, *On the Application of Interference Methods to Astronomical Measures*, „American

Journal of Science”, tom 39, (luty 1890), s. 115-121; 216-218) przystąpił do wypróbowania swojej metody polegającej na połączeniu teleskopu i swojego interferometru, a uczynił to w Obserwatorium Harvarda. Latem 1890 r. rozpoczął przygotowania do eksperymentu na zaproszenie dyrektora tegoż obserwatorium E.C. Pickeringa, wspomagany przez jego asystenta G. Hale. Michelson przygotowaną aparaturę skierował w kierunku księżyco Jowisza. Pierwsze wyniki dawały pew-



Rys. 3. A. A. Michelson w Uniwersytecie w Chicago

ne nadzieję na pełny sukces, ale złe warunki atmosferyczne panujące nad obserwatorium skłoniły go do zmiany miejsca prowadzenia obserwacji.

E. Holden zaprosił go do kierowanego przez siebie Obserwatorium Licka na Mount Hamilton w Kalifornii, gdzie panowały dużo lepsze warunki atmosferyczne do prowadzenia takich obserwacji i to przez wiele dni w roku. Tam w dniach od 2 do 7 sierpnia 1891 r. wraz z W.W. Campbelllem, Burnhamem oraz Engelmannem, Struvem, Houghem oraz kolegą z macierzystej uczelni F.L.O. Wadsworthem zmierzył średnie wartości kątowe średnic czterech księżyco Jowisza. Niestety również i tu w dniach 2, 3 i 6 sierpnia 1891 r. panowały złe warunki atmosferyczne, jedynie 7 sierpnia były w miarę dobre. Michelson otrzymał następujące średnie wartości kątowe średnic księżyco Jowisza przy błędzie, jak pisał, nie przekraczającym 10%:

I księżyc — 1°02
II księżyc — 0°94
III księżyc — 1°37
IV księżyc — 1°31.

Natomiast jego współpracownicy otrzymali nieco inne wyniki (patrz tab. 1).

Opis całego eksperymentu znajduje się w pracy Michelsona pt. *Measurement of Jupiter's Satellites by Interfe-*

Tabela 1

Nr satelity	Michelson	Engelmann	Struve	Hough	Burnham
I	1°02	1°08	1°02	1°11	1°11
II	0°94	0°91	0°91	0°98	1°00
III	1°37	1°54	1°49	1°78	1°78
IV	1°31	1°28	1°27	1°46	1°61

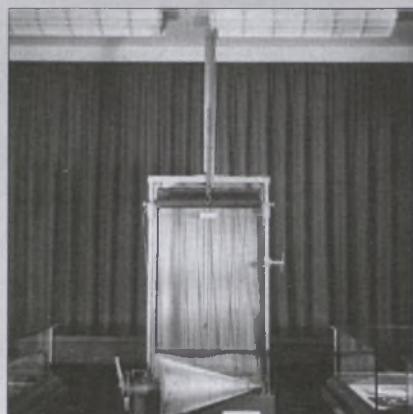
rence, która została opublikowana w PASP (Publications of the Astronomical Society of the Pacific), tom 3, nr 16, (wrzesień 1891), s. 274-278 oraz pod tym samym tytułem w „Nature”, tom 45, (grudzień 1891), s. 160-165.

Później Michelson zajął się badaniami nad wzorcem metra, ale do astronomii wrócił już w 1895 r., a konkretnie zajął się plamami na Słońcu, analizując widmo słoneczne za pomocą teleskopu i interferometru, a także tzw. kanałami na Marsie, których rozmiary oszacował na podstawie swoich pomiarów na około 1 milę.

Spektroskop echelonowy

W czerwcu 1898 r. opublikował pra-

Pasją badania widm zaraził Michelson G.R.Kirchhoff, którego wykładow słuchał podczas swoich studiów w Berlinie (od 16.10.1880 r. figuruje w spisie studentów pod nr 63 aż do 23.03.1881 r.), gdzie w tym roku akademickim między 9 a 10 rano miał on wykład pt. *Theorie der Elektrizität und des Magnetismus*. To Kirchhoff badał między innymi widma absorpcyjne, np. par sodu. Michelson swoje pierwsze próby z rozszczepieniem linii widmowych rozpoczął po odkryciu zjawiska Zeemana. Opublikował kilka prac na temat rozszczepienia linii widmowych za pomocą pola magnetycznego. Studia te datują się od 1895 r., a uwięzieniem tych dociekań było skonstru-



Rys. 4. Analizator harmoniczny

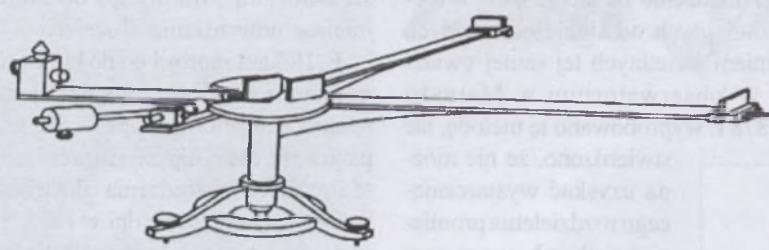
płytek każda 18 mm grubości, 1 mm szerokości i długości od 2 mm do 22 mm, i został przez niego zbudowany w Laboratorium Fizycznym Ryersona w Chicago, gdzie pracował w latach 1894–1928. Z jego pomocą udało się Michelsonowi otrzymać pojedyncze linie widmowe kadmu. Zaletą tego spektroskopu jest to, że można przy jego pomocy zwiększać natężenie światła w interesujących badaczy pewnych częściach widma, co przy użyciu np. siatek dyfrakcyjnych można uzyskać jedynie przypadkowo.

Skonstruowanie tego przyrządu Przewodniczący Londyńskiego Towarzystwa Fizycznego W. H. Eccles wymienił jako drugie co do ważności osiągnięcie naukowe Michelsona podczas uroczystości wręczenia mu Medalu Duddella w 1929 r. Uznał ten przyrząd za potężne narzędzie do badania subtelnej struktury linii widmowych. Jego gruntowne studia nad widmami oraz wpływem pola magnetycznego i ciśnienia na ich kształt od razu zostały uznane za wspaniałe osiągnięcia samo w sobie.

Analizator harmoniczny

S.W. Stratton, przygotowując pracę dyplomową pod kierunkiem Michelsona, zbudował wspólnie z mistrzem przyrząd zwany analizatorem harmonicznym*. Używano go do analizy skomplikowanych obrazów interferencyjnych, które powstają w wyniku nałożenia się wielu prostych drgan harmonicznych. Michelson oczywiście korzystał do analizy tych złożonych drgań z aparatu matematycznego, który zaproponował J. Fourier, natomiast ów analizator harmoniczny obliczenia

* A.A. Michelson, S.W. Stratton, *A New Harmonic Analyzer*, American Journal of Science, tom 5 (1898), s. 1-13.



Rys. 5. Interferometr berliński

ce (A.A. Michelson, *The Echelon Spectroscope*, „Astrophysical Journal”, tom 8 (czerwiec 1898), s. 37-47), w której przedstawił zasadę działania spektroskopu echelonowego. Rozkład widma w tym przyrządzie odbywa się nie dzięki pryzmatowi czy siatce dyfrakcyjnej, lecz w wielu ustawionych obok siebie płytach szklanych odpowiednio dobranych i uszeregowanych.

owanie spektroskopu, w którym, jak już wspomniałem, nie było ani pryzmatu, ani siatki dyfrakcyjnej, tylko ten szereg płyt szklanych o idealnej grubości ustawionych na podobieństwo stopni schodów. Taki spektroskop dawał wg Michelsona 7,5 razy lepsze rozszczepienie światła niż najlepsze znane wtedy siatki dyfrakcyjne. Pierwszy taki spektroskop składał się z 20 szklanych



Rys. 6. Obserwatorium Yerkesa w 1896 r.

te znacznie uprościł, był swego rodzaju mechanicznym komputerem. To dzięki temu urządzeniu złożone drgania harmoniczne można było przedstawić jako kombinację zwykłych sinusoid. Michelson między innymi próbował wykorzystać analizator harmoniczny do wyjaśnienia pojawiania się periodycznych plam na Słońcu, określenia ich okresu i amplitudy.

Analizator harmoniczny był też z powodzeniem stosowany do analizy dźwięków, przemiennych prądów elektrycznych, fluktuacji przypływów i odpływów wód morskich, a także pomagał konstruować prognozy pogody. To między innymi za ten przyrząd wystawiony wraz z innymi (interferometrem, echelonowym spektroskopem) na światowej wystawie w Paryżu w 1900 r. Uniwersytet z Chicago, a tym samym Michelson, otrzymał Grand Prix tej wystawy.

Siatki dyfrakcyjne

Do analizy widm, jako elementu rozszczepiającego światło w spektroskopie, używa się też siatek dyfrakcyjnych. I nimi również zajął się Albert Michelson. W 1881 r. w Paryżu, w czasie kiedy Michelson tam studiował, H.A. Rowland demonstrował otrzymane nową techniką swoje siatki dyfrakcyjne. Michelson, i nie tylko on, był tymi pokazami oczarowany i gdy znalazł chwilę wolnego czasu, zajął się konstrukcją jeszcze doskonalszych si-

tek dyfrakcyjnych. Doskonałe siatki to takie, gdzie idealnie równo i gęsto zostały wykreślone niezwykle cienkie linie ostrzem diamentowym na gładkiej powierzchni metalu. Główną trudnością było wykonanie śruby, która musiała być bardzo precyzyjnie przesuwać ostrze diamentu z niebywałą dokładnością o bardzo małą odległość dzielącą jedną linię od drugiej. Michelson zdawał sobie sprawę, że jeżeli uzyska dośćatecznie dużą liczbę linii na 1 cm, to przy pomocy takiej siatki dyfrakcyjnej można będzie odkryć kolejne sekrety przyrody i to zarówno w skali mikro, jak i makro, bowiem dzięki nim można będzie uzyskać lepszy rozkład widma i dokonać bardziej wnikliwej jego analizy. Szczytowym osiągnięciem Michelsona w tej materii było skonstruowanie maszyny, która wykonała 23,5 cm siatkę dyfrakcyjną zawierającą 117 000 linii. Ciekawy jest opis tych siatek dokonany przez H. D. Steinhausa, wybitnego polskiego matematyka, z którym to przez kilka miesięcy mieszkał Michelson wraz z rodziną w jednym pensjonacie w Getyndze podczas jego pobytu tam latem 1911 r. Steinhaus pracował nad doktoratem u Hilberta, a Michelson był zaproszony na cykl wykładów do Getyngi, gdzie wówczas gorąco dyskutowano o szczególnej teorii względności.

Bardzo ciekawe jest to, jak opisuje te urządzenia matematyk, którego zauważyci nie tylko sposób ich precyzyjnego wykonania. Czyni to z nieklamianym podziwem dla Michelsona, twórcy tych siatek dyfrakcyjnych:

...to znaczy lusterek metalowych, kreskowanymi bruzdami równoległyymi, niesłychanie precyzyjnymi i gęstymi, tak że na pasemku o szerokości jednego milimetra przypadają kilkaset takich bruzd. Michelson poświęcił się budowaniu takich właśnie urządzeń optycznych. Jego aparat do robienia siatek był automatem, sochą, w której rolę rylca odgrywał ulamek czarnego diamentu wyszukany wśród innych pod lupą tak, by naturalne naroże krystaliczne tworzyły idealne

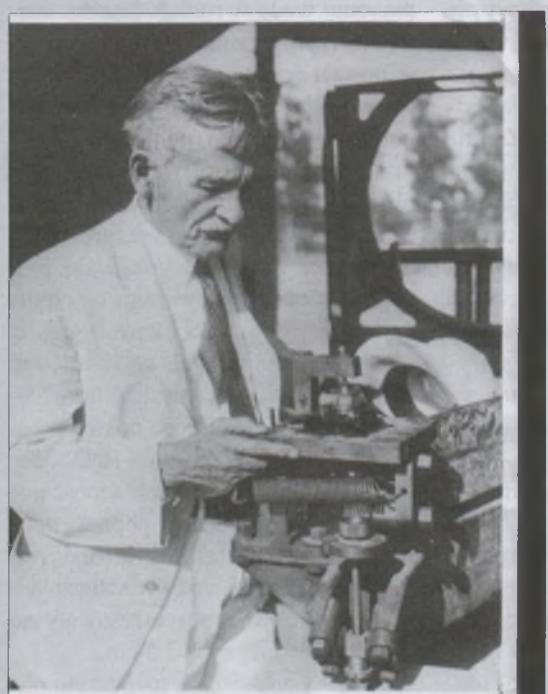


Rys. 7. Michelson z żoną i córkami

ostrze. Ta okruszynka przyciskała metal swoim ciężarem, ale już ta sila była za duża i trzeba było ją zmniejszyć przeciwagą. Ten plug orał blaszkę metalową automatycznie, a był ustawiony w piwnicy na postawie pływającej, dla usunięcia wstrząsów, a termostaty utrzymywaly stałą temperaturę, świecąc i gasząc lampy żarowe przy każdym zaburzeniu termicznym. Aparat dostarczał w końcu blaszkę pokrytą bruzdami, których na milimetrze było aż kilka tysięcy. Michelson przywiózł parę takich płytak ze sobą do Getyngi. Światło słoneczne odbite od takiej blaszki dawało widmo o rozciągłości kilku metrów; bez żadnych kolimatorów i soczewek można było, patrząc w takie metalowe lusterko, zobaczyć w czerwieni ciemne prążki znamionujące obecność żelaza na Słońcu (H.D. Steinhaus, Wspomnienia i zapiski, Atut, Wrocław 2002, s. 73).

Najtrudniejszą rzeczą było skonstruowanie takiej maszyny. Pomagali mu w tym dwaj Szwedzi, bracia Julius i Fred Pearsonowie, którzy przez 25 lat z nim współpracowali. Jakiej precyzji wymagała ta praca i ile trudu ich kosztowała, niech najlepiej świadczą słowa samego mistrza, który podczas wystąpienia w 1911 r., gdy ustępował ze stanowiska Przewodniczącego AAAS, powiedział:

Człowiek zaczyna patrzeć na maszynę, jakby posiadała nieomal kobiecą osobowość, która wymaga, by jej dogadzać, przymilać się do niej, schlebiać jej, a czasem nawet grozić. W końcu jednak człowiek uświadamia sobie, że

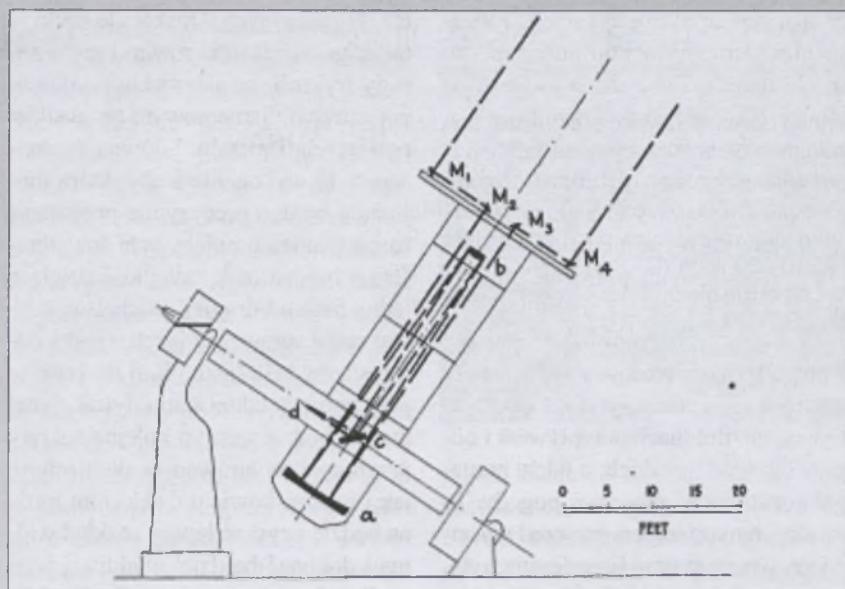


Rys. 8. A.A. Michelson przy warsztacie

ta osobowość należy do czujnego i wprawnego gracza w tej zawilej i fascynującej grze, który natychmiast wykorzysta błędy swego przeciwnika i zaskoczy najbardziej zbijającymi z tropu niespodziankami, który nigdy nie liczy na żaden przypadek, a mimo to gra uczciwie, ścisłe trzymając się reguł gry, i nie liczy się z tym, że człowiek ich nie zna. Gdy zaś człowiek je pozna i zastosuje w grze, to wszystko przebiega, jak należy.

Spręzystość Ziemi

Pewnego dnia 1913 r., gdy Michelson samotnie spożywał posiłek w *Quadrangle Club* przysiadł się do niego profesor geologii T.C. Chamberlin, którego nękał następujący problem — kto ma rację: sir G. H. H. Darwin, który uważa, że Ziemia w środku jest ciałem płynnym (1880) czy lord Kelvin (1863), który twierdził, że Ziemia w środku jest bryłą sztywną. Gdzie jest prawda? Z Michelsonem omówili szczegółowo eksperymentu, a z pomocą przyszły wszechmocny interferometr, który zdolny jest mierzyć najdrobniejsze różnice długości z niesamowitą wręcz precyją. Z pomocą H. G. Gale, H. Aldena, W. L. Harta oraz F. R. Moultona Michelson przeprowadził eksperiment na terenie obserwatorium Yer-



Rys. 9. Schemat interferometru gwiazdowego na 100" teleskopie Hookera na Mt Wilson (z pracy opisującej pomiar średnicy Betelgezy)

kesa w Lake Geneva w stanie Wisconsin, którego dyrektorem był Williams Bay i za jego pozwoleniem 5 sierpnia 1913 r. rozpoczęto badania, a ukończone je 27 listopada 1913 r.

Michelson rozumował w następujący sposób: jeżeli umieścimy pod powierzchnią Ziemi dwa sztuczne zbiorniki wodne, to woda w nich powinna podlegać przypływom i odpływom, jakim podlegają wody na powierzchni Ziemi pod wpływem Księżyca i Słońca. Gdyby Ziemia w środku była ciałem ciekłym, wtedy miniaturowe przypływy i odpływy nie powstaliby, ponieważ przyciąganie np. Księżyca odkształciłoby Ziemię w tym samym stopniu co miniaturowe sztuczne zbiorniki wodne. Gdyby zaś Ziemia w środku była ciałem sztywnym, to powstaliby te miniaturowe przypływy i odpływy wody w sztucznych zbiornikach i można by je obliczyć na podstawie pomiarów.

Dwie rury o średnicy 6 cali (1 cal = 2,54 cm) każda i długości 500 stóp

(1 stopa = 30,48 cm) zakopano około 1,8 m pod powierzchnią Ziemi. Jedna biegła w kierunku wschód-zachód, a druga północ-południe. Rury do połowy wypełniono wodą, końce rur szczelnie zamknięto szklanymi płytami, a na ich skrzyżowaniu umontowano komorę obserwacyjną. Interferometry zainstalowano przy obu wylotach każdej rury. Mechanizmy zegarowe tak podłączono do aparatury pomiarowej, że można było wykreślać poziom wody na taśmie, która przemieszczała się z prędkością 2,5 cm na godzinę.

Otrzymano w ten sposób precyzyjny zapis każdego wzrostu lub spadku poziomu wody w rurach. Interferometry mierzyły te znikomo małe zmiany w postaci przesunięć prążków interferencyjnych. Otrzymano w ten sposób mnóstwo informacji (publikacja zawiera 10 stron wykresów) i po dogłębnej obróbce matematycznej tak zgromadzonego materiału badawczego stwierdzono, że Ziemia wydaje się być w środku ciałem sztywnym o współczynniku sprężystości i lepkości takiej samej wartości co stal, czyli wnętrze Ziemi jest bryłą podobną do żelaza. Michelson powrócił do tego doświadczenia, biorąc sobie do pomocy H. G. Gale w 1916 r., poprawiając dokładność pomiarów między innymi poprzez spowolnenie ruchu taśm rejestrujących ruch powierzchni wody w sztucznych zbiornikach, tym razem przesuwającą się 2 cm na godzinę a nie 2,5 cm.

20 listopada 1916 r. rozpoczęto pomiary, a ukończono w kwietniu 1919 r.



Rys. 10. Clearing — rury próżniowe

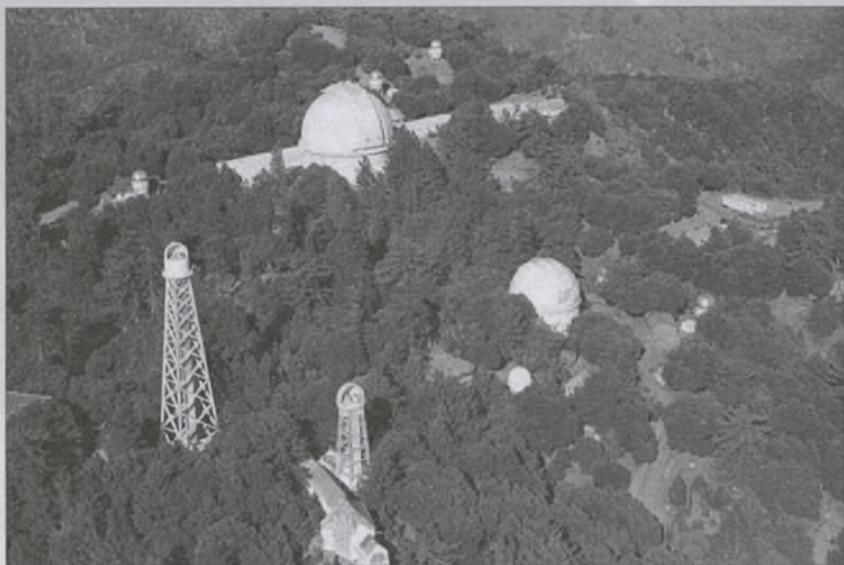


Rys. 11. Mount Wilson 1927 r.

Trwały one dość długo, bowiem przewała je wojna, a Michelson jako dobry obywatel USA stawił się do służby w Marynarce Wojennej Stanów Zjednoczonych. Dokonczone badania potwierdziły wcześniejsze ustalenia z jeszcze większą wiarygodnością.

Pomiar średnicy gwiazdy

W roku 1919 Michelson powrócił do problemu pomiaru średnicy obiektów astronomicznych, czym zajmował się w roku 1890. Tym razem zainteresował się podwójną gwiazdą Capellą. Rozpoczął obserwacje 25 sierpnia tego roku przy pomocy 40-calowego, a później 60-calowego teleskopu w obserwatorium Yerkes. Na zaproszenie G.H. Hale przeniósł się z badaniami 18 września 1919 r. na Mount Wilson do Kalifornii. Główne obserwacje przeprowadził wraz z J.A. Andersonem 30 grudnia 1919 r., zaś 13, 14, 15 lutego 1920 r., 15 marca oraz 23 kwietnia 1920 r. otrzymali oni średnią odległość kątową między sąsiednimi gwiazdami $0^{\circ}05249$, co dawało odległość 83 277,9 km między nimi i okres obiegu 104,006 dni. Zapowiadali też testowanie teleskopu i interferometru, którego zwierciadła bazowe miały być oddalone od siebie o 18 lub 20 stóp. Swoje największe osiągnięcie astrono-



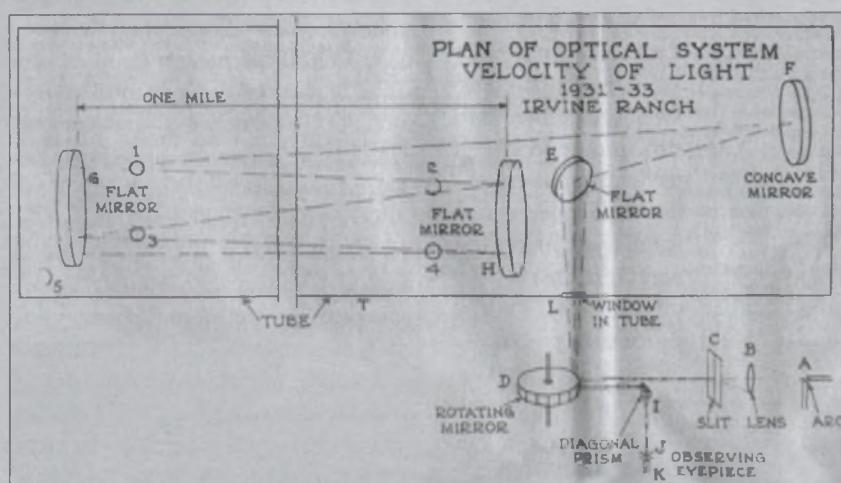
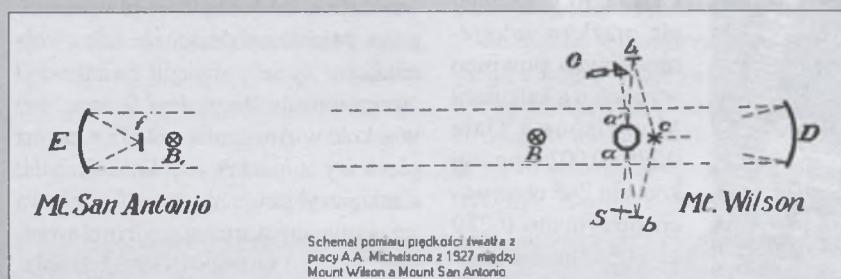
Rys. 12. Mount Wilson dzisiaj

miczne miał jednak jeszcze przed sobą.

Zachęconemu poprzednimi pomiarami, udało mu się w sierpniu 1920 r. zwierciadła interferometru umieścić w odległości 18 stóp od siebie. W grudniu zestaw teleskop-interferometr był gotowy do pomiarów. Zdecydował się na pomiary kątowej średnicy gwiazdy α Oriona po to, aby sprawdzić kalkulacje Eddingtona, Russella i Shapleya co do rozmiarów tej gwiazdy. 13 grudnia 1920 r. wyjustowano zestaw pomiarowy na podstawie pomiarów gwiazd

β Persei, γ Oriona, sprawdzono ustalenia jeszcze podczas pomiarów dla α Canis Minoris i wreszcie zmierzono średnicę kątową α Oriona. Na podstawie tego pomiaru wyliczono średnicę tej gwiazdy i otrzymano astronomiczną liczbę: 260 000 000 mil, czyli wartość, która mniej więcej odpowiada promieniu orbity Marsa. F.G. Pease 23 grudnia powtórzył pomiary, wyniki się potwierdziły i można było podać informację do publicznej wiadomości. Michelson wcześniej opuścił Mount Wilson, bowiem udał się na wspólne posiedzenie Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego i Amerykańskiego Stowarzyszenia dla Postępu Nauki i osobiście poinformował uczestników tej konferencji o swoim osiągnięciu.

New York Times z 30 grudnia 1920 r. donosił: *Olbrzymia gwiazda wielkości 27 000 000 naszych Słońca, Michelson zmierzył kolosa, który oddalony jest od nas o 150 lat świetlnych... doniosły triumf nauki.* Jeden z wielu jego wybitnych uczniów również noblista A. H. Compton brał udział w tym posiedzeniu i wspomina, jak jeden z fizyków pochylił się do niego i podzielił się z nim taką uwagą: *On jest królem nas wszystkich.* To było wielkie wydarzenie nie tylko naukowe, ale wydarzenie, które poruszyło wielu zwykłych ludzi. Michelson udzielał wywiadów, pisał artykuły wstępne do gazet, wyjaśniał istotę i doniosłość odkrycia. Nieczęsto bowiem zdarza się, aby wielkie odkrycie naukowe potrafiło zainteresować nie tylko fachowców, ale zwykłych ludzi bez odpowiedniego przygotowania matematycznego, fizycznego czy chemicznego.



Rys. 13. Schemat pomiaru prędkości światła w Irvine Ranch z pracy Michelsona, Peasa i Pearsona z 1935 r.

Królewskie Towarzystwo Astronomiczne z Londynu od razu właściwie oceniło to naukowe osiągnięcie i przyznało mu złoty medal. Niezwykłe w tych badaniach było to, że były one bardzo dokładne, a ich błąd pomiaru wynosił około 10%. C.H. Townes w „The Astrophysical Journal”, tom 525(1999), s. 148-149, podaje, że Tuthill, Haniff i Baldwin, mierząc średnicę α Oriona (Betelgezy) w 1997 r., otrzymali dla niej średnicę kątową $0^{\circ}053 \pm 0^{\circ}002$, używając do badań fali elektromagnetycznej o długości 700 nm (Michelson i Pease otrzymali wynik $0^{\circ}047 \pm 0^{\circ}005$). „Astrophysical Journal” opublikował na swoim stuleciu 100 najważniejszych prac astronomicznych i wśród nich znalazła się właśnie ta praca Michelsona i Peasa. Jest ona bardzo często cytowana i uznana za klasyczną pracę tej dziedziny astronomii.

Wpływ ruchu wirowego Ziemi na prędkość światła

Warto jeszcze wspomnieć o jednym ważnym doświadczeniu, które przeprowadził wspólnie z H. G. Gale, a które to doświadczenie A. Einstein uważał za jedno z najpiękniejszych po tym z 1887 r., przeprowadzonym wspólnie z Morleyem. W 1925 r. przeprowadzili

eksperyment w Clearing w stanie Illinois, którego celem było sprawdzenie wpływu ruchu wirowego Ziemi na wartość prędkości światła. Wypożyczono rury ściekowe od władz miejskich Chicago i ułożono je w kierunku wschód-zachód o długości 2010 stóp, a w kierunku północ-południe 1113 stóp, wszystkie o średnicy 12 cali. Już w 1921 r. L. Silberstein zasugerował sprawdzenie wpływu ruchu obrotowego Ziemi na prędkość światła, co byłoby doskonałym testem szczególnej teorii względności A. Einsteina. Pierwsze próby w rurze próżniowej wykonano latem 1923 r. w Mount Wilson, a w grudniu 1924 postanowiono przeprowadzić ten eksperiment w Clearing. Przy pomocy władz miasta Chicago oraz Chicago Telephone Company przeprowadzono eksperyment, który w granicach błędu nie wykazał wpływu wirowego Ziemi na wartość prędkości światła w próżni. Badania się opóźniły, bowiem w grudniu 1924 r. Michelson, musiał poddać się operacji prostaty. Światło z luku węglowego rozdzieleno za pomocą płytek półprzepuszczalnych i puszczone w rury próżniowe, aby po obiegu po prostokącie, odbijając się na rogach od zwierciadła, ponownie się natknąć. Jeżeli ruch wirowy Ziemi miałby

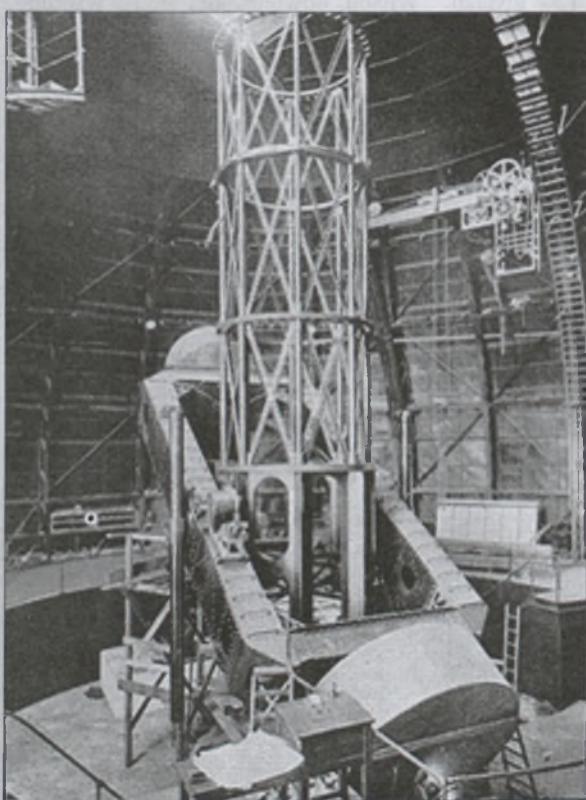
wpływ na prędkość światła, to przesunięcie prążków interferencyjnych powinno wynosić wg kalkulacji Michelsona i Gale $0,236 \pm 0,002$, a po wykonaniu 269 obserwacji otrzymano $0,230 \pm 0,005$. Nie zaobserwowano zatem wpływu ruchu wirowego Ziemi na wartość prędkości światła. Doświadczenie było bardzo trudne od strony technicznej, szczególnie jeżeli chodzi o uzyskanie jak najmniejszego ciśnienia w rurze pomiarowej. Pompy próżniowe pracowały 50 godzin, obniżając ciśnienie w tempie pół cala słupa rtęci na trzy godziny. Najniższe ciśnienie, jakie otrzymano i wówczas przepro-



Rys. 14. Jeden ze słonecznych teleskopów wieżowych w obserwatorium na Mt Wilson wadzono pomiary, wynosiło od 0,5 do 1,0 cala słupa rtęci.

Pomiary prędkości światła

Na koniec nie można nie wspomnieć o pomiarach samej wartości prędkości światła. Światło zawiera i przenosi informacje o źródłach, które je wyemitowało. Michelson właściwie całe swoje naukowe życie poświęcił światłu, był swego rodzaju *Apostolem Światła*. Już w szkole w Annapolis w 1878 r. po raz pierwszy zmierzył prędkość światła, a zakończył swoją aktywność naukową też pomiarami wartości prędkości światła w 1927 r. i w 1928-1931. Myśl ustalenia wartości prędkości światła na stosunkowo dużej odległości zrodziła się już w 1920 r., ale zaczęła się materializować w roku 1922, kiedy to M.A. Ryerson dał 10 000 dolarów na wykonanie tego pomiaru. Pierwsze wyniki uzyskano w czerwcu i pomiary kontynuowano do września, by ostatecznie zakończyć je grudniu 1926 r., mierząc prędkość między Mount Wilson a Mount San Antonio na odległość 22 mil. Pomiary polegały na tym, że światło wysiane z lampy łukowej umieszczonej na Mount Wilson w kierunku Mount San Antonio, tam odbijało się od zwierciadła i wracało do wirującego z częstotliwością 528 Hz graniastosłupa wykonanego ze stali niklowanej lub ze szkła, napędza-



Rys. 15. 100-calowy teleskop Hookera na Mt Wilson, na którym Michelson „osadził” swój 18-stopowy interferometr gwiazdowy

nego strumieniem powietrza, o podstawie ośmiokąta foremnego na Mount Wilson.

Wykonano pięć niezależnych cykli pomiarowych, których wyniki zawarto w tab. 2. Wyniki te po przeliczeniu dla próżni dały wartość $c = (299\ 796 \pm 4)$ km/s.

Pod koniec sprawozdania z badań Michelson stwierdził: *Łatwy sukces pomiarów przy odległości 22 mil, dokonanych na ogół w warunkach niezbyt korzystnych (dymy i opary unoszące się nad ogniskami w pobliskich lasach), winien wskazywać na możliwość wykonania pomiarów przy odległości znacznie większej.*

Wybór padł na Mount Jacinto oddalonego od Mount Wilson o 82 mile. Podjęto próby, ale światło lampy łukowej wracało bardzo osłabione przez dymy i smog, i dalszych pomiarów zaniechano. Warto wspomnieć, że duży udział w tym eksperymencie miała armia amerykańska, a właściwie jej służby geodezyjne, które z dokładnością do 5 cm wyznaczyły odległość między punktami pomiarowymi.

Ostatnią próbę pomiaru prędkości światła podjął w 1928 r., gdzie ponownie miał do dyspozycji obserwatorium na Mount Wilson, no i oczywiście środki finansowe. Za 50 tys. dolarów zbudowano rurę o długości 1,5 km na Irvine Ranch koło Santa Ana. Pompy dzień i noc pracowały, aby obniżyć ciśnienie do 0,5 mm słupa rtęci. Za pomocą wielokrotnego odbicia drogę optyczną światła zwiększo do 18 km.

Michelson po pierwszym wylewie

krwi do mózgu podupadł na zdrowiu i nie mógł osobiście kierować pomiarami. Niestety pomiarów nie udało mu się dokonać, bowiem 9 maja 1931 r. choroba okazała się od niego silniejsza i nad ranem tego dnia zmarł. F. G. Pease i F. Pearson dokonczyli dzieła i wyniki opublikowali w 1935 r. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów od września 1929 r. do marca 1933 r. stwierdzili, że prędkość światła w próżni ma wartość $299\ 774$ km/s \pm 11 km/s.

Zakończenie

Wielki przyjaciel Michelsona, a jednocześnie współpracujący z nim matematyk i astronom F. R. Moulton w 1914 r. napisał o nim artykuł w ramach uczczenia amerykańskich uczniów, jakich wybrano w ankiecie na 1000 najwybitniejszych naukowców Ameryki. Tak scharakteryzował 62-letniego ówczesnego Michelsona:

Michelson jest mężczyzną średniego wzrostu, krepej budowy ciała, o zdrowej cerze i czarnych włosach i oczach. Choć doszedł do wieku, w którym siły fizyczne człowieka zwykle opuszczają, on nie wykazuje żadnych objawów przeżytych

Nr serii	Liczba pomiarów	Wartość c (km/s)
I	15	$299\ 729 \pm 67$
II	15	$299\ 736 \pm 67$
III	13	$299\ 722 \pm 67$
IV	11	299729 ± 67
V	11	$299\ 728 \pm 67$



Rys. 17. Akwarela wykonana przez A.A. Michelsona

lat. W jakiś sposób okradł czas z dwudziestu lat. Gra świetnie w tenisa i jest doskonaly w bilardzie. Często widuje się go w klubach. Lubi się rozerwać, ale nieszczególnie banalne igraszki, które zaprzatają uwagę ludzi mniejszego kalibru, nie wywołując w nim żadnego zainteresowania. Tak naprawdę pochlania go praca, z drugiej strony ma zdaje się dość wolnego czasu na zajęcia, które go zajmują....

Jak wielu wielkich uczonych Michelsoна ma subtelny smak artystyczny. Lubi muzykę i malarstwo, a nawet wykonał parę bardzo świętych prac w akwareli.

Ksiądz, a jednocześnie bliski przyjaciel rodziny T. G. Soares, który odprawił prywatne nabożeństwo żałobne w domu rodzinnym w Pasadenie, na koniec tej uroczystości tak opisał Alberta Abrahama Michelsona:

Mistrz odszedł ... Był w nim grecki duch radości życia. Doszedł do takiego panowania nad sobą samym, że praca i zabawa kolejno wymieniały się ze sobą.



Rys. 16. A.A. Michelson w pracowni malarstkiej

Mgr Tomasz Kardaś jest nauczycielem fizyki w Liceum Ogólnokształcącym w Strzelnie, mieście urodzenia Alberta Michelsona, autorem wydanej kilka lat temu biografii tego słynnego fizyka i organizatorem wielu imprez szkolnych i miejskich poświęconych Michelsonowi

Księżyce (?) wokół planetoid

Mija właśnie 200 lat od odkrycia czterech pierwszych (i największych) planetoid, a 160 lat od odkrycia kolejnej, piątej planetoidy. W drugiej połowie XIX w. liczba odkrywanych planetoid zaczęła narastać lawinowo, zwłaszcza po zastosowaniu do obserwacji metod fotograficznych (astrografów). Obecnie, dzięki technikom obserwacyjnym najnowszej generacji, znamy już około 270 000 planetoid(!), chociaż jeszcze nie wszystkie są nazwane czy też ponumerowane. Oprócz głównego pasa planetoid i tzw. Centaurów stwierdzono w minionym dziesięcioleciu istnienie Pasa Kuipera (poza orbitą Neptuna), postulowanego przez niego ponad 50 lat temu

Zwróćmy raz jeszcze uwagę na sławetną regułę Titiusa-Bodego (zob. też „Postępy Astronomii”, 1/1997), która zazwyczaj jest opisywana wzorem:

$$a = 0,4 + 0,3 n,$$

(gdzie a oznacza wielką półoszę orbity planety w jednostkach astronomicznych, natomiast $n = 0, 1, 2, 4, 8, \dots$). W czasach, kiedy ją formułowano, pomiędzy orbitą Marsa a orbitą Jowisza (czyli dla $n = 8$) istniała luka, która naruszała regularność w narastaniu odległości planet. Jednak nie bardzo jest jasne, czym powodował się Titius, tak właśnie formułując swoje „prawo”. Być może, iż wciąż jeszcze przejawiał się wpływ pytagoreizmu albo może Titius uległ sugestii Keplera, który w dość nieprecyzyjny sposób postulował możliwość obecności nieznanej planety między orbitą Marsa a Jowisza. W każdym razie luka między orbitami tych planet jest wyraźna, zaś reguła Titiusa-Bodego znakomicie się sprawdziła dla odległości odkrytego przez Williama Herschela w 1781 r. Urana (czyli dla $n = 64$). W tej sytuacji przekonanie o istnieniu „ukrytej” planety bardzo wzrosło. Między innymi odnalezienia tej planety podjął się baron Franz Xaver von Zach. Kilkanaście lat obserwacji (a nawet próba obliczenia prowizorycznej efemerydy) nie zostały uwieńczone sukcesem. W 1800 r., jesienią, w Lilienthalu koło Bremy zebrała się grupa astronomów,

ażby omówić różne problemy naukowe. Obecny na tym spotkaniu baron von Zach rzucił propozycję systematycznego przeszukiwania pasa zodiakalnego przez wielu astronomów w celu dostrzeżenia owej „tajemniczej” planety. Nim program von Zacha (tzw. „komitetu zodiakalnego”) wkroczył w fazę realizacji, o. Giuseppe Piazzi, astronom z Palermo na Sycylii, odkrył przypadkowo w nocy z 31 grudnia 1800 r. na 1 stycznia 1801 r. nieznany dotąd obiekt niebieski przemieszczający się wolno na tle gwiazd Byka. Początkowo sądzono, że jest to kometa, potem jednak okazało się, że to niewielka planeta. Tak została odnuta pierwsza planetoida. Na cześć bogini, opiekunki Sycylii, Piazzi nazwał ją Ceres (Cerera), a wybitny matematyk niemiecki Carl Friedrich Gauss obliczył elementy jej orbity. Wyznaczona wielka półoszę orbity Ceres liczy 2,77 j.a., co znakomicie zgadza się z wynikającą z reguły Titiusa-Bodego odległością 2,8 j.a. Ceres okazała się niewielkim ciałem. Według najnowszych danych jej rozmiary wynoszą mniej niż 1000 km, czyli nie stanowią nawet 1/3 średnicy Księżyca.

Zatem stało się oczywiste, że to właśnie niewielkie rozmiary „brakującej” planety (a także małe albedo) powodowały, iż niemożliwe było dostrzeżenie jej nieuzbrojonym okiem. No, ale wreszcie została odnaleziona...

Tymczasem astronomów czekała niespodzianka. W roku 1802 niemiecki

Tabela
Dane o dziewięciu pierwszych planetoidach

Nr	Nazwa	Max. Jasność obserwowana w opozycji (m ⁻¹)	Wielka półos (j.a.)	Gwiazdowy okres obiegu (lata)	Mimośród e	Nachylenie i	Średnica (km)
1	Ceres	7,0	2,768	4,60	0,0794	10,6°	848
2	Pallas	6,7	2,772	4,61	0,2300	34,8	498
3	Juno	7,0	2,668	4,36	0,2587	13,7	234
4	Westa	5,9	2,362	3,63	0,0886	7,13	468
5	Astrea	8,5	2,577	4,14	0,190	5,33	100
6	Hebe	7,0	2,424	3,78	0,2012	14,76	185
7	Iris	6,7	2,385	3,68	0,2299	5,52	200
8	Flora	7,8	2,202	3,27	0,1565	5,89	136
9	Metis	8,1	2,387	3,69	0,1220	5,58	158

miłośnik astronomii Heinrich Wilhelm Olbers odkrył drugą planetoidę nazwaną potem Pallas (Pallada), po czym w 1804 r. Karl Ludwig Harding odkrył trzecią — Juno (Junona), a w 1807 r. czwartą Westę, odkrył znowu Olbers.

Kolejną, piątą planetoidę, Astree, odkrył Karl Ludwig Hencke dopiero w 1845 r., szóstą — Hebe — również Hencke (w 1847 r.). W tym samym roku dwie następne planetoidy, Iris i Flory, odkrył astronom angielski John Russell Hind, a w następnym Graham odkrył planetoidę Metis. Dane o nich zawiera tabela 1. Z pewnych względów, o których później, pozostawiono odstęp między czterema pierwszymi planetoidami a kolejnymi.

Do chwili obecnej odkryto około 270000 planetoid, z których większość obiega Słońce między orbitą Marsa a orbitą Jowisza od około 2,17 j.a. do około 3,64 j.a., przy czym przeciętna „wielka półos” głównego pasa planetoid wynosi około 2,85 j.a., co również dobrze zgadza się z regułą Titiusa-Bodego. Odkryto też planetoidy w sąsiedztwie punktów libracyjnych L_1 i L_2 układu Słońce-Jowisz, nazwane Grekami i Trojańczykami. Znamy ponadto kilka tysięcy planetoid obiegających Słońce niejako w sąsiedztwie Ziemi. Są to tzw. NEA (Near Earth Asteroids; inaczej planetoidy typu Apollo, Atena, Amor).

Jeszcze na początku XIX w. zaczęto się zastanawiać, czy planetoidy nie stanowią fragmentów większego ciała kosmicznego, które z jakichś przyczyn się rozpadło. To przypuszczenie zmieniło się niemal w pewność, kiedy w drugiej połowie XIX stulecia zaczęto odkrywać ich coraz więcej (setną odkryto już w

1868 r.). Znając ich orbity, próbowało liczyć wstecz w czasie przebyte drogi planetoid, chcąc się dowiedzieć, kiedy mógł się dokonać rozpad owej większej, domniemanej planety. Oszacowano nawet jej masę i rozmiary (otrzymując w wyniku glob wielkości mniej więcej Marsa). Zaproponowano też nazwać tę hipotetyczną planetę Faetonom...

Zgodnie z doktryną pitagorejską, żywioną jeszcze przez Keplera, Faeton powinien mieć trzy księżyce. Może więc któryś z planetoid są jego byłymi satelitami?

Przeprowadzono obliczenia. Wyjaśniło się, że mając obecne elementy orbit planetoid, nie sposób wyznaczyć momentu czasu w przeszłości, kiedy to miał ulec zagładzie Faeton (np. Daeniken, ten entuzjasta paleoastronautyki, twierdził nawet, że na skutek wojny kosmicznej z użyciem... broni jądrowej). Nowe obserwacje, a także modelowane komputerowo scenariusze powstawania Układu Słonecznego wykazały jednak, iż w tym rejonie Układu mogło w ogóle nie dojść do uformowania się dużej planety (na skutek oddziaływania grawitacyjnego masywnego proto-Jowisza), a planetoidy są najprawdopodobniej ostatnimi (wraz z kometami) „świadkami narodzin naszego układu planetarnego”. W tej sytuacji żmudne, acz jałowe dociekania, które to trzy planetoidy mogłyby być przedtem księżycami Faetona, straciły wszelki sens, jak zresztą sam problem istnienia Faetona i jego rozpadu.

W tej całej historii z planetoidami dziwne jest jednak co innego. Wróćmy do tabeli, gdzie zostały wyodrębnione cztery pierwsze (i największe) planetoidy: Ceres, Pallas, Juno i Westa. W tej grupie największym obiektem jest Ceres: jej objętość jest większa od sumy objętości trzech pozostałych planetoid. Masa najprawdopodobniej również jest większa od sumy mas trzech mniejszych planetoid. Wielkie półosie orbit wszystkich czterech ciał są mniej więcej sobie równe. Ponadto przez blisko 40 lat wydawało się, że nie ma już innych obiektów w tym rejonie Układu Słonecznego (tak przynajmniej uważała Olbers, odkrywca dwóch z tych czterech planetoid). Ciekawe jest zatem, dlaczego nikt w tym czasie nie wysunął hipotezy, że Pallas, Westa i Juno stanowiły w przeszłości księżyce Ceres? Zwłaszcza że już w 1802 r. profesor fizyki i matematyki Uniwersytetu w Dorpacie (obecnie Tartu, Estonia) Johann Sigismund Huth pisał: *Na pewno nie zdziwiłbym się, gdyby Ceres i Pallas miały co najmniej dziesięć współtarwarzyszek.*

Być może już wówczas zdawano sobie sprawę, że taki układ (Ceres plus pozostałe trzy planetoidy jako jej księżyce) byłby niestabilny i rozpadłby się w krótkim czasie. A może zaważyły podświadomy osąd, że satelity muszą być zdecydowanie mniejsze od macierzystych planet? Natomiast w przypadku Ceres trzy pozostałe ciała są od niej mniejsze, lecz nawet nie na tyle, na ile nasz Książyc jest mniejszy od Ziemi, toteż łatwiej było przyjąć, że powstały one na skutek rozpadu większego obiektu, niż że tworzyły układ typu planeta-satelity. Jakkolwiek byłaby kusząca wizja małej planety z trzema księżycami, zgodnie zresztą z pitagorejską mistyką liczb, to jednak wydaje się, że w XIX w. racjonalizm zaczął wreszcie odgrywać

poważną rolę i zapewne dlatego nikt nie wystąpił ze spekulacją na temat Ceres i jej trzech ewentualnych satelitów. Wyпадa przy tym, iż pod koniec XVIII stulecia „porządek pitagorejski” w świecie księżyców planet został naruszony: odkryto aż siedem satelitów Saturna i tylko dwa dalszego Urana, podczas gdy wokół Jowisza znano tylko cztery księżyce. I nadal nie zaobserwowało dwóch księżyków Marsa... Widocznie te fakty zachwiały przeświadczeniem i wiarą w tak prosty przyrost liczby księżyków w miarę zwiększania się odległości kolejnych planet od Słońca.

Minął wiek XVIII, potem XIX, nastąpił XX. Nieistniejącą planetą zainteresowali się autorzy utworów fantastycznonaukowych, a następnie entuzjaści paleoastronautyki. Można wręcz mówić o powstaniu nieoficjalnej „nauki” — faetonologii. Najdziwniejsze jest jednak to, że faetonolodzy w ogóle nie wypowiadali się na temat księżyków „zdrugotanej” planety. A tak ładnie można byłoby przecież zacząć powieść SF zatytuowaną na przykład „Raport z planety Sol-5”:

Piątą planetę gwiazdy Sol obiegają trzy księżyce — Ene, Due, Rabe...

lub przynajmniej zacytować jakiś „zapomniany dokument”:

Iako to Venus nie ma żadnego satelity, Terra jedną ma Lunę, zasię Mars dwa trabenty, tako Faeton ma trzy księżyce, a Jupiter ma ich cztery i Saturn ażę pięć....

Tymczasem w 1983 r. IRAS odkrył ciekawy obiekt 1983TB = (3200), nazwany potem Phaetonem. Ma on jednak zaledwie 6 km średnicy, zamiast 6000 km przewidywanych dla hipotetycznego Faetona.

Po tej dygresji powróćmy do świata planetoid w przestrzeni między orbitą Marsa a Jowisza. Spośród nich tylko kilkadziesiąt ma rozmiary większe od 200 km. Do określenia ich średnic wykorzystuje się niekiedy zjawisko zakrycia gwiazdy przez planetoidę (jak np. w przypadku wspomianego już Erosa). Takie zdarzenia nie są zbyt częste, a obszar obserwacji jest ograniczony do wąskiego pasa kilkunasto-kilkudziesięciokilometrowej szerokości (na powierzchni Ziemi), zaś czas obserwacji do kilku, najwyższej kilkunastu minut.

Dzięki zastosowaniu komputerów do obliczeń astronomicznych stało się możliwe dokładniejsze obliczanie trajekto-

rii planetoid na sferze niebieskiej oraz szybsze wyznaczanie efemeryd zjawisk zakryciowych. W szczególności zajmuje się tym obserwator amerykański Paul D. Maley, który też jako pierwszy dostrzegł zakrycie gwiazdy nie przez planetoidę, ale, być może, przez jej satelitę.

Działo się to 5 marca 1977 r. Obserwowano wtedy zakrycie gwiazdy γ Ceti o jasności 3,6^m, a więc dobrze widoczną nieuzbrojonym okiem przez wspomnianą już (zob. tab. 1) planetoidę Hebe. Paul D. Maley znajdujący się podczas o kilkaset kilometrów od głównego pasa zakrycia i śledzący tylko tak zwaną bliską koniunkcję (złączenie) planetoidy z gwiazdą zaobserwował w tym czasie półsekundowe zniknięcie γ Ceti. To wtórne zakrycie gwiazdy przypisano obecności satelity biegnącego wokół Hebe, który miałby około 20 km średnicy (wobec 185 km średnicy dla Hebe) i znajdował się w momencie zakrycia gwiazdy o mniej więcej 900 km od tej planetoidy.

W 1978 r. dostrzeżono aż trzy wtórne zakrycia. 7 czerwca w trakcie obserwacji w Stanach Zjednoczonych zakrycia gwiazdy SAO 120774 o jasności 6,2^m przez planetoidę Herkulina dwóch obserwatorów — niezależnie od siebie — zarejestrowały kilkusekundowe wtórne zakrycie tej gwiazdy. Z interpretacji danych wynika, że Herkulina może obiegać satelita o średnicy około 45 km w odległości mniej więcej 975 km. Hipotetyczny satelita otrzymał prowizoryczne oznaczenie 1978(532) I; (532) to katalogowy numer Herkuliny. Dodajmy, że ma ona rozmiary 222×218×215 km, a więc należy do dużych planetoid. Obiega ona Słońce po orbicie o wielkiej półosi równej 2,771 j.a., o mimośrodzie $e = 0,1781$ i nachylonej pod kątem 16,308° do ekliptyki.

13 lipca, podczas obserwacji zakrycia gwiazdy SAO 144070 (o jasności 7,1^m) przez Junonę, Yaron Sheffer dostrzegł krótkotrwałe wtórne zniknięcie tej gwiazdy. Zakrycie to mogłoby spowodować... księżyca Junony o średnicy około 10 km i znajdujący się w odległości ponad 3000 km od rzeczonej planetoidy.

Wreszcie 11 grudnia 1978 r., w trakcie obserwacji zakrycia gwiazdy SAO 114159 o jasności 8,4^m przez planetoidę Melpomenę, zaobserwowano wtórne zakrycie, które może świadczyć, że planetoidę obiega w odległości zaledwie

25 km dość duży księżyc o średnicy około 45 km. Ponieważ rozmiary Melpomeny wynoszą 135 km, należałoby więc mówić raczej o podwójnej planetoidzie — zwłaszcza że i odległość między nimi nie jest duża.

W rok później, 11 grudnia 1979, w Wenezueli podczas obserwacji zakrycia gwiazdy SAO 080950 przez planetoidę Metis mającą średnicę 158 km (zob. tab.) znów dostrzeżono wtórne zniknięcie tej gwiazdy. Z interpretacji danych wspartych obserwacjami fotograficznymi tej planetoidy wynika, że ewentualny księżyc Metis krąży wokół niej w odległości 1100 km w czasie 4,61 doby.

Hipotetyczny satelita może obiegać również planetoidę Kleopatrę. Miałyby on około 10 km średnicy i znajdowałby się w odległości mniej więcej 500 km od tej planetoidy. Tak przynajmniej może wynikać z dostrzeżenia wtórnego zakrycia gwiazdy SAO 128066 wykonanego przez dwóch niezależnych obserwatorów w USA 10 października 1980 r.

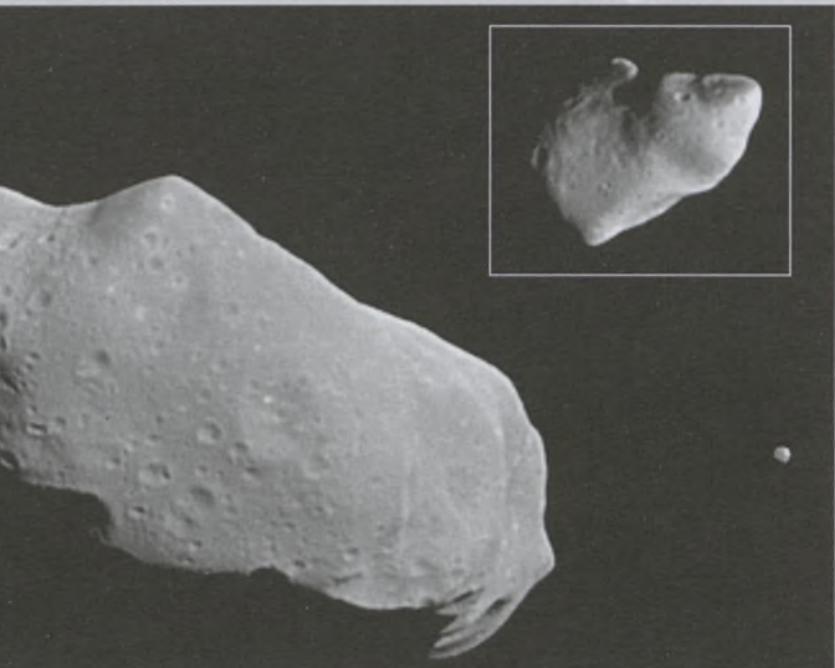
Efekt wtórnego zakrycia został zarejestrowany również 18 kwietnia 1982 r. we Francji i Hiszpanii, kiedy jednocześnie obserwowano zakrycie przez planetoidę Lucinę gwiazdy BD+17°2516. Zjawisko to mogłoby wywołać niewielki satelita (około 6 km średnicy) krążący wokół tej planetoidy w odległości ponad półtora tysiąca kilometrów.

Nieco inny efekt dostrzeżono jeszcze podczas zakrycia przez Pallas gwiazdy AGK3+181844 4 maja 1983 r. Zjawisko to było rejestrowane fotolektrycznie przez W. B. Kapkowa z Kazania. Opracowując wyniki obserwacji, stwierdził on, że krzywa zmian jasności nie jest typowa — występuje bowiem osłabienie blasku gwiazdy przed, a jeszcze dłużej po geometrycznym jej zasłonięciu przez planetoidę. Efekt ten można zinterpretować, zakładając, że Pallas otacza obłok pyłowo-gazowy elipsoidalnego kształtu. Jest jednak wątpliwe, aby taki twór mógł być stabilny. Przypuszczalnie obłok jest pochodną jakiegoś procesu zachodzącego (ale chyba niezbyt długo) na powierzchni Pallas.

Wykonane ponad 10 lat temu obserwacje planetoidy (1220) Crocus wskażują na występowanie precesji osi rotacji tej planetoidy. Efekt ten może być wywołany na przykład przez krążący wokół niej niewielki księżyc.

Nie wszystkie zaobserwowane efekty mogą być jednoznacznie zinterpretowane. Można bowiem podać inne wyjaśnienia wtórnego osłabienia jasności gwiazdy, a pewne z tych wyjaśnień będą niemal równie prawdopodobne jak hipoteza o zakryciu gwiazdy przez księżyc obserwowanej planetoidy. W tej sytuacji sensacją stało się bezpośrednie odkrycie satelity planetoidy. W dniu 28 na 29 sierpnia 1993 r. sonda międzyplanetarna Galileo zdążająca ku układowi Jowisza przemknęła obok planetoidy (243) Ida, wykonując wiele zdjęć i przeprowadzając różne pomiary. Na tych zdjęciach oprócz Idy dostrzeżono niewielki obiekt, który bez wątpienia, jak to wynika z dalszych analiz, okazał się jej satelitą. Rozmiary Idy wynoszą $56 \times 24 \times 21$ km, zaś rozmiary satality, który otrzymał nazwę Daktyl, $1,6 \times 1,4 \times 1,1$ km. Zatrudnia Ida, jak i Daktyl są pokryte krateryami. Nie znane jest na razie pochodzenie tego księżyca: albo jest to fragment planetoidy odprysnięty w wyniku zderzenia z meteoroidem (?), albo „przechwycony” obiekt, ponieważ Ida należy do tak zwanej rodziny planetki Koronis. Jakkolwiek to było, uzyskaliśmy wreszcie niezbity dowód istnienia satality obiegającego planetoidę.

Otwarte pozostaje zagadnienie, czy satality planetoid zachowują się tak samo, jak zdecydowana większość księżyków planet, to znaczy, czy zwracają się ku macierzystemu obiekowi tylko jedną stroną. Wiadomo, że większość planetoid obraca się wokół swojej osi w ciągu kilku godzin. Ale czy słabe oddziaływanie grawitacyjne pomiędzy planetoidą a jej księżykiem potrafi doprowadzić (ze względu na małe masy tych obiektów) do wyhamowania ruchu obrotowego satality? Przyszłe obserwacje, zarówno z powierzchni Ziemi, jak i z orbity okołoziemskiej, a także bliska penetracja wybranych obiektów w ramach astronautycznych misji astronomii (jak na przykład NEAR — „Near Earth Asteroid Rendezvous”) powinny rozstrzegnąć ten problem. Nie bez znaczenia



Ida i jej mały towarzysz — Daktyl. W górnym prawym rogu dla porównania rozmiarów obraz planetoidy Gaspra. Fot. NASA

będą także dalsze prace teoretyczne prowadzone dzięki uzyskanym danym obserwacyjnym.

Natomiast przyszli astronauci obecnego trzeciego tysiąclecia zapewne najbardziej swojsko będą się czuli na dość dużej planetoidzie obieganej w dodatku przez księżyc. Na przykład hipotetyczny satalita 1978 (532) I Herkuliny osiągałby, dla obserwatora na powierzchni tej planetoidy, rozmiary kątowe około $2,5^\circ$ oraz maksymalną jasność -15^m ! Byłoby to więc pokaźne (względnie) ciało niebieskie przewyższające średnicą jak i jasnością (obserwowaną) nasz Księżyce w pełni na naszym niebie. Nie byłoby więc podczas krótkich nocy (okres obrotu wokół osi tej planetoidy wynosi 9,41 godz.) tak ciemno na Herkulinie. Słońce widoczne z tej planetoidy miałoby jasność $-25,5^m$ i średnicę kątową zaledwie $12'$. Można by więc podziwiać z powierzchni Herkuliny względnie długotrwałe zakrycia Słońca przez tarczę tego hipotetycznego księżyca. Trzecim co do jasności obiektem na niebie księżyca Herkuliny byłby Jowisz (w otoczeniu swoich 4 największych satalitów), mogący osiągać podczas opozycji wielkość gwiazdową równą największej jasności Wenus na naszym niebie (około $-4,5^m$).

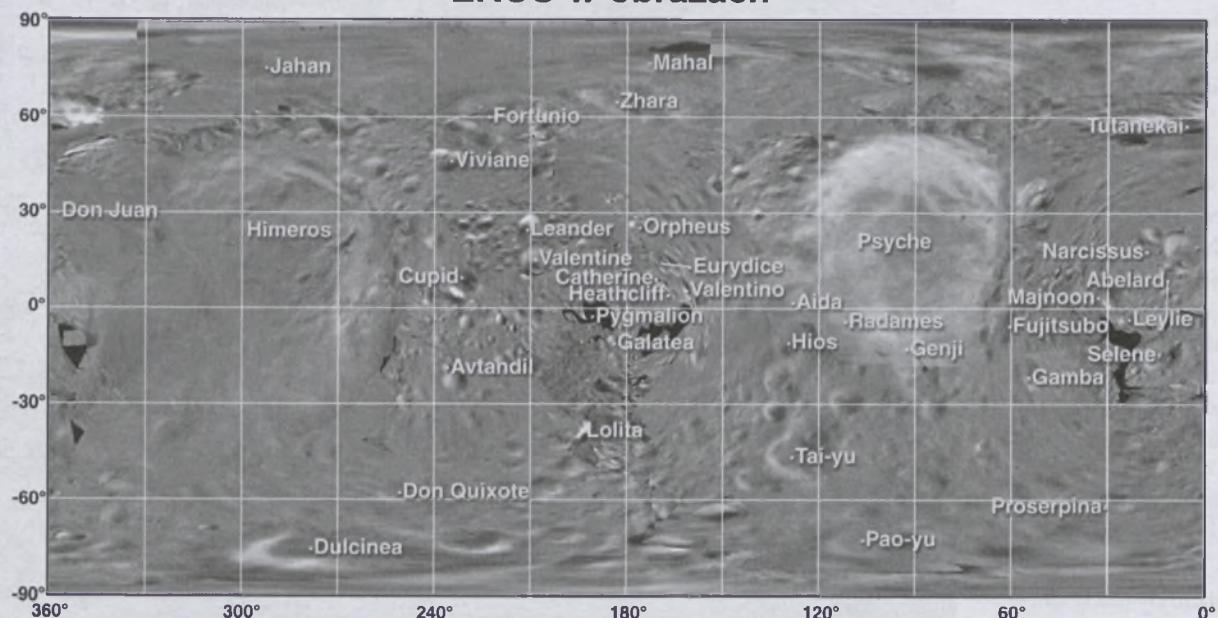
Natomiast w ostatnim czasie stwierdzono występowanie różnych efektów obserwacyjnych mogących świadczyć o istnieniu satalitów wokół innych pla-

netoid, a być może, nawet planetoid podwójnych. Wśród planetoid typu NEA zarejestrowano aż 23 takie efekty, a w pasie głównym około piętnastu możliwych planetoid podwójnych bądź spodziewanych podwójnych. Wśród planetoid z Grupy Trojańskiej Jowisza znaleziono jeden taki efekt. Natomiast w Pasie Kuipera stwierdzono możliwość występowania satalitów dla 13 jego obiektów. Nie będziemy już szczegółowo się tym zajmowali, ponieważ wyliczanie tych efektów stałoby się zbyt monotonne, a ponadto nie wszystkie zaobserwowane efekty zostały ostatecznie potwierdzone (stąd zwrot: „spodziewanych podwójnych”).

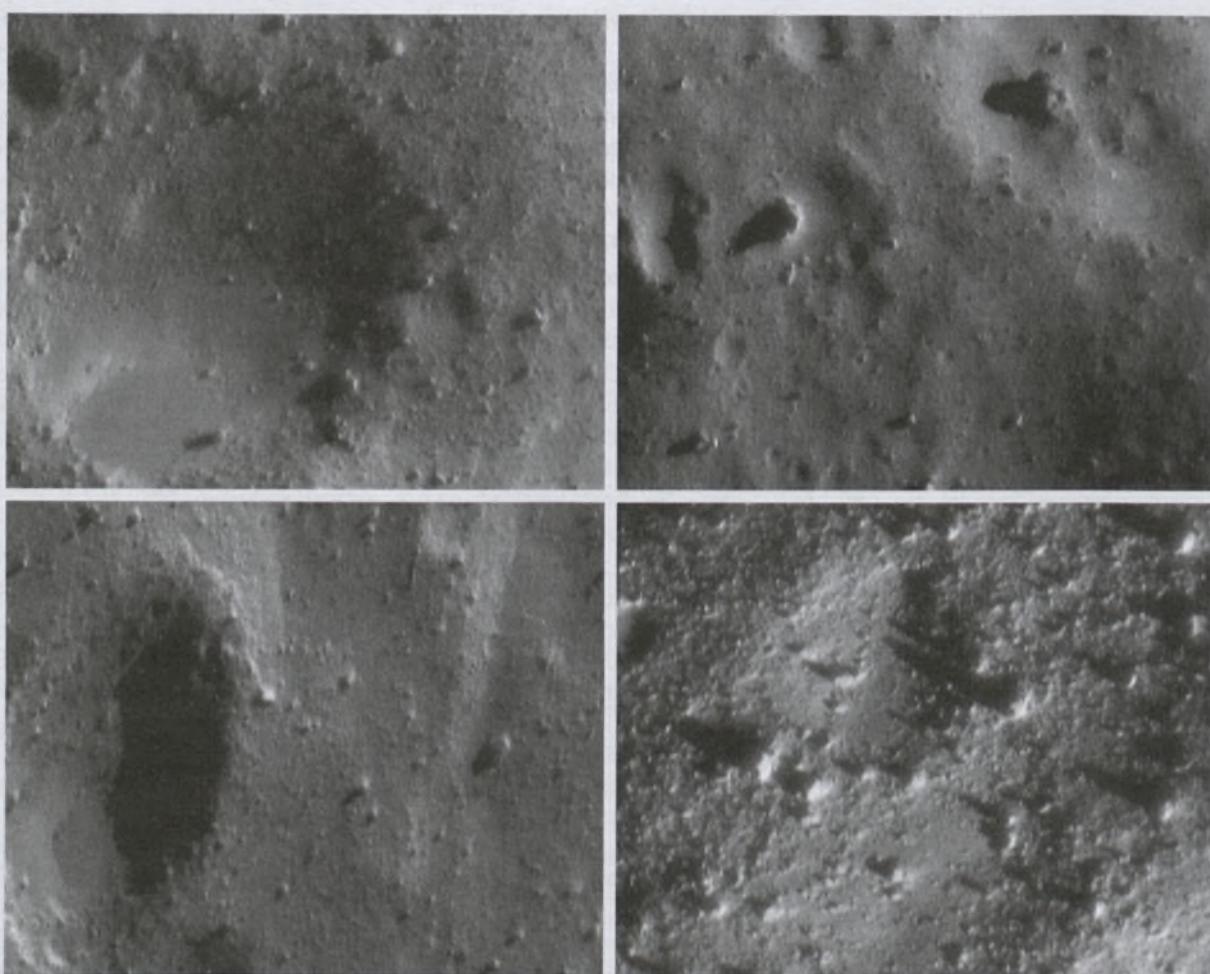
Na zakończenie zwrócić uwagę na jeszcze jedną okoliczność: uznając, że Pluton jest największym obiektem Pasa Kuipera, to układ Pluto-Charon (zob. też „Urania — Postępy Astronomii”, 1/1998) również można traktować jako... planetoidę podwójną. Dlatego został on właśnie wliczony do owych 13 obiektów na peryferiach Układu Słonecznego.

Dr hab. T. Zbigniew Dworak jest prof. nadzw. AGH w Zakładzie Kształtowania i Ochrony Środowiska Wydziału Geodezji Górnictwa i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie. Zajmuje się ponadto środowiskami planet i ich księżyćami, gwiazdami zaćmieniowymi i historią astronomii

EROS w obrazach



Mapa powierzchni Erosa uzyskana poprzez cylindryczną projekcję mozaiki jego zdjęć uzyskanych przez sondę NEAR Shoemaker w 2001 r. Ponieważ poszczególne obrazy uzyskiwano w różnych warunkach oświetlenia i pod różnymi kątami widzenia, trudno je było precyźniej „posklejać”. Podane nazwy różnych tworów na powierzchni EROSA są propozycjami nazw i pochodzą od imion słynnych kochanków znanych w historii i mitologii różnych kultur



Cztery powyższe obrazy pochodzą z kolekcji tysięcy zdjęć uzyskanych podczas przechodzenia sondy NEAR Shoemaker nisko nad powierzchnią Erosa w dniach 25–28 stycznia 2001 r. Od obrazu u góry po lewej stronie, do zdjęcia na dole po prawej stronie, widzimy fragmenty powierzchni Erosa z coraz to większymi szczegółami (z rosnącą rozdzielczością). Pierwszy obraz został uzyskany 27 stycznia z odległości 13,5 km, drugi — 26 stycznia z wysokości 11,1 km. Oba te zdjęcia przedstawiają teren o boku ok. 550 m. Zdjęcia na dole zostały uzyskane z wysokości 4,9 km odpowiednio 26 i 28 stycznia. Widzimy na nich teren o szerokości ok. 230 m. Fot. JPL/NASA

Teleskop kosmiczny zobaczył planety pozasłoneczne

Dotychczas planety pozasłoneczne odkrywaliśmy metodami pośrednimi. Wnosiliśmy o ich istnieniu, analizując ruchy gwiazd objawiane poprzez zmiany położenia lub zmiany prędkości radialnych oraz precyzyjnie mierząc blask gwiazdy i analizując jego cykliczne zmiany (tzw. tranzyty). Teraz mamy bezpośredni dowód istnienia planet pozasłonecznych z pomiaru ich świecenia w promieniowaniu podczerwonym. Dwie niezależne grupy badaczy, przy wykorzystaniu teleskopu kosmicznego Spitzera, zaobserwowały promieniowanie podczerwone znanych wcześniej „gorących Jowiszu” TrES-1 i HD 209458b. Pomiary umożliwiły zjawisko zakrycia planet przez macierzyste gwiazdy. Dzięki temu, że planety chowały się okresowo za tarczami swoich „słońca”, można było mierzyć energięłączną wysydaną przez gwiazdy i planety i samych gwiazd w czasie zakrycia planety przez gwiazdę. TrES-1 jest pierwszą pozasłoneczną planetą odkrytą w sierpniu 2004 r. za pomocą założonego przez NASA, a koordynowanego internetowo, zespołu małych teleskopów położonych po obu stronach Atlantyku, mających na celu wykrywanie zjawisk tranzytu wśród jasnych gwiazd. System nazywa się Trans-Atlantic Exoplanet Survey (TrES). W odkryciu TrES-1 brały udział 3 teleskopy o średnicy 10 cm położone na Wyspach Kanaryjskich, w Obserwatorium Lowell w Arizonie i na Mt Palomar w Kalifornii. Później tranzyty (a właściwie zakrycia) w układzie TrES-1 były obserwowane wielokrotnie przez miłośników astronomii w Europie i Ameryce Północnej.

Dawid Charbonneau wraz ze współpracownikami z Centrum Astrofizycznego Harvarda-Smithsona w Cambridge (USA) obserwował TrES-1 w nocy z 30 na 31 października 2004 r., gdy planeta chowała się za gwiazdą, czyli w czasie wtórnego zaćmienia. Korzystał z kamery podczerwonej teleskopu Spitzera, wykonując pomiary przez 5,6 godz. na długościach fali 4,5 i 8 mikronów. Planeta ta obiega swoją gwiazdę (typ widmowy KOV, jasność 11,7 mag., odległość od Słońca 500 lat św.) w odległości 0,04 jedn. astr. (6,4 mln km, czyli bliżej niż odległość Merkurego od Słońca) w okresie $P = 3,03$ dnia, a za tarczą gwiazdy chowa się na niespełna 3 godz. Bez żadnych kłopotów badacze dostrzegli

wyraźne osłabienie blasku gwiazdy w czasie zaćmienia i zmierzyli bezpośrednio promieniowanie podczerwone planety. To pozwoliło określić temperaturę planety na 1060 K. Wyliczyli także, że planeta odbija ok. 31% padającej na nią energii gwiazdy. Te wyniki zgadzają się dobrze z przewidywaniami teoretycznymi dla planetarnych gazowych olbrzymów krążących bardzo blisko swych gwiazd macierzystych. Planeta wydaje się jaśniejsza na fali 8 μm niż na fali 4,5 μm . Niewykluczone, że jest to odzwierciedlenie składu chemicznego atmosfery planety, ale to zagadnienie wymaga dalszych obserwacji „spektralnych” w innych długościach fal.

Inny zespół badaczy pod kierunkiem Draka Deminga z Centrum Lotów Kosmicznych Godarda (NASA) obserwował tym samym teleskopem kosmicznym HD 209458 ($m = 7,8$ mag., widmo GOV, 153 lata św. od Słońca) w dniu wtórnego zaćmienia 7 grudnia 2004 r. na fali 24 mikrometry. Podobnie jak ekipa Charbonneau, zespół ten nie miał trudności w pomiarze promieniowania podczerwonego planety, ale ze względu na dłuższą falę zakłócenia pochodzące od pyłów światła zodiakalnego powodowały szum, który zmniejszał dokładność wyznaczonej temperatury planety. Autorzy na wartość temperatury HD 209458b otrzymali 1130 K.

A więc w obu przypadkach mamy potwierdzenie, że planety zwane gorącymi Jowiszami są rzeczywiście gorące.

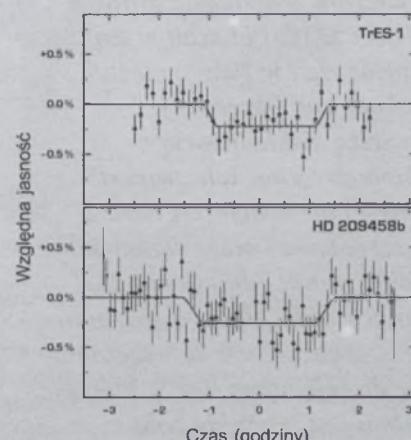
Obie grupy stwierdziły, że czas, jaki upływał między zjawiskiem tranzytu a momentem zakrycia planety, był dokładnie równy temu, który upływał od wtórnego zaćmienia do początku następnego tranzytu. Ten fakt, w połączeniu z pomiarami prędkości radialnych gwiazd macierzystych, dowodzi, że planety te mają prawie doskonale kołowe orbity i, zgodnie z modelami teoretycznymi, silny przypływowe gwiazd centralnych dość szybko doprowadzą do pełnej cyrkularyzacji ich orbit. Ale właśnie w przypadku HD 209458b kołowa orbita stwarza pewien problem. Ze wszystkich 7 planet, dla których znane są zjawiska tranzytu, HD 209458b ma największy promień: 35% większy niż promień Jowisza. TrES-1 jest tylko 4% większa od Jowisza. Masa obu planet wynosi 70% masy Jowisza. A więc HD 209458b jest wyjątkowo duża w stosunku do swojej masy, puszysta, jak mówią niektórzy, czyli ma wyjątkowo małą gęstość (0,3 g/cm³). Wytlumaczenia tego faktu prze-

je się szukać w oddziaływaniu niewidocznych grawitacyjnych pływów, które „rozciągają” planetę. Ale w takim przypadku orbita planety powinna być eliptyczna, a temu zaprzeczają obserwacje teleskopu Spitzera, które dowodzą kołowości orbity tej planety.

Inna grupa badaczy uzyskała też teleskopem Spitzera bezpośrednie obrazy małomasywnego ciała krążącego wokół brązowego karła 2M 1207. Masa tego obiektu jest oceniana na 5 mas jowiszowych, więc nie wiadomo, czy można go zaliczyć do kategorii „planeta”. Ponadto oba te obiekty są bardzo podobne i znajdują się w tak dużej odległości od siebie, że można je uważać raczej za układ podwójny gwiazd brązowych karłów niż układ „gwiazda-plana”.

Powyżej opisane odkrycie i pomiar promieniowania planet pozasłonecznych, ogłoszone publicznie 22 marca 2004 r., otwierają nowy rozdział w badaniu tych obiektów kosmicznych. W świetle widzialnym planeta jest dosłownie „utopiona” w blasku gwiazdy (gwiazda jest 10 tys. razy jaśniejsza od planety), natomiast w podczerwieni planeta, ze względu na swą temperaturę, promienia duzo więcej energii i gwiazda jest tylko 400 razy jaśniejsza od planety, co znacznie ułatwia pomiary światła planety. Teleskop kosmiczny Spitzera nie był konstruowany w celu badania planet pozasłonecznych, ale nadaje się doskonale do badania planet wokół gwiazd podobnych do Słońca, znajdujących się w odległości do 500 lat świetla. Z dotychczasowych 7 znanych planet pozasłonecznych prezentujących zjawisko tranzytu tylko te dwie spełniają warunki obserwacyjności teleskopem Spitzera.

(aw)



NASA/JPL-Caltech/D.Charbonneau (Harvard-Smithsonian CfA)/D.Deming (Goddard Space Flight Center)

Obserwacje planet pozasłonecznych są już w zasięgu małych, amatorskich teleskopów wyposażonych w nowoczesne odbiorniki CCD i odpowiednie systemy redukcji danych obserwacyjnych. NASA zorganizowała, koordynowaną internetowo, sieć takich teleskopów rozłożonych na różnych długościach geograficznych po obu stronach Atlantyku (Trans-Atlantic Exoplanet Survey — TrES), z którą współpracują liczni miłośnicy astronomii w Europie i Ameryce. W sierpniu 2004 r. trzy teleskopy tej sieci odkryły pierwsze zjawisko tranzytu planety pozasłonecznej

TrES-1 wokół gwiazdy GSC 02652-01324 o jasności 11,7 mag. położonej w Lutni. Teleskopy miały średnicę 10 cm!

Astronomowie z Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego, przy pomocy teleskopu klasy amatorskiej o średnicy 35 cm (14 cali), ustawionego na obrzeżach ich miasta dokonali profesjonalnej obserwacji i redukcji danych dwóch tranzytów w układzie gwiazdy HD 209458. Pokazali w ten sposób, że i w Polsce można dokonywać obserwacji z wielką dokładnością fotometryczną. Ich „raport” z tych obserwacji jest bardzo szczegółowy i może stanowić dobry punkt odniesienia dla innych miłośników astronomii oraz zachęcić ich do włączenia się do inicjatywy TrES, której celem jest poszukiwanie zjawisk tranzytowych wśród jasnych gwiazd (red)

Fotometria milimagnitudowa tranzytów planet pozasłonecznych przy użyciu małych teleskopów

Wprowadzenie

Na całym świecie uniwersyteckie obserwatoria są wyposażone zazwyczaj w małe teleskopy oraz w detektory CCD. Chcemy pokazać, że przy użyciu takiego sprzętu można wykonać obserwacje przejścia planet pozasłonecznych przed tarczą gwiazdy. Znamy już wiele planet pozasłonecznych, których płaszczyzny orbit leżą prawie w linii widzenia obserwatora z Ziemi. Takie ustawienie sprawia, że część tarczy gwiazdy zostaje przysłonięta przez tarczę planety podczas jej przejścia, co możemy zaobserwować jako spadek jasności gwiazdy. Planeta okrążająca gwiazdę HD 209458 została bardzo dokładnie przebadana przez grupy badaczy (zob. Brown et al. ApJ, t. 552, s. 699, rok 2001). Okres jej obiegu wynosi 3,52 dnia, dzięki czemu łatwo można przewidzieć jej kolejne tranzyty. Zaobserwowanie przejścia tej planety jest dobrym testem zarówno dla używanego przez nas sprzętu, jak i technik redukcji danych. Na pojedynczym zdjęciu CCD po redukcji, jasność gwiazdy 6—9 mag. możemy zmierzyć z dokładnością 0,01—0,02 mag. Taka dokładność nie jest wystarczająca, gdyż spadek

jasności gwiazdy spowodowany przejściem planety krążącej wokół gwiazdy HD 209458 jest na poziomie 0,016 mag., a sama gwiazda ma jasność V = 7,65 mag. Aby wyłowić z „szumu” spadek jasności gwiazdy, musimy zwiększyć dokładność poprzez zastosowanie odpowiedniej analizy danych obserwacyjnych.

Sprzęt

Do pomiarów jasności gwiazdy HD 209458 użyliśmy teleskopu Meade LX200GPS-SMT typu Schmidt-Cassegrain o średnicy lustra D = 355,6 mm (14’’), ogniskowej f = 3556 mm, co daje światłosiął f/10. W ognisku teleskopu znajdował się detektor CCD firmy SBIG, typ ST-8XE wraz z filtrami UBVRI (podczas obserwacji został użyty filtr V). Wszystkie powierzchnie optyczne teleskopu są pokryte specjalną warstwą antyrefleksyjną UHTC (ang. Ultra High Transmitting Coating), dzięki której w ognisku skupia się ponad 94% światła padającego na płytę korekcyjną. Sterowanie teleskopem jest w pełni skomputeryzowane, istnieje możliwość jego obsługi przy użyciu systemów Windows (programy: Sky Map, Meade Autostar) oraz Linux (programy: Xephem, Xmtel).

Jednakże dokładność śledzenia za gwiazdą nie jest zbyt dobra, co nie pozwala na dłuższe ekspozycje przy małym polu widzenia. Dokładność prowadzenia dla montażu azymutalnego bez systemu automatycznego prowadzenia nie jest lepsza niż $0,3''/\text{s}$. Użyty detektor zawiera dwie matryce CCD. Matryca systemu prowadzenia (TI TC-237) ma wymiary 657×495 pikseli, natomiast matryca pomiarowa ma 1530×1020 pikseli. Rozmiary piksela wynoszą $9 \times 9 \mu\text{m}$, co daje wielkość matrycy CCD $13,8 \times 9,2 \text{ mm}$. Czułość piksela jest liniowa aż do 43 000 zliczeń (ADU), co przy wzmocnieniu $2,3 \text{ e}^-/\text{ADU}$ daje głębokość studni potencjału około 100 000 e⁻. Zakres dynamiczny dla tego detektora to około 74 dB. Ciemny prąd wynosi $1 \text{ e}^-/\text{piksel/s}$ przy 0°C . Czasy naświetleń dla tego detektora zawierają się w przedziale 0,12 s do 1 godz., a czas sczytywania obrazu to około 3,7 s. Szum sczytywania nie przekracza 15 e⁻. Zakres czułości detektora to około 200—1000 nm, natomiast maksimum wydajności kwantowej przypada dla fal o długości około 600 nm (68%). Do pomiarów wykorzystano także wysokiej klasy filtry UBVRI firmy SBIG. Centralna długość fali i przepuszczalności kolejnych filtrów wynoszą: U (367 nm, 68%), B (431 nm, 71%), V (523 nm, 86%), R (594 nm, 83%) oraz I (778 nm, 92%). Dodatkowo posługiwano się urządzeniem do precyzyjnego ustalenia ostrości (*mikrofocuser*). Dla konfiguracji opisanej powyżej na jeden piksel przypada $0,55''$ nieba, co dla tego detektora CCD daje pole widzenia $14,0' \times 9,3'$.

Obserwacje

Obserwacje jasności gwiazdy HD 209458 zostały przeprowadzone podczas dwóch tranzytów planety: 3 sierpnia i 10—11 sierpnia 2004 r. 3 sierpnia wykonano 463 zdjęcia (zmienna pogoda), z czego po odrzuceniu niestrych do dalszej analizy włączono 430. W nocy z 10 na 11 sierpnia zrobiono 1260 zdjęć, do analizy wzięto jednak tylko 1209 obrazów. Na odrzuconych zdjęciach gwiazdy były przesunięte (łuki). Czasy naświetleń poszczególnych klatek wynosiły 10 s. Przy takim czasie naświetlenia na piksel przypadało maksymalnie 18000

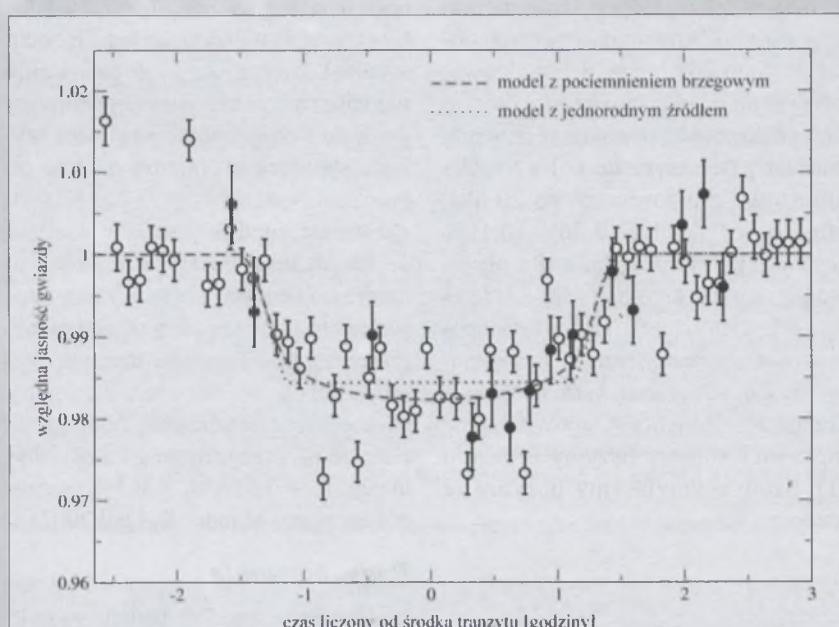
ADU dla gwiazdy HD 209458 oraz 5000 ADU dla gwiazdy porównania GSC2.2 N002201115158. Seeing w czasie obserwacji zawierał się w przedziale $2,4—2,8''$ szerokości połówkowej (*Full Width at Half Maximum* — FWHM). Detektor CCD działał w trybie automatycznym, robiąc 10-sekundową ekspozycję i 5 s przerwy (sczytywanie). Teleskop obsługiwany był przez program SkyMap Pro 8, natomiast kamerą CCD zarządzał program CCDOPS.

Analiza

Gwiazda HD 209458 ma jasność $V = 7,65$ mag. i znajduje się na niebie w miejscu o współrzędnych: RA: $22^h 03^m 10,8^s$, Dec: $+18^\circ 53' 04''$. Za gwiazdę porównania wybrano najjaśniejszą w tym samym polu widzenia gwiazdę z katalogu GSC2.2 N002201115158 o jasności $V = 11,16$ mag. i współrzędnych $\alpha = 22^h 03^m 07,5^s$, $\delta = +18^\circ 51' 35''$. Standardowo w fotometrii zakłada się promień apertury pomiarowej co najmniej 1,5 raza większy niż FWHM gwiazdy. W naszym przypadku przyjęcie takiej apertury pomiarowej nie uwzględniałoby długich skrzydeł funkcji punktu rozproszenia — PSF (*Point Spread Function*), przez co

część światła nie zostałaby zmierzona. W naszych pomiarach przyjęliśmy promień apertury pomiarowej równy 20 pikselom, przy którym wartości PSF są na poziomie szumu. W odległości około 35 pikseli od naszej gwiazdy porównania znajdowała się inna gwiazda, więc wewnętrzny promień pomiarowy tła przyjęliśmy na 44 piksele, natomiast zewnętrzny na 54 piksele (aby ominąć tę gwiazdę). Wstępnej redukcji obrazów dokonano przy pomocy programu IMARITH, wchodzącego w skład pakietu IRAF opracowanego w Obserwatorium na Kit Peak w Arizonie (NOAO). Napisane zostały skrypty korzystające z pakietu IRAF, które zarówno poszukiwały gwiazd na zdjęciu (procedura DAOFIND), jak i mierzyły ilość zliczeń (procedura APPHOT). Ilość zliczeń w naszej aperturze dla gwiazdy HD 209458 wynosiła około 560000, natomiast dla gwiazdy porównania około 22000. Szum fotonowy dla tych wartości wynosił odpowiednio 750 i 150 zliczeń. Niepewność pomiaru σ pochodząca od szumu fotonowego wyraża się wzorem

$$\sigma = \frac{100}{\sqrt{N}} \% \quad (1)$$



Obserwacje dwóch tranzytów planety pozasłonecznej. Ciemne punkty obrazują uśrednione po 20 obserwacjach z 3 sierpnia 2004 r., natomiast puste kółka obrazują uśrednione po 20 obserwacjach z nocy 10—11 sierpnia 2004 r. Widoczny jest wyraźnie spadek jasności gwiazdy o 1,77%, błędy pierwszej nocy obserwacyjnej są na poziomie 0,45% (zmienna pogoda podczas obserwacji), natomiast błędy drugiej nocy obserwacyjnej są na poziomie 0,26%. Przerywana linia obrazuje dopasowanie modelu z pociemnieniem brzegowym gwiazdy, natomiast linia kropkowana przedstawia krzywą z dopasowania modelu z jednorodną tarczą gwiazdy

gdzie N to ilość zliczeń pochodzących od gwiazdy. Niepewność ta wynosi dla gwiazdy HD 209458 i gwiazdy porównania odpowiednio 0,13% i 0,67%. Jasności gwiazd na poszczególnych zdjęciach różnią się z powodu scyntylacji atmosfery. W naszym przypadku dla 10-sekundowych ekspozycji błędy te sięgają odpowiednio 1,2% i 1,8%. Pomiary tych błędów zostały wykonane w oparciu o 300 obserwacji jasności tych gwiazd poza tranzytem, a następnie policzone zostało odchylenie standardowe. Dwoma głównymi błędami pomiarowymi są niepewności wymienione powyżej, a pozostałe błędy (np. szum scyntylacji) nie wnoszą znaczącego przyczynku (<10%) do błędu całkowitego i nie będziemy się nimi dalej zajmować. Ostateczny błąd całkowity jest pierwiastkiem z sumy kwadratów poszczególnych błędów i w naszym przypadku wyniósł on 2,3%, co odpowiada zmianie jasności o około 0,023 mag. Spadek jasności gwiazdy HD 209458 spowodowany przejściem przed jej tarczą planety pozasłonecznej zgodnie z obserwacjami różnych autorów wynosi około 1,7%, więc na pojedynczych 10-sekundowych zdjęciach nie jest obserwowałny.

Aby zwiększyć dokładność pomiarów, uśredniliśmy wyniki naszych obserwacji po 20 oraz po 80 i traktowaliśmy je jako jedną obserwację. W tym przypadku błędy pomiarowe zmalały znaczco (teoretycznie o $1/\sqrt{N}$). Dla obserwacji zsumowanych po 20 błąd pomiarowy wyniósł 0,26% (0,19% scyntylacje; rysunek 1), a dla obserwacji zsumowanych po 80—0,19% (0,12% scyntylacje). Niepewności pomiarowe wyznaczyliśmy w następujący sposób: zmierzone wartości zliczeń dodajemy do siebie. Odpowiadający im szum fotonowy liczymy ze wzoru (1). Szum scyntylacyjny liczymy ze wzoru

$$\sigma_{sc} = \alpha \frac{A^{1.75}}{D^{2/3} \sqrt{2t}} \quad (2)$$

gdzie α — to pewna stała zależna od miejsca obserwacji, A — masa powietrzna (*airmass*), D — średnica teleskopu w cm, t — czas integracji. Szczegółowa analiza błędów pomiarowych jest dostępna na stronie: <http://astro.corlan.net/gcx/html/node8.html>

Tabela

Porównanie wartości otrzymanych z kosmicznego teleskopu Hubble'a (Brown et al., ApJ, t. 552, s. 699, rok 2001) z wynikami uzyskanymi podczas naszych obserwacji

	spadek jasności [%]	czas [godz]	p	u_1	u_2
HST	$1,64 \pm 0,000087$	3,07	$0,122 \pm 0,050$	0,292	0,348
OAUZ	$1,77 \pm 0,26$	2,99	$0,120 \pm 0,034$	0,372	0,348

Dopasowanie modeli do danych obserwacyjnych

Korzystając z analitycznych wzorów opisujących spadek jasności gwiazdy podczas tranzytu planety podanych przez Mandel & Agola (ApJ, t. 580, L171-175, rok 2002), dopasowaliśmy do naszych danych (uśrednionych po dwadzieścia) dwa modele: pierwszy — prosty — z jednorodną jasnością powierzchniową gwiazdy (*uniform source*) oraz drugi z pociemnieniem brzegowym gwiazdy (*limb darkening*), który oczywiście opisuje zjawisko w sposób poprawny. Z dopasowania modelu z jednorodną jasnością powierzchniową gwiazdy otrzymaliśmy następujące parametry: stosunek promienia planety do promienia gwiazdy $p = 0,125 \pm 0,071$, co odpowiada spadkowi jasności gwiazdy o $1,56\% \pm 0,51\%$. Czas trwania tranzytu dla tego modelu wyniósł 2,89 godz. Z dopasowania modelu z pociemnieniem brzegowym gwiazdy uzyskaliśmy następujące wyniki: stosunek promienia planety do promienia gwiazdy $p = 0,120 \pm 0,034$, natomiast spadek jasności wyniósł $1,77\% \pm 0,26\%$ (spadek jasności w tym modelu nie odpowiada kwadratowi stosunku promienia planety do promienia gwiazdy). Czas trwania tranzytu wyniósł 2,99 godz. Pozostałe parametry dla modelu z kwadratową funkcją pociemnienia brzegowego gwiazdy wyniosły: $u_1 = 0,372$, $u_2 = 0,348$ (szczegóły w pracy Mandel & Agol 2002).

Podsumowanie

Zamiarem naszych badań nie było określenie parametrów fizycznych planety krążącej wokół gwiazdy HD 209458, tylko pokazanie, że przy użyciu małego teleskopu można przeprowadzić w pełni profesjonalne obserwacje. Dokonane przez nas pomiary pozostają w zgodności z wynikami po-

miarów wykonanych przez kosmiczny teleskop Hubble'a (HST). Porównanie rezultatów uzyskanych z HST (Brown et al. 2001) z naszymi wynikami przedstawiono w tabeli 1. Podobne wyniki uzyskały inne obserwatoria wyposażone w małe teleskopy. Bruce L. Gary ze Stanów Zjednoczonych, używając 25 cm MEADE LX200, zaopatrzonego w detektor CCD SBIG ST8-E i filtr V zarejestrował spadek jasności na poziomie $1,55\% \pm 0,22\%$, mierząc czas trwania tranzytu równy około 2,4 godz. Tranzyt został zaobserwowany także przez Osamu Ohshima z Japonii, który korzystając z 10 cm teleskopu wyposażonego w kamerę CCD SBIG ST9-XE, zaobserwował spadek jasności na poziomie 1,6% dla czasu trwania tranzytu wynoszącego 2,96 godz. Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Zielonogórskiego planuje dalsze obserwacje planet pozasłonecznych w ramach międzynarodowego programu transitsearch.org. Informacje na temat kolejnych obserwacji można znaleźć na naszej stronie internetowej: <http://astro.ia.uz.zgora.pl>.

Podziękowanie

Dziękujemy za konstruktywną krytykę i dyskusję mgr Łukaszowi Wyrzykowskiemu i prof. Andrzejowi Udalskiemu z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego oraz prof. Jerzemu Kreinerowi z Akademii Pedagogicznej w Krakowie.

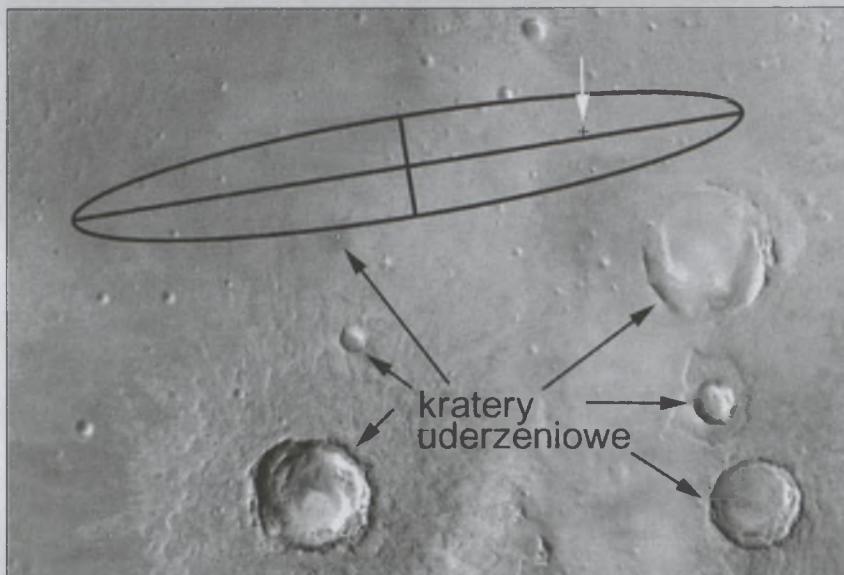
Autorzy są pracownikami Instytutu Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego, a Szymon Kozłowski przebywa aktualnie na stażu w obserwatorium Jodrell Bank w Wielkiej Brytanii

Leje zapadliskowe na Terra Meridiani

Od 4 stycznia 2004 r. mamy możliwość śledzić na żywo (za pośrednictwem Internetu) fascynującą wędrówkę bliźniaczych pojazdów kołowych MER (Mars Excursion Rover), przemierzających marsjańskie bezdroża. Pierwszy z nich, **Spirit**, pokonuje już czwarty kilometr swej trasy i mimo ekstremalnych warunków termicznych moźliwie wspina się na kamieniste i zapylone zbocza **Columbia Hills**, będące niepozorną skalną fałdą na płaskim dnie 180 km krateru **Gusev**. Drugi pojazd, **Opportunity**, działający na przeciwległej półkuli Marsa, po przejechaniu kilkuset metrów monotonnej, równinnej trasy w północnej części **Terra Meridiani**, zjechał do wnętrza niewielkiej **Endurance** i prowadzi szczegółowe badania i analizy geofizyczne tego interesującego zagłębiania terenu o średnicy ponad 130 m.

Teren wybrany na miejsce lądowania sondy **Opportunity** znajduje się niemal 1500 m poniżej umownego poziomu zerowego, odpowiednika ziemskiego poziomu morza, zatem można przypuszczać, że w przeszłości mógł on stale lub okresowo znajdować się pod wodą. Przypuszczenia na temat wodnej przeszłości Marsa wspierają coraz liczniejsze przesłanki badawcze, głównie wyniki analiz topograficznych wybranych obszarów, uzyskane na podstawie coraz dokładniejszych obrazów jego powierzchni. Znaczący przełom w tym kierunku został dokonany w trakcie bieżących misji „Roverów”, głównie za sprawą wykrycia w marsjańskich skałach i glebie obecności specyficznej odmiany hematytu, który może się formować jedynie w obecności wody. Jeśli przyjąć, że rejon określony mianem **Meridiani Hematite** był kiedyś obszarem zalewowym, powinny się tam znajdować struktury geologiczne, potwierdzające to przypuszczenie. Patrząc w znacznym zbliżeniu na rejon lądowania Opportunity, można dostrzec liczne i zagadkowe formy nieckowatego kształtu, którymi jest usiany cały ten obszar.

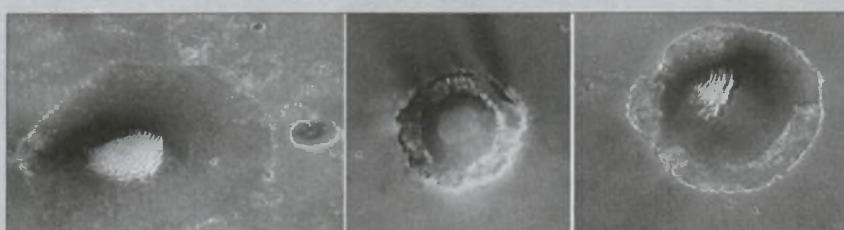
Rozmiary tych zagłębień wnoszą od kilkudziesięciu metrów do kilku kilome-



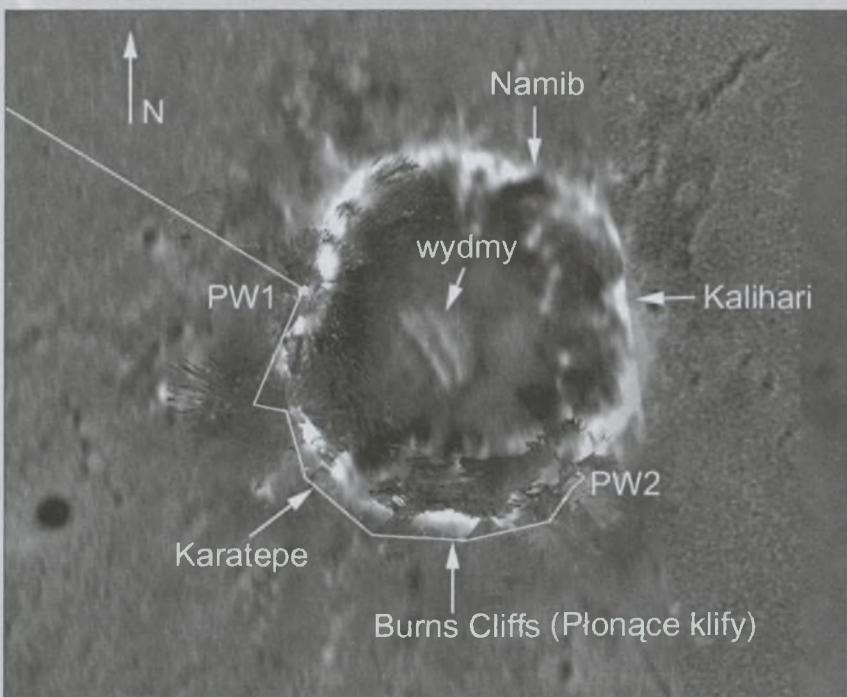
Fot. 1. Nizinny obszar **Terra Meridiani** wybrany do lądowania MER-B **Opportunity** sąsiaduje od strony południowej z kilkoma dużymi kratery uderzeniowymi. Zróżnicowany wygląd pokładów rumoszu skalnego zalegającego wokół kraterów może świadczyć o różnym wieku tych tworów, jak też o wpływie czynników erozyjnych (woda, wiatr). Strzałka we wnętrzu elipsy ukazuje miejsce opadnięcia lądownika



Fot. 2. Centrum obszaru lądowania na **Meridiani Hematite** (czarną strzałką wskazano miejsce osadzenia lądownika z pojazdem **Opportunity**). Białymi strzałkami oznaczono największe z nieckowatych, owalnych zagłębień, występujących tylko na tym obszarze



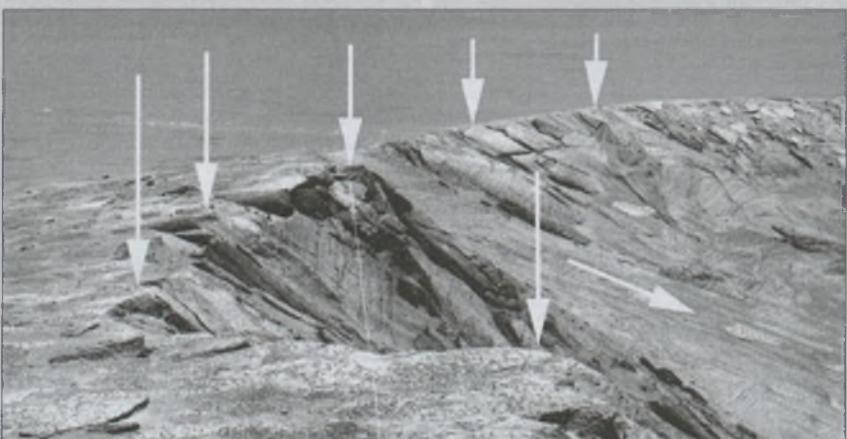
Fot. 3. Zagłębień na równinnym terenie pokrytym cienką warstwą szarego materiału. Odsłonięte brzegi przełamanych warstw skalnych są widoczne jako białe obwódki, dno niecki wypełniają pola wydmowe jasnego i ciemnego pyłu nawianego przez wiatr



Fot. 4. Depresja **Endurance** widziana obiektywem kamery opadającego lądownika. Linia łamana wyznacza trasę pojazdu **Opportunity**: PW1 i PW2 to punkty widokowe, w których wykonano fotografie panoramiczne; egzotyczne nazwy są przynależne wyróżnionym formacjom skalnym. Obrzeża depresji otaczają nieregularne zagłębienia



Fot. 5. W przeszłości niszę **Endurance** mogła nakrywać skalna kopuła, wypiętrzona wewnętrznym ciśnieniem wód i gazów. Po ustaniu działania tych czynników kopuła zapadła się, wypełniając istniejącą niszę „mozaiką” skalnych płyt powierzchniowych



Fot. 6. Fotografia wykonana kamerą panoramiczną **Opportunity** w drugim punkcie widokowym ukazuje brzegowe załamanie powierzchniowych warstw skalnych, zapadniętych do wnętrza niecki **Endurance**. Widoczne wypiętrzenie zewnętrzного wału

trów. W odróżnieniu od klasycznych kraterów uderzeniowych, mają wyraźnie załamane brzegi, bez charakterystycznego, wypiętrzonego wału nasypowego, zbudowanego z pokruszonych skał. Wiele z tych tworów to płytke leje o łagodnie zakrzywionych brzegach, których dno zwykle pokrywa ławica wydm, utworzonych zapewne z nawiązującego wiatrem jaśniejszego pyłu. Wnikiwa analiza wielu szczegółowych obrazów tego typu tworów w obszarze lądowania aparatu **MER-Opportunity** pozwala przypuszczać, że, być może, mamy do czynienia ze śladami procesów podobnych do ziemskich zjawisk krasowych lub geotermalnych. Prawdziwa natura oraz przyczyny powstania tych obiektów nie jest na razie znana, natomiast pewne wnioski można wyciągnąć już dziś. Struktury odsłoniętych skał ukazują wyraźne warstwy, co sugeruje istnienie w przeszłości warunków sprzyjających powstawaniu skał osadowych. We wszystkich odsłoniętych warstwach skalnych o jasnobrązowym zabarwieniu zalegają (jak rodzynki w cieście) kuliste ziarna barwy ciemnogranatowej (o innym składzie chemicznym?). Ich obecność na powierzchni gruntu w postaci luźnego granulatu może świadczyć o nagłym ustaniu dopływu czynnika spajającego je z drobnym pyłem (woda?) w postać ciekłego, osadzającego się szlamu lub jest to efekt specyficznej erozji termicznej, powodującej z czasem uwalnianie trwałych, kulistych ziaren z erodującej skały osadowej. Interesujące powinno być odkrycie rzeczywistych warunków i procesów towarzyszących tworzeniu się grubych pokładów dość kruchych skał osadowych, których małe składniki przed procesem zestalenia zostały wymiesiane z jednorodnym kulkowym granulatem (sferule) niewiadomego pochodzenia.

Niecka **Endurance** nosi znamiona leja zapadliskowego, na co wskazują wyraźne przełomy warstw skalnych na jej obrzeżach oraz dość regularne skalne formy „mozaikowe” usytuowane w jej wnętrzu, jakby dopasowane do krzywizny łagodnie nachylonych zboczy. Wnętrze niecki jest „wybrukowane” niewielkimi kawałkami mniej lub bardziej regularnych w swym kształcie płyt,

które musiały kiedyś tworzyć jednolitą, wyrównaną powierzchnię. Zapadnięcie się spodnich warstw spowodowało skruszenie materiału powierzchniowego, który opadając w dół, przykrył zbocza. Z czasem najgłębsze partie zagłębienia wypełniły nawiane przez wiatr grube pokłady pyłów o zróźnicowanej ziarnistości. Podobne formacje skalne, choć w znacznie mniejszej skali, zostały odsłonięte we wnętrzu płytkiego zagłębienia o średnicy ok. 20 m, do którego opadła laweta lądująca pojazdu **Opportunity**. O powszechności występowania w tym rejonie procesów zapadania się gruntu świadczy również liczna sieć nieregularnych rowów kilkumetrowej szerokości, ciągnących się miejscami kilkadziesiąt lub więcej metrów. Struktura ich budowy ma wiele podobnych cech jak te, obserwowane w lejach zapadliskowych ovalnej formy.

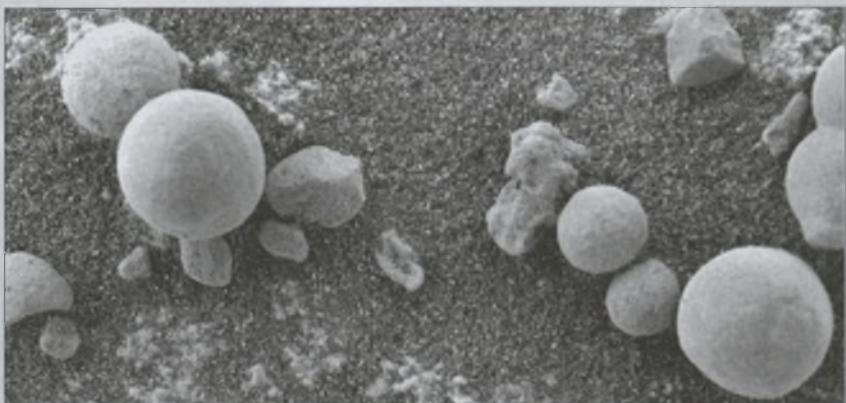
Wyjątkowość tworów zapadliskowych typu **Endurance** ujawnia się przy porównaniu z typowym kraterem uderzeniowym, jakim dla przykładu jest niewielkie zagłębienie o nazwie **Fram**, leżące około 200 m na zachód od **Endurance**. Charakterystyczna sylwetka tego niewielkiego krateru (średnica ok. 5 m) wyróżniała się już na pierwszych fotografiach wykonanych z dalekiej odległości kamerą panoramiczną. **Fram** powstał prawdopodobnie wskutek uderzenia niewielkiego meteorytu w skalne podłożo. Energia zderzenia spowodowała rozkruszenie skał podłożu i rozrzucenie na zewnątrz odłamków, które bezładnie zaścierają pobliską okolicę na obszarze kilkakrotnie większym niż średnica samego krateru.

Powyższe spostrzeżenia są próbą zwrócenia uwagi na jeszcze jeden interesujący aspekt marsjańskiego krajobrazu, który pod względem mnogości form wciąż zaskakuje i zadziwia nie tylko zawodowych badaczy. Należy żywić nadzieję, że przygotowywany obecnie do realizacji następny marsjański satelita „wywiadowczy” MRO (*Mars Reconnaissance Orbiter*) pozwoli rozwiązać przynajmniej niektóre z licznych zagadek czerwonej planety.

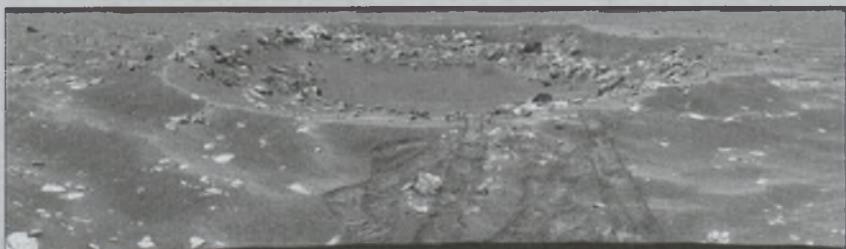
Jerzy Marcinek



Fot. 7. Skalny „parkiet”, charakterystyczny układ cienkich warstw skalnych, wypełniających zbocza niecki **Endurance** i innych temu podobnych tworów w rejonie Terra Meridiani



Fot. 8. Sferule o średnicy 2–3 mm to wszechobecny „granulat” zaścierający równinny krajobraz, po którym wędruje pojazd Opportunity. Ciemny proszek w tle to znacznie drobniejszy pył o ziarnach wielkości 0,01–0,015 mm



Fot. 9. Krater **Fram** naznaczony kołami pojazdu **Opportunity**, który wizytował to miejsce w kwietniu br. Wyraźnie uformowany wal jest skutkiem samego zderzenia, jak też długotrwalego oddziaływania wiatru, który przemieszczając drobny pył, nadał mu ostateczny kształt

Wykorzystano materiały fotograficzne udostępnione przez NASA/JPL

Gromada kulista pełna zagadek

Jedną z perełek południowego nieba jest Omega Centauri. Uważana przez starożytnych za gwiazdę, jest w rzeczywistości największą i najpiękniejszą gromadą kulistą Drogi Mlecznej (tak przynajmniej uważało do tej pory — patrz notatka „Supergromada gwiazd w naszej Galaktyce”, s. 121). Mimo ogromnej odległości (18 tys. l.s.) jest wyraźnie widoczna gołym okiem w postaci bladej, rozmytej plamki, świeci bowiem blaskiem miliona słońca. Nawet amatorski teleskop ukazuje jej rzeczywistą naturę: bajeczny widok setek gwiazd zlewających się w kulę. W rzeczywistości jest ich przeszło 10 mln w obszarze o rozmiarach ok. 300 l.s.; takiej gęstości gwiazd odpowiada średnia odległość przestrzenna rzędu kilku tygodni świetlnych.

W ubiegłym roku grupa astronomów włoskich i amerykańskich, dzięki obserwacjom wykonanym teleskopem kosmicznym Hubble'a, wykazała istnienie dwóch populacji gwiazd ciągu głównego, wyraźnie różniących się zabarwieniem. Mniej więcej jedna czwarta gwiazd to obiekty „niebieskie”, zaś pozostałe trzy czwarte — „czerwone” (używamy cudzysłowa, gdyż nie chodzi tu o odmienne barwy gwiazd, tylko o bardzo niewielkie różnice w temperaturach gwiazd o tej samej jasności; innymi słowy, odwołując się do diagramu H-R: to nie o gwiazdach dwóch różnych krańców ciągu głównego piszemy, ale o po-

dwójności samego ciągu głównego). Do ich dokładnego przebadania wykorzystano spektrograf FLAMES jednego z teleskopów VLT. W trakcie przeszło 200 godz. obserwacji uzyskano dobrej jakości widma dla próbki 17 gwiazd z każdej grupy (jasności tych gwiazd mieszczą się w przedziale 20–21 mag., tj. są one prawie milion razy słabsze od gwiazd, które możemy dostrzec gołym okiem).

Szczególną uwagę zwrócono na zawartość metali w badanych obiektach. Jak wiadomo z powszechnie przyjętych modeli ewolucji gwiazd, im większa zawartość helu (i ogólnie — cięższych od wodoru pierwiastków), tym bardziej czerwone powinno być widmo emitowanego promieniowania. Okazało się, że w gromadzie Omega Centauri gwiazdy „czerwone” charakteryzuje zawartość metali na poziomie 1/40 wartości słonecznej. Jest to zrozumiałe, zważywszy na to, że gromady kuliste formowały się w czasie 1–2 mld lat po Wielkim Wybuchu, gdy materia we Wszechświecie nie była jeszcze tak bogata w pierwiastki cięższe od helu.

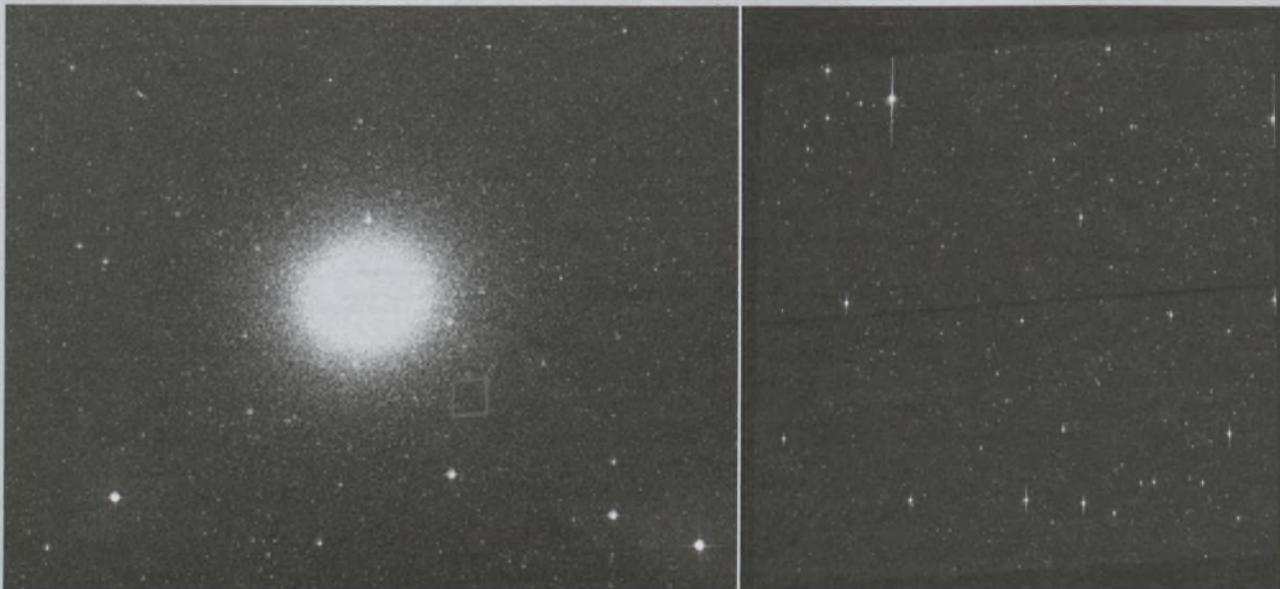
Tymczasem wielką niespodziankę sprawiły gwiazdy reprezentujące „niebieską” populację. Wcale nie okazały sięuboższe pod względem składu chemicznego, wręcz przeciwnie: ustanowiły nowy rekord zawartości helu, która w ich przypadku sięga 39% (dla porównania — Słońce charakteryzuje zawartość helu na poziomie 28% masy). Powstaje pytanie: skąd aż tyle helu w gwiazdach należących do gromady kulistej? W jaki sposób początkowa za-

wartość helu w materii po Wielkim Wybuchu (24% masy) zdołała w tak krótkim czasie wzrosnąć o połowę?

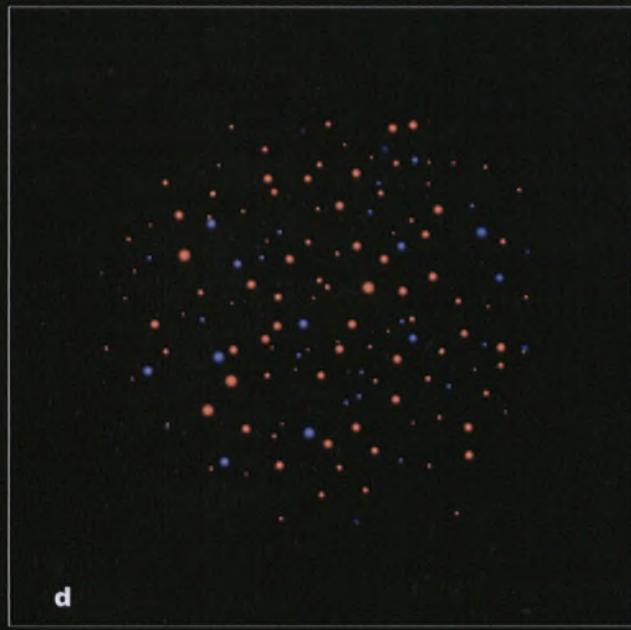
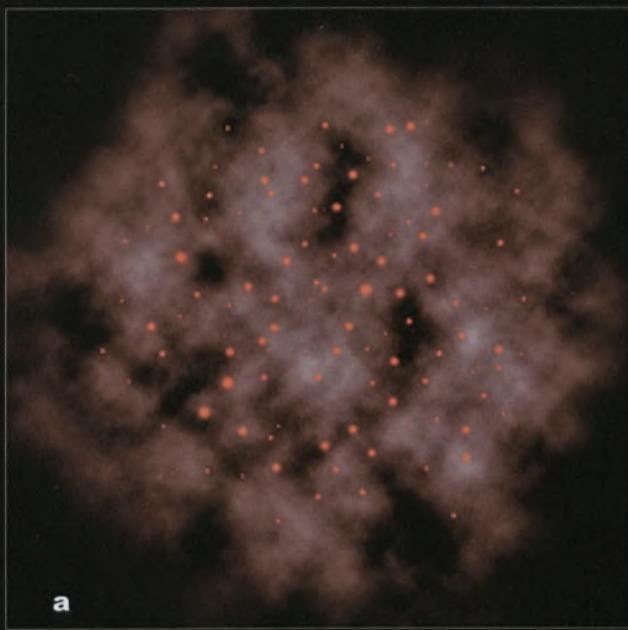
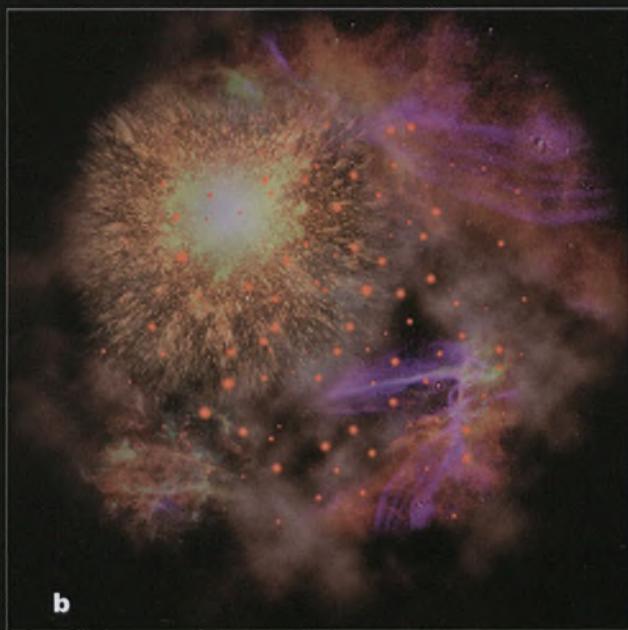
Wydaje się, że jedynym wyjaśnieniem tej zagadki jest sugestia jednego z autorów pracy: z pierwotnej materii powstało pierwsze pokolenie gwiazd. Te, które dziś obserwujemy jako populację „czerwoną”, do tej właśnie grupy należą, choć stanowią tylko skromną reprezentację mniej masywnych obiektów. Natomiast najmasywniejsze przedstawiciele pierwszego pokolenia już po kilku milionach lat wybuchały jako supernowe, zasilając materię w hel i cięższe pierwiastki. Dopiero z tego „wzbogaconego” tworzywa po pewnym czasie powstała kolejne duże i liczne pokolenie gwiazd, które obserwujemy jako „niebieską” populację (patrz ilustracja na stronie kolorowej w.l.).

Teoria ta nie rozwiązuje jednak wszystkich zagadek. Chyba jeszcze trudniej będzie wyjaśnić, dlaczego wśród gromad kulistych tylko w przypadku Omega Centauri powstało to pokolenie bardzo bogatych w hel gwiazd. Być może na tę gromadę o wyjątkowo złożonej budowie i historii trzeba będzie patrzeć raczej jak na obiekt o charakterze pośrednim między gromadami kulistymi a galaktykami, przynajmniej jeśli chodzi o próbę zrozumienia historii tworzenia kolejnych gwiazdnych generacji.

Praca „Metallicities on the Double Main Sequence of Omega Centauri Imply Large Helium Enhancement” ukazała się 10 marca br. w ApJ 621, 777; jest też dostępna w Internecie jako astro-ph/0412016. (kr)



Zdjęcie gromady Omega Centauri z przeglądu Digital Sky Survey (po lewej, obszar 1,1×2,1°) z zaznaczonym i powiększonym po prawej obszarem, w którym teleskop kosmiczny badał i umożliwił odkrycie dwóch populacji gwiazd ciągu głównego w gromadzie. Fot. DSS/HST



Gromada Omega Centauri (wizja artysty, powyżej)
i supergromadę Westerlund 1 (po prawej)

Powyższe cztery ilustracje obrazują historię powstania gwiazd w gromadzie Omega Centauri (patrz tekst na str. 120). Rozpoczynając od rysunku nad tekstem (a) i poruszając się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, widzimy kolejno: a) powstawanie pierwszego pokolenia gwiazd („czerwonych”, o małej zawartości helu, odpowiadającej pierwotnej materii); b) najmasywniejsze gwiazdy pierwszego pokolenia wybuchają jako supernowe, zasilaając materię w hel i metale; c) ze wzboagaconego gazu i pyłu powstaje drugie pokolenie gwiazd („niebieskich”); d) obecna sytuacja, kiedy to w gromadzie obserwujemy dwie populacje gwiazd ciągu głównego, różniące się znacznie składem chemicznym. (Rys. ESO)

Zdjęcie po prawej, choć może kojarzyć się z gromadą na powyższej wizji artystycznej, przedstawia już supergromadę Westerlund 1 i dotyczy notatki na str. 121. To mozaika (o rozmiarach 5' na 5') obrazów uzyskanych w trzech filtrach: V, R, I. Gwiazdy o barwie niebieskiej to nie należące do gromady obiekty „tła” (ściśle — położone pomiędzy nami a gromadą), członkinie gromady można rozpoznać po barwie pomarańczowej i czerwonej. Warto pamiętać, że te pomarańczowe są w rzeczywistości bardzo gorące, a ich barwa jest mocno zmieniona przy przedzieraniu się światła przez gęste obłoki gazu i pyłu. (Fot. 2,2 m ESO/MPG + WFI)





Fot. Russell Croman, www.rc-astro.com

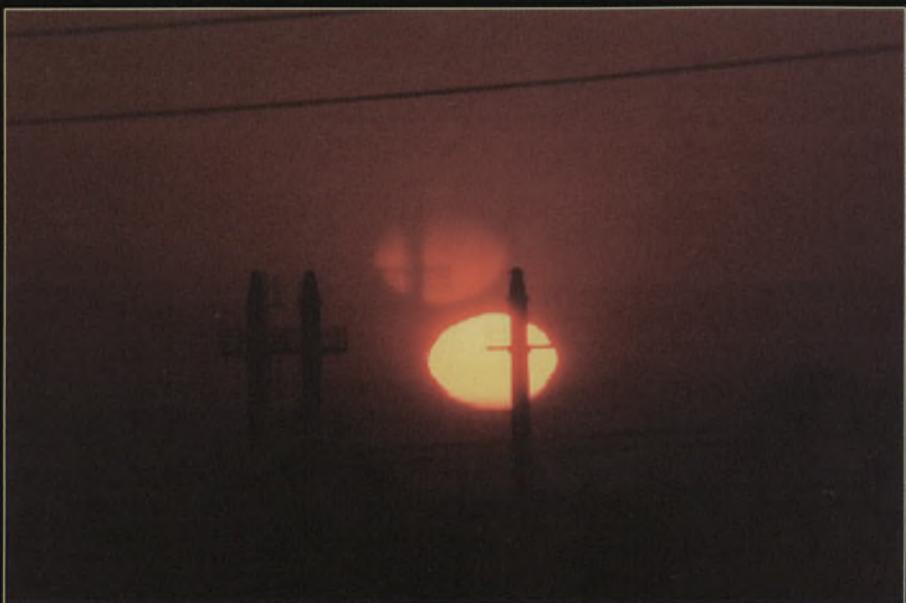
Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

Galeria Uranii

Od jakiegoś czasu zdjęcia autorstwa Dariusza Dorosza z Żabikowa dość często goszczą w naszej Galerii. Można nawet zauważać pewną spacjalizację tegoż autora — zachody i wschody spłaszczonej tarczy słonecznej oraz zielone promienie! Z kolekcji zdjęć o tej tematyce, jaka dotarła do nas w ostatnim czasie, wybraliśmy dwa wschody słońca: pierwszy z 28 sierpnia 2004 r., drugi 3 marca br. na tle kościoła pod wezwaniem Matki Boskiej Nieustającej Pomocy w Radzyniu Podlaskim. W obu przypadkach użyto aparatu Praktica L2 z teleobiektywem MTO 11-CA i filmu Fuji 200 ISO. Czasy ekspozycji wynosiły odpowiednio 1/250 i 1/1000 s (drugie zdjęcie zostało wykadowane i powiększone w fotolabie)

Sprostowanie:

W poprzednim wydaniu „Galerii Urani” (U-PA 2/2005, s. o.III) opisując zdjęcia wykonane przez Dariusza Dorosza zapomnieliśmy przy zdjęciu przedstawiającym kometę Machholz dodać informację, iż współautorem tego zdjęcia jest Mariusz Lemiecha. Obu autorów przepraszamy!



„Spłaszczone Słońce” stało się także owocem bezkrwawych łowów Marcina Wutkowskiego z Gdańskiego, przeprowadzonych mroźnym porankiem 13 października (obiektyw 200 mm + telekonwerter ×2,5, przysłona 8, czas eksp. 1/250 s na filmie Kodak Gold 200 ASA)

Supergromada gwiazd w naszej Galaktyce

Pod nazwą supergromady kryje się skupisko setek tysięcy bardzo młodych, masywnych gwiazd, zajmujących stosunkowo niewielki obszar (zwykle kilkudziesięciu lat świetlnych). To swego rodzaju odpowiednik, a ścisłe rzeczą biorąc — prekursor kulistej gromady gwiazd. Istotną różnicą jest wiek: w gromadach kulistych obserwujemy gwiazdy, które powstały (podobnie jak i cała gromada) przed kilkoma, a nawet kilkunastoma miliardami lat, podczas gdy supergromada liczy sobie zaledwie kilka milionów lat. Do tej pory takie supergromady odkrywano w bardzo odległych galaktykach, przeważnie w parach lub układach oddziałujących ze sobą obiektów. Tym razem zespół astronomów europejskich wpadł na trop takiego egzotycznego obiektu w naszej Galaktyce!

Jest on przesłonięty wielkim obłokiem pyłu i gazu, który aż do chwili obecnej uniemożliwił poznanie jego prawdziwej natury. Jako gromadę otwartą położoną w konstelacji Ołtarza odkrył ją w roku 1961 pracujący wówczas w Australii szwedzki astronom Bengt Westerlund. Gęste obłoki materii międzygwiazdowej bardzo skutecznie (o czynnik 100 tys. razy w zakresie widzialnym!) osłabiają docierające do nas promieniowanie. Dopiero w 2001 r. udało się zidentyfikować ponad tuzin niezwykle gorących

i masywnych gwiazd Wolfa-Rayeta w gromadzie określonej jako Westerlund 1. Od tego czasu rozpoczęła się intensywna kampania obserwacyjna. Przy użyciu m.in. 2,2 m teleskopu ESO/MPG oraz 3,5 m teleskopu NTT zidentyfikowano około 200 gwiazd należących do gromady. Aby określić ich naturę, przeprowadzono spektroskopowe obserwacje mniej więcej jednej czwartej spośród tych gwiazd. Wszystkie okazały się zaawansowanymi ewolucyjnie i bardzo masywnymi obiekty, od gwiazd Wolfa-Rayeta, przez nadolbrzymy OB, żółte skrajne nadolbrzymy i zmienne typu LBV (Luminous Blue Variables) — ich moc promieniowania sięgają miliona słońca. Masy tego typu gwiazd mieszczą się w przedziale 30–40 mas Słońca, a ich ewolucja przebiega bardzo szybko. Stąd oczywisty wniosek, że Westerlund 1 jest bardzo młodą gromadą, liczy sobie zaledwie 3,5 – 5 mln lat.

Przy tym gromada ta stanowi istne galaktyczne zoo, w którym zgromadziły się szczególnie rzadkie okazy. Dla przykładu skrajnych żółtych nadolbrzymów w gromadzie jest tyle, ile do tej pory znaleźliśmy w całej naszej Galaktyce! Wydaje się naturalne, że skoro tych niezwykle rzadkich, masywnych gwiazd jest w gromadzie tak dużo, wszystkich gwiazd może w niej być nawet do pół miliona, byłoby to więc skupisko 10-krotnie masywniejsze od dotychczas znanych w Galaktyce gromad.

Ale to nie koniec niespodzianek.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że gwiazdy zajmują niezwykle zwarte obszar w przestrzeni, o rozmiarach zaledwie około 6 lat świetlnych! Aż trudno uwierzyć: byłoby to najgęstsze tego typu skupisko w naszej Galaktyce, w którym odległości między gwiazdami byłyby porównywalne z odległościami planet w Układzie Słonecznym! Z pewnością prowadziłoby to do powstania czarnej dziury w centrum takiego skupiska, całkiem możliwe zresztą, że taki obiekt już tam istnieje.

A ponieważ gromada liczy kilkaset bardzo masywnych gwiazd, w perspektywie najbliższych kilkunastu milionów lat możemy się spodziewać całej fali eksplozji gwiazd supernowych.

Tę supergromadę dzieli od nas dystans 10 tys. lat świetlnych. To dostatecznie duża odległość, byśmy mogli spać spokojnie, ale jednocześnie jest to na tyle blisko, że współczesnymi narzędziami obserwacyjnymi będziemy mogli dokładniej poznać ten obiekt i należące do niego gwiazdy, również te o masach porównywalnych z masą naszego Słońca. Takie obserwacje są już wykonywane i powinny nam przynieść dalsze szczegóły związane z tym egzotycznym przedstawicielem skupisk gwiazd.

Prace poświęcone supergromadzie Westerlund 1 są przygotowywane do druku w „Astronomy & Astrophysics”, ale można je już odnaleźć w Internecie (astro-ph/0503303).

(kr)

na rozkładówce:

Mgławica Fox Fur (Futro Lisa)

Przedstawiona mgławica emisyjna okalająca najjaśniejszą tu gwiazdę S Mon jest olbrzymią chmurą gazowo-pylową wchodząącą w skład gromady otwartej NGC 2264 w Jednoróżcu. Jej dziwny kształt został uformowany przez wysokoenergetyczne promieniowanie rodzących się i młodych, gorących, gwiazd. Obszar leżący w pobliżu i trochę poniżej S Mon, ze względu na kolory-stykę przypominającą kolor sierści lisa został nazwany familiarnie mgławicą „Futro Lisa”. Te obszary świecące niebieskawym światłem świadczą o dużej ilości pyłów, które rozpraszają światło okolicznych gwiazd. Bardziej rozmyty kolor czerwony świadczy o obecności gazów, a w szczególności zjonizowanego przez gorące gwiazdy wodoru. Kolor różowy jest mieszaniną tych dwóch podstawowych sposobów promieniowania mgławicy. O gromadzie NGC 2264 pisze w tym zeszycie na stronach Galerii Mgławic NGC Pan Dariusz Graczyk. Zdjęcie zostało wykonane (z różnymi filtrami) w okresie od 7 lutego do 5 marca 2005 r. przez amerykańskiego miłoś-



nika astronomii w Nowym Meksyku za pomocą 20" teleskopu typu Ritchey-Cassegraina F/8 i kamery CCD SBIG STL-11000XM.

Fot. Russell Croman, www.rc-astro.com

Profesor Robert GŁĘBOCKI, 1940–2005

W dniu 21 lutego 2005 r. polskie środowiska astronomiczne poniosły wielką stratę — zmarł Wybitny Astronom, zapalony Miłośnik Astronomii i organizator życia naukowego w Polsce, były rektor Uniwersytetu Gdańskiego i były Minister Edukacji Narodowej Rzeczypospolitej Polskiej, Profesor Robert Głębocki.

Robert Głębocki urodził się 2 stycznia 1940 r. w majątku Trepałowo na Kresach Wschodnich Rzeczypospolitej (obecnie Białoruś). Edukację podstawową i średnią odbył w Więcborku, na Pomorzu, a studia wyższe na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, gdzie uzyskał wszystkie stopnie naukowe. Magisterium z astronomii zdobył w roku 1961 na podstawie pracy, w której analizował efekty tzw. blanketingu w widmach gwiazd. Jego rozprawa doktorska obroniona w 1966 r. nosiła tytuł „Badania widma ciągłego gwiazd typów spektralnych A-M w aspekcie populacyjnym” i była wykonana pod opieką profesor Wilhelminy Iwanowskiej. W rozprawie habilitacyjnej zajmował się procesami mikroturbulencji w atmosferach gwiazd w różnych obszarach wykresu HR. Stopień doktora habilitowanego został Mu nadany w roku 1972. Tytuł profesora nadzwyczajnego uzyskał w roku 1979, a zwyczajnego w 1989 na wniosek Senatu Uniwersytetu Gdańskiego. Był profesorem zwyczajnym w Instytucie Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego.

Od końca studiów do roku 1972 Robert Głębocki pracował w Obserwatorium Astronomicznym UMK, gdzie, formalnie na etacie w Pracowni Astrofizyki I Zakładu Astronomii PAN w Toruniu, m.in. był „obserwatorem” na nowo zainstalowanym teleskopie Schmidta-Cassegraina i uczestniczył w kierowanym przez prof. Iwanowską opracowywaniu Spektralnego Atlasu Drogi Mlecznej. Po

doktoracie, w roku akademickim 1966–1967, odbył roczny staż podoktorski w Ohio State University w USA, a w latach 1983–1988 odbywał paromiesięczne staże naukowe w Obserwatorium Paris-Meudon.

Zainteresowania naukowe Profesora Roberta Głębokiego koncentrowały się wokół problemów struktur atmosfer gwiazdowych, badanych metodami spektrofotometrycznymi i statystyczny-

CAMK. Plonem Jego badań naukowych było ok. 50 publikacji i ok. 20 prac popularnonaukowych, które zostały uhonorowane m.in. trzema nagrodami Ministra Edukacji Narodowej. Wychował ok. stu magistrów i był promotorem 7 astronomicznych rozpraw doktorskich.

Profesor Głęboki był wspaniałym popularyzatorem astronomii. O trudnych problemach współczesnej astronomii potrafił mówić przystępnie, z wielką swadą i humorem. Uważał, że „popularyzacja wiedzy jest społecznym i moralnym obowiązkiem każdego nauczyciela akademickiego”. Uwielbiał kontakt z młodzieżą i przekazywanie jej swej wiedzy, bo to uważał za „jedno z najwspanialszych usprawiedliwień swojej egzystencji w społeczeństwie jako astronoma” — tak wyznał na jednym z grudziądzkich Ogólnopolskich Młodzieżowych Seminariów Astronomicznych. Z tymi Seminariami związany był od początku ich istnienia, czyli od 33 lat. Wspierał je radą, prelekcjami i uczestnictwem w jury, oceniając i komentując przedstawione referaty. 19 razy był członkiem jury i nawet wtedy, gdy był rektorem UG i Ministrem

EN, choć na jeden dzień wpadał do Grudziądza, aby zapoznać się z przebiegiem konkursu, uczestniczyć w jego podsumowaniu i zakończeniu. Swym autorytetem i wyjątkową osobowością dawał blasku każdemu zgromadzeniu tego typu.

Z Uniwersytetem Gdańskim dr Robert Głębocki był związany od samego początku jego istnienia — od 1970 roku — prowadząc najpierw tzw. wykłady zlecone, a od 1971 będąc jego etatowym pracownikiem. Najpierw organizował Zakład Astrofizyki UG i kierował nim od 1971 do 1993, był prodziekanem Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UG w latach 1972–1978, rektorem UG od września 1981 do kwietnia 1982 (odwołany w stanie wojennym) i dyrektorem Instytutu Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki w latach 1993–1999.



Fot. Małgorzata Łagus

mi. Interesował się fizyką chromosfer gwiazdowych, które badał za pomocą analizy chromosferycznych linii H i K zjonizowanego wapnia oraz magnezu. Interesowały Go pola prędkości w atmosferach gwiazd różnych typów. Opublikował, wraz ze współpracownikami z Torunia i Gdańską, obszerny katalog prędkości rotacji gwiazd, który miał być ostatnio poszerzony i uzupełniony o najnowsze dane. Badał też problem koplanarności płaszczyzn orbity i rotacji gwiazd w układach podwójnych typu RS CVn. Generalnie, była to tematyka wywodząca się z Obserwatorium Astronomicznego w Toruniu, z którym łączące Go więzy zawsze podkreślał. Znana też jest powszechnie Jego wieloletnia współpraca w różnej tematyce astrofizycznej i przyjaźń z docentem Antonim Stawikowskim z Toruńskiej Pracowni

Obok pracy na Uniwersytecie Gdańskim profesor Robert Głęboki zajmował wysokie stanowiska w wielu organach polskiego życia naukowego. Np. w latach 1982–1985 był wiceprzewodniczącym Rady Głównej Nauki i Szkolnictwa Wyższego, w latach 1973–1979 i 1983–1989 wiceprezesem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, a w latach 1989–1995 jego Prezesem. Radzie Fundacji Astronomii Polskiej przewodniczył od chwili jej powstania w 1991 r., aż do swojej śmierci. Przez parę kadencji był też wiceprzewodniczącym Komitetu Astronomii PAN. W 1991 r. był wiceprzewodniczącym Komitetu Badań Naukowych. W rządzie Jana Krzysztofa Bieleckiego, od stycznia do grudnia 1991 r., był ministrem Edukacji Narodowej.

Profesor Robert Głęboki był wielkim patriotą i społecznikiem. Angażował się bardzo spontanicznie i głęboko we wszystkie działania, które prowadziły do rozwoju i ugruntowania demokracji w Polsce. W sierpniu 1980 r. reprezentował Uniwersytet Gdańskim w Komitecie Strajkowym w Stoczni Gdańskiej. W latach 1983–1991 był członkiem Społecznego Komitetu Nauki, w latach 1988–1990 przewodniczył Krajowej Sekcji Nauki NSZZ „Solidarność”. W latach 1994–1996 przewodniczył Krajowej Komisji Rewizyjnej Unii Wolności, a od 1999 do 2002 r. przewodniczył Komisji Nauki, Edukacji, Kultury i Sportu Sejmiku Województwa Pomorskiego. W chwili śmierci był członkiem Senatu Akademickiego Uniwersytetu Gdańskiego.

Odszedł znakomity Uczony i Budowniczy zrębów demokracji w Polsce, Astronom i Miłośnik Astronomii pragnący szerzyć wiedzę na różnych poziomach i w różnych kategoriach społecznych. Był naszym Przyjacielem i uroczym Kolegą. Pięknie mówił o Nim w czasie uroczystości pogrzebowych w dniu 25 lutego 2005 r. i w kościele, i nad grobem Arcybiskup Tadeusz Gocłowski. Do grobu odprowadzały Go rzesze przyjaciół i znajomych z całej Polski. Spoczął na przepięknym cmentarzu Srebrzysko w Gdańsku.

Jego postać i dzieło na zawsze pozostaną w naszej pamięci.

Andrzej Woszczyk

Nowości z Kielc

W numerze 3 „Uranii” z 2004 (s. 124) została przedstawiona nowo otwarta placówka astronomiczna, czyli Obserwatorium i Planetarium Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach. Głównym instrumentem jest 35 cm teleskop ustawiony w kopule. Ponadto dysponujemy tarasem obserwacyjnym, na który wynosi się mniejsze instrumenty, zaczynając od 20 cm teleskopu, a na 6 cm refraktorze Zeissa kończąc. Po upływie niespełna półtora roku od otwarcia można stwierdzić, że Obserwatorium cieszy się nie słabnącym zainteresowaniem wśród młodzieży szkół regionu. Placówkę odwiedza średnio ponad 1000 osób miesięcznie. Oprowadzaniem wycieczek zajmują się, na razie społecznie, pracownicy Zakłady Astrofizyki Instytutu Fizyki AŚ.

W ramach rozwoju placówki i zgodnie z jej nazwą w styczniu zostało ustanowione małe planetarium japońskiej firmy Goto Optical Mfg. Co. typu E-5.

Wybierając ten model kierowano się kilkoma czynnikami. Kopuła planetarium wbudowana jest wewnątrz istniejącej bryły budynku Wydziału Matema-

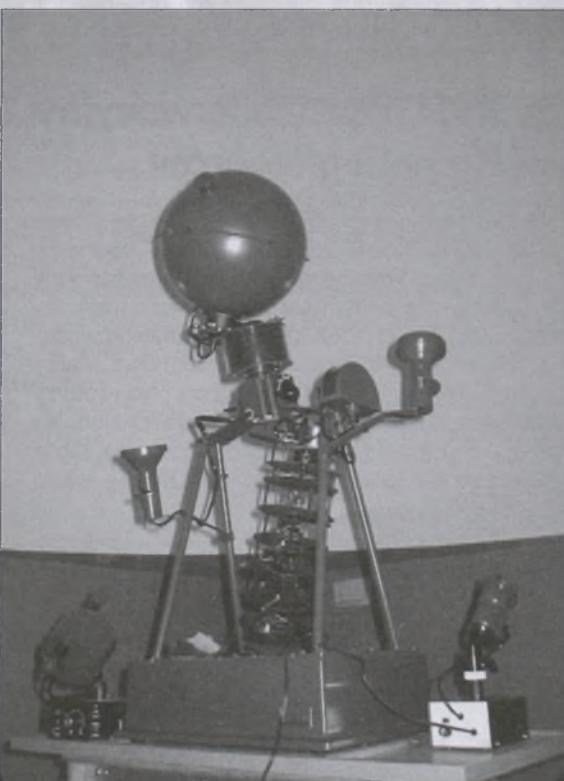
tyczno-Przyrodniczego, co ograniczało jej wielkość. Ma ona średnicę 5 m, co pozwala na pomieszczenie około 30 osób (czyli jednej klasy). Ponadto, dla celów dydaktycznych taka wielkość jest najlepsza. Nie bez znaczenia był też czynnik finansowy. Aparatura planetarium pozwala na wyświetlanie obrazu nieba północnego. Można pokazywać ruch dzienny i roczny sfery niebieskiej oraz zależność wysokości bieguna północnego od szerokości geograficznej. Koła trzech układów współrzędnych: horyzontalnego, równikowego i ekleptycznego są możliwe do zaprezentowania. Istnieje możliwość pokazania precesji. Aparatura pozwala na pokazanie 750 najjaśniejszych gwiazd, wyświetlenie położenia Słońca, Księżyca i 5 planet. Na sferze niebieskiej prezentuje się przepięknie Droga Mleczna.

Ponadto dysponujemy projektorem pokazującym obrazy ważniejszych gwiazdozbiorów i projektorami zameków Słońca, Księżyca oraz ruchu sztucznych satelitów.

Jesteśmy pewni, że planetarium będzie służyć jako bardzo dobra pomoc dydaktyczna dla naszych studentów i cieszyć się dużym powodzeniem wśród mieszkańców, pozwalając na szerzenie wiedzy astronomicznej w regionie.

Wydaje się, że Akademia Świętokrzyska jest chyba jedną publiczną szkołą wyższą wyposażoną w obserwatorium i planetarium znajdujące się pod jednym dachem. Pierwszy pokaz, przedpremierowy, został przygotowany dla rektora Akademii Świętokrzyskiej i władz miasta, które sponsorowały zakup planetarium.

Piotr Flin



Aparatura planetarium w kopule (fot. Paweł Kankiewicz)

XXI Seminarium Pracowni Komet i Meteorów

W dniach 4–7 marca br. w Warszawie odbyło się XXI Seminarium Pracowni Komet i Meteorów (PKiM). Spotkanie mogło odbyć się dzięki uprzejmości dyrekcji Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika. Uczestnikom udostępniono pokoje hotelowe i salę wykładową.

Referaty wygłaszały zarówno członkowie PKiM, jak i zaproszeni goście — zawodowi astronomowie. Prof. Paweł Haensel opowiadał o gwiazdach neutronowych i wybuchach supernowych. Grzegorz Stachowski przybliżył sposób działania kamer CCD i omówił ich zastosowanie w obserwacjach astronomicznych. Dr hab. Paweł Moskalik przedstawił funkcjonowanie „teleskopu globalnego”, czyli ogólnoswiataowej sieci profesjonalnych instrumentów, umożliwiającej całodobowe śledzenie wybranych obiektów, zaś dr Arkadiusz Olech zaprezentował strukturę i wyniki działalności analogicznej sieci amatorskiej, skupiającej się na badaniach gwiazd zmiennych kataklizmicznych.

Wystąpienia członków Pracowni dotyczyły już tematyki stricte meteorowej.

Mariusz Wiśniewski (szef sekcji



Pamiątkowe zdjęcie uczestników XXI Seminarium PKiM. Fot. Arkadiusz Olech

obserwacji video PKiM) i dr Arkadiusz Olech przedstawili aktualny stan Polish Fireball Network (PFN), czyli rozmieszczonej na terenie naszego kraju sieci stanowisk do rejestracji bolidów techniką fotograficzną i za pomocą kamery video. Na seminarium przybyły osoby zainteresowane włączeniem się w działalność polskiej sieci bolidowej. M. Wiśniewski omówił również techniczne kwestie funkcjonowania stacji video oraz sposób redukcji uzyskiwanych danych. Zaś Przemysław Żoładek zaprezentował wyniki obserwacji ubiegłorocznych Perseidów, prowadzonych przez fotograficzne stanowiska PFN.

Analizę wykonanych przez PKiM w 2004 r. wizualnych obserwacji roju

Lirydów przedstawił Krzysztof Mularczyk. Konrad Szaruga zachęcał natomiast do teleskopowych obserwacji meteorów. Kontynuacją tej tematyki było wystąpienie Radosława Poleskiego, który omówił najczęściej popełniane błędy w trakcie tychże obserwacji i opowiedział o prostych sposobach analizy uzyskiwanych danych. Podsumowano także aktywność obserwatorów Pracowni w roku ubiegłym — najlepsi otrzymali nagrody książkowe i bezpłatne prenumeraty „Cyrqlarza” — biuletynu PKiM.

W trakcie Seminarium — jako że zakończyła się dwuletnia kadencja władz Pracowni — odbyło się VIII Walne Zgromadzenie PKiM.

Każdy z członków ustępującego Zarządu przedstawił sprawozdanie ze swojej działalności. Wszyscy otrzymali absolutorium. Następnie wybrano nowy Zarząd, którego zadaniem będzie koordynowanie działań naszej organizacji przez kolejne dwa lata, w składzie:

Prezes — Radosław Poleski

Mariusz Wiśniewski — sekcja obserwacji video

Ewa Zegler — sekcja obserwacji wizualnych

Konrad Szaruga — sekcja obserwacji teleskopowych

Przemysław Żoładek — sekcja obserwacji fotograficznych

Karol Fietkiewicz — sekcja obserwacji radiowych

Andrzej Skoczewski — webmaster oficjalnej strony PKiM

Kamil Złoczewski, Krzysztof Mularczyk — redaktorzy „Cyrqlarza”.

Zachęcam wszystkich zainteresowanych współpracą z PKiM do odwiedzenia naszej strony internetowej <http://www.pkim.org> i kontaktu z nami pod adresem pkim@pkim.org

Ewa Zegler

Zaproszenie na XVI Obóz Obserwacyjny Pracowni Komet i Meteorów

Pracownia Komet i Meteorów zaprasza do udziału w XVI Obozie Obserwacyjnym, który odbędzie się w dniach 1–15 lipca br. w Stacji Obserwatorium Warszawskiego w Ostrowiku pod Warszawą. Obóz jest organizowany z myślą o początkujących obserwatorach (wystarczy znajomość gwiazdozbiorów), w jego trakcie będzie możliwość nauki obserwacji meteorów różnymi technikami (wizualnie, teleskopowo, fotograficznie i video) oraz analizy uzyskiwanych danych. Zajęcia będą prowadzić doświadczeni obserwatorzy Pracowni wraz ze studentami astronomii Uniwersytetu Warszawskiego. Na Wasze — tylko indywidualne — zgłoszenia czekamy do 10 czerwca. Obóz jest bezpłatny. Liczba miejsc jest ograniczona przez pojemność Stacji — około 15 osób.

Zgłoszenia i ewentualne pytania prosimy kierować pocztą elektroniczną: pkim@pkim.org lub na adres:

Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytet Warszawski
Al. Ujazdowskie 4
00-478 Warszawa

koniecznie z dopiskiem „PKiM — XVI Obóz”

Zarząd PKiM

NGC 2261

α (J2000)	06 ^h 39,9 ^m
δ (J2000)	+08° 45'
Gwiazdozbiór	Jednoróżec
Typ	Mgławica refleksyjna
Jasność fotograficzna	10,5
Jasność wizualna	11,1
Jasność absolutna M _V	-19,1
Rozmiar	4' × 2'
Odległość	0,8 kpc
Prędkość radialna	+14 km/s

Tę niezwykłą mgławicę odkrył w 1783 r. William Herschel i oznaczył jako H 2.IV. Przy małym powiększeniu do złudzenia przypomina kometę i rzeczywiście początkowo W. Herschel wziął ją za nowo odkrytą kometę. Potem zaklasyfikował ją do utworzonej przez siebie grupy mgławic planetarnych, ale również i w tym przypadku popełnił pomyłkę — dzisiaj wiemy, że jest to przykład mgławicy świecącej światłem odbitym od pobliskiej jasnej gwiazdy. W katalogu Dreyera jej opis jest następujący: „jasna, bardzo wydłużona, o kometarnym jądrze jasności 11 mag”. Mgławica ta słynie z tego, że w ciągu zaledwie miesięcy wyraźnie zmienia swoją jasność i wygląd. Fakt ten odkrył w roku 1916 Edwin Hubble, wykonując fotografię tej mgławicy 24-calowym refraktorem Obserwatorium Yerkes i porównując z jej wcześniejszymi zdjęciami wykonanymi przez innych astronomów. Stąd znana jest jako **zmienna mgławica Hubble'a**. Mgławica ma mniej więcej kształt trójkąta równobocznego, w którego południowym rogu znajduje się gwiazda zmienna R Mon.

Typowo mgławica jest na tyle jasna, że bez problemu można ją zauważać w 10-cm teleskopie. Przy powiększeniu około 100 razy wyraźnie widać jej kształt przypominający wachlarz. Południowa część mgławicy jest jaśniejsza, a maksymalną jasność osiąga w obszarze wokół gwiazdy R Mon, przy czym sama gwiazda nie jest bezpośrednio widoczna w zakresie optycznym. Przy dużym powiększeniu R Mon zdecydowanie nie przypomina gwiazdy. W kierunku północnym mgławica stopniowo słabnie i, na ogół, nie ma tam wyraźnie określonej granicy. W dużym teleskopie można zauważać wiele szczegółów budowy samej mgławicy, które zmieniają się niemal z tygodnia na tydzień.

NGC 2261 odbija światło jasnej i gorącej gwiazdy R Mon, którą uważa się obecnie za przyczynę zmienności mgławicy. Zmienność R Mon została odkryta w 1861 r. przez Schmidta. Gwiazda zmienia swój blask nieregularnie w przedziale od 9,5 do 14 mag. Przez wiele lat mechanizm zmienności gwiazdy, jak i otaczającej ją mgławicy, był nieznany. Dopiero stosunkowo niedawno udało się, przynajmniej częściowo, „rozszyszczyć” ów zagadkowy obiekt. Okazało się, że zmienność mgławicy nie wynika z jakichś zachodzących w niej zmian fizycznych, ale jest spowodowana zmianami w jej oświetleniu przez R Mon. Tak więc klucz do zrozumienia dziwnego zachowania się NGC 2261 (unikalnego w skali galaktyki) leży w zrozumieniu natury tej gwiazdy zmiennej. Do tej pory udało się ustalić, że jest to bardzo młoda i masywna gwiazda — jej wiek jest szacowany na zaledwie 300 tys. lat — zaliczana do obiektów

typu Herbiga Ae/Be, otoczona rozległą otoczką molekularnego wodoru w kształcie wydłużonego dysku, którego północna część zbliża się do nas, a południowa oddala. Ponadto stwierdzono istnienie dwu polarnych wypływów materii z R Mon, w kształcie strug, osiągających prędkość 100 km/s. Północna struga przecina obiekt Herbiga-Haro o numerze HH39. Jak wiemy, obiekty HH zawsze pojawiają się w sąsiedztwie bardzo młodych gwiazd i są wskaźnikiem istnienia procesów gwiazdotwórczych w danym obszarze Kosmosu. Obserwacje prowadzone w zakresie radiowym (molekuła CO) pokazały, że istnieje południowy odpowiednik mgławicy NGC 2261, leżący symetrycznie względem R Mon, ale niewidoczny optycznie z uwagi na pył znajdujący się pomiędzy nami a tą częścią mgławicy. Co więcej, sama R Mon jest układem podwójnym, w którym słabszy i mniej masywny składnik wygląda na typową gwiazdę typu T Tauri. Zgodnie z obecnie przyjmowanym modelem układu R Mon, centralna gwiazda ma masę około 10 mas Słońca, otoczona jest dyskiem akrecyjnym o masie około 0,01 masy Słońca. Wokół dysku rozcina się na odległość około 100 j.a. gruba otoczka pyłowa, a całość otacza półprzecząsta chmura gazu i pyłu. Mniej masywny towarzysz o masie 1,5 masy Słońca znajduje się w odległości około 400 j.a. od centralnej gwiazdy. W otoczu pyłowej, która bezpośrednio otacza dysk akrecyjny, znajdują się dwa obszary w kształcie stożków leżące naprzeciwległe, w których gęstość pyłu jest znacznie mniejsza (efekt wymiecenia pyłu przez strugi materii wypływające z R Mon) i w związku z tym światło wydostaje się poza otoczkę i oświetla NGC 2261. Od czasu do czasu (w sposób nieregularny) przez obszary te przechodzą obłoki pyłu i gazu, które rzucają swoisty cień na oświetlaną mgławicę. Dzieje się to oczywiście w skali zaledwie tygodni, co tłumaczy szybkie zmiany obserwowane w mgławicy Hubble'a.



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

NGC 2264

α (J2000)	06 ^h 41,1 ^m
δ (J2000)	+09° 53'
Gwiazdozbiór	Jednorożec
Typ	Gromada otwarta + mgławica emisyjno-refleksyjna
Jasność fotograficzna	3,9
Jasność wizualna	4,2
Jasność absolutna M _V	-5,5
Rozmiar	20'
Odległość	0,8 kpc
Prędkość radialna	—

Pod tym numerem katalogowym kryje się gromada otwarta gwiazd wraz z towarzyszącą jej mgławicą emisyjną. Gromada odkryta została przez Williama Herschela w 1784 r., a rok później odkrył on mgławicę. Oznaczył je, odpowiednio, jako H V.27 i H VIII.5. Katalog Dreyera opisuje ją następująco: „bardzo rozległa mgławica, o średnicy 3 stopni, największa w obszarze 12', od południa gwiazda 15 Mon”. Gromada jest jasna, rozległa i rozproszona, można ją dostrzec już przez lornetkę; zawiera jasną gwiazdę S Mon — 15 Mon (na zdjęciu obok jako jasna gwiazda w pobliżu środka). W niewielkim teleskopie można naliczyć kilkanaście gwiazd należących do gromady, które układają się w kształt choinki, stąd jej nazwa: gromada Choinka. S Mon znajduje się u samej



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



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

podstawy choinki. Gromadę najlepiej obserwować przy niewielkich powiększeniach. Dostrzeżenie mgławicy jest o wiele trudniejsze, filtry mgławicowe niewiele tu pomagają, gdyż mgławica świeci głównie światłem odbitym. Trzeba dysponować około 25-cm teleskopem, aby dostrzec słabą poświatę wokół gromady. W południowej części gromady znajduje się najsłynniejsza część tej mgławicy o charakterystycznym kształcie, od którego nazwę wzięła cała mgławica — Stożek. Jest to ciemny, zwarty kompleks mgławic, który widzimy na tle jaśniejszej mgławicy emisyjnej — patrz powiększone zdjęcie obok. Jednak aby dostrzec samą mgławicę Stożek, trzeba mieć teleskop o średnicy około 30-cm.

Mgławica i sama gromada otwarta NGC 2264 są przedmiotem bardzo intensywnych badań astronomicznych ze względu na to, że stanowią one część rozległego i aktywnego obszaru formowania się gwiazd. Pomimo że obszar ten leży ponad dwa razy dalej od Słońca niż inne intensywne studiowane obszary aktywności gwiazdotwórczej (takie jak np. Blok Molekularny w Orionie), astronomowie preferują właśnie NGC 2264 w badaniach wczesnych stadiów ewolucji gwiazd. Wynika to z dwóch przyczyn: 1) małego poczerwienienia międzygwiazdowego w kierunku tej gromady oraz 2) obecność stosunkowo jasnej mgławicy refleksyjnej, która efektywnie blokuje światło gwiazd dalej położonych i nie należących do tego obszaru. NGC 2264 leży niemal w środku bogatej w gwiazdy asocjacji młodych gwiazd Monoceros OB 1, a jej wiek ocenia się na około 3 mln lat.

Gromadę można podzielić na dwie różniące się części: Północną i Południową (zawierającą mgławicę Stożek). W obrębie gromady — szczególnie jej części południowej — wykryto dużą liczbę młodych gwiazd znajdujących się w fazie tuż przed wejściem na ciąg główny; w większości są to obiekty typu T Tauri zidentyfikowane z pomocą obserwacji wykonanych w zakresie optycznym i bliskiej podczerwieni, a także obserwacji rentgenowskich. Te ostatnie pozwalają z dużą dozą pewności określić charakter danej gwiazdy, gdyż bardzo młoda gwiazda ma z reguły od kilkudziesięciu do kilkuset razy większą emisję w zakresie rentgenowskim niż gwiazda o podobnej masie znajdująca się na ciągu głównym. Ob-

serwacje wykonane przez HST w bliskiej podczerwieni pozwoliły ustalić, że masywne młode gwiazdy poprzez jonizację otaczających je obłoków dają impuls do formowania się grup mniej masywnych gwiazd w ich bliskim otoczeniu. Jako przykład podaje się 6 gwiazd typu słonecznego, które powstały wokół masywnej gwiazdy oznaczanej jako NGC 2264 IRS1. Dodajmy, że w obszarze tej gromady, zasłonięte grubą otoczką pyłu formują się duże grupy masywnych gwiazd o masach w zakresie od 10 do 50 mas Słońca. Dane na ten temat uzyskano z obserwacji wykonanych radioteleskopami pracującymi w zakresie milimetrowym.

NGC 2359

α (J2000)	07 ^h 18,6 ^m
δ (J2000)	-13° 12'
Gwiazdozbiór	Wielki Pies
Typ	Mgławica emisyjna
Jasność fotograficzna	—
Jasność wizualna	—
Jasność absolutna M _V	—
Rozmiar	8'
Odległość	~ 5 kpc
Pędkość radialna	+54 km/s

Ta jasna mgławica emisyjna nosi osobliwą nazwę: Hełm Thora. Do świecenia jest pobudzana przez centralnie położoną bardzo gorącą gwiazdę typu Wolfa-Rayeta HD 56925, o jasności około 12 mag., która wytworzyła wokół siebie olbrzymi bąbel zjonizowanej materii. Mgławica została odkryta przez Williama Herschela i oznaczona numerem H V.21. W katalogu Dreyera jej opis jest następujący: „wyjątkowy obiekt, słaby, ekstremalnie rozległy, bardzo nieregularny w kształcie”. Mgławica jest widoczna już w teleskopie o średnicy 8 cm. Dla większości obserwatorów ma kształt przypominający hełm wikinga z dwoma rogami. Niektórzy opisują jej kształt bardziej jako głowę kaczki (Duck Head). W teleskopie o średnicy około 10 cm wygląda jak nieregularna, spora plamka, przy dużym powiększeniu można zauważać pewną niejednorodność wewnętrz mgławicy. Dopiero jednak teleskop o średnicy 25-cm lub większej pozwala przyjrzeć się dokładniej mgławicy. W obserwacjach wizualnych pomagają filtry mgławicowe: OIII oraz UHC. Przypomina wtedy olbrzymią mgławicę planetarną, w obrębie której są widoczne jaśniejsze nieregularne „włókna” — jedno z nich leżące na zachodnim skraju mgławicy jest nawet osobno sklasyfikowane w katalogu Dreyera jako NGC 2361. W obrębie mgławicy widać kilka gwiazd.

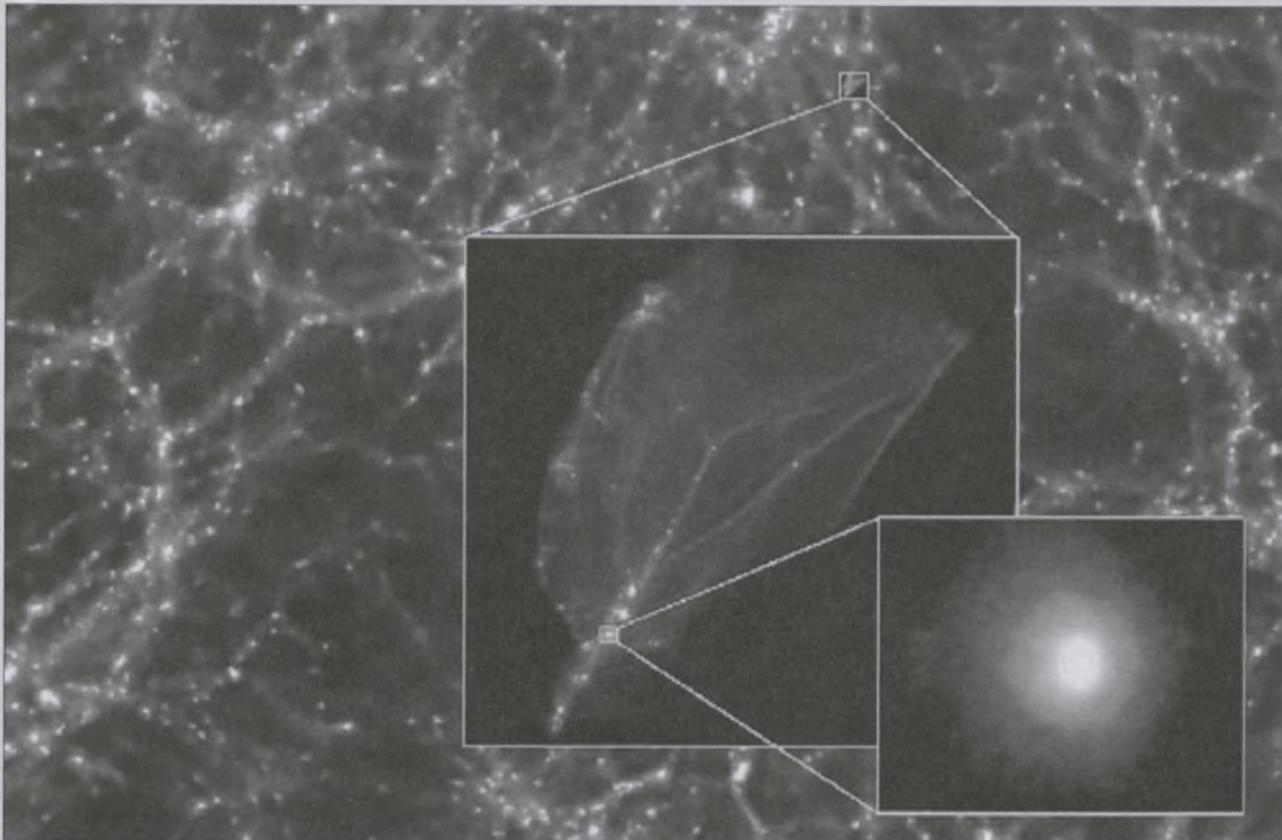
Na zdjęciach zwraca uwagę fakt, że mgławica przypomina kształtem pierścień, a w zasadzie dwa przecinające się nawzajem łuki. Struktura mgławicy jest dość skomplikowana, gdyż wewnętrz zewnętrzny pierścienia o promieniu około 4,2 minuty łuku jest widoczny mniejszy pierścień o promieniu 1,3 minuty łuku i kilka innych małych łuków. Mgławica jest mieszaniną materii pochodzącej z potężnego wiatru gwiazdowego centralnej gwiazdy i materii międzygwiazdnej, a jej całkowita masa wynosi około 15–20 mas Słońca. Całość powoli rozszerza się z prędkością 26 km/s. Łukowate struktury to najprawdopodobniej fale uderzenio-



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

we powstające, gdy wiatr gwiazdowy (którego prędkość osiąga około 2500 km/s) zderza się z materią ośrodka międzygwiazdowego. Temperatura mgławicy jest szacowana na 13 000 K. Centralna gwiazda będąca przykładem gwiazdy Wolfa-Rayeta (WR) ma temperaturę w granicach od 50 000 do 90 000 K. Gwiazd tego typu znamy w naszej Galaktyce zaledwie 170. Wokół większości z nich formują się zjonizowane obszary materii podobne do NGC 2359, z których najbardziej znanym przykładem jest mgławica Babel — NGC 7635. Obserwacje radiowe wykazały, że NGC 2359 jest fragmentem obłoku molekularnego HI o masie około 2000 mas Słońca.

Dariusz Graczyk



Wynik symulacji komputerowej przedstawia pierwsze struktury ciemnej materii, które uformowały się we wczesnym Wszechświecie. Niebieski obszar obejmuje 10 000 lat świetlnych, jego pierwszy powiększony fragment przedstawiony na czerwono zajmuje 100 lat świetlnych, kolejne powiększenie pokazuje pojedyncze halo ciemnej materii o rozmiarze 0,1 roku świetlnego (taki rozmiar osiąga Obłok Oorta, z którego powstał Układ Słoneczny). Jaśniejsze kolory oznaczają większą gęstość materii

Zanim powstały gwiazdy

Halo ciemnej materii, ciężkie jak nasza Ziemia i wielkie jak nasz Układ Słoneczny, były pierwszymi strukturami, które powstały we Wszechświecie — tak wynika z nowych, opublikowanych niedawno w „Nature” obliczeń naukowców z Uniwersytetu w Zurychu. Również nasza Galaktyka Drogi Mlecznej zawiera biliony takich struktur. Jedno halo złożone z ciemnej materii przechodzi przez naszą Ziemię co kilka tysięcy lat, pozostawiając jasny ogon promieni gamma, który może być obserwowany. Codzennie niezliczone i nieobserwowne cząsteczki ciemnej materii spadają na Ziemię, przeszywając nasze ciała.

Pierwotne halo ciemnej materii stanowiły rodzaj grawitacyjnego kleju, który przyciągał i „sklejał” zwyczajną mate-

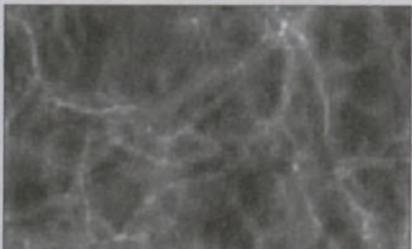
rię. Po latach utworzone w ten sposób skupiska zwyczajnej, dobrze nam znanej barionowej materii utworzyły świecące gwiazdy i galaktyki. Te pierwotne halo ciemnej materii zaczęły powstawać zaledwie 20 min lat po Wielkim Wybuchu. Z różnych pomiarów i wyliczeń wynika, iż ciemna materia stanowi ponad 80% masy całego Wszechświata, choć jej natura pozostaje nadal zagadką. Jest inna niż natura atomów, które nas otaczają, a jej obecność możemy odkryć jedynie pośrednio, obserwując, jak siłą grawitacji wpływa na tę normalną, barionową materię.

Część uczonych uważa, że neutralino jest cząstką, z której składa się zima ciemna materia, czyli materia, której składniki poruszają się wolno (mała energia kinetyczna oznacza niską temperaturę cząsteczkę). Neutralino miało powstać w czasie Wielkiego Wybuchu. Jak dotąd nikt go nie zaobserwował. Według teorii neutralino ma być cząstką „supersymetryczną” ratującą niezgodności w standardowym modelu cząstek elementarnych. Tej właśnie cząstki użyli uczeni do komputerowych symulacji, które pokazać miały przebieg tworzenia się pierwotnych halo ciemnej mate-

rii. Obliczenia zajęły wiele miesięcy pracy na nowym superkomputerze zBox, zaprojektowanym i zbudowanym na Uniwersytecie w Zurychu. zBox, wykorzystując moc 300 procesorów typu Athlon, obliczył, jak neutralina rozwijały się w czasie.

Galaktyki i gwiazdy zaczęły tworzyć się około 500 mln lat po Wielkim Wybuchu. Te złożone struktury wzięły początek z bardzo niewielkich nierówności, które istniały w niemal jednolicie rozłożonej materii. Z pomocą przyciągającej siły grawitacji obszary o wyższej gęstości materii były w stanie przyciągnąć otaczającą materię, obszary o niskiej gęstości traciły ją. Uważa się, że do wzrostu gęstości zwyczajnej materii przyczyniły się halo ciemnej materii utworzone zaledwie 20 min lat po Wielkim Wybuchu. Dziś wiek Wszechświata szacowany jest na 13,7 mld lat.

Przez ostatnie 20 lat uważano, że neutralina mogły formować masywne ciemne halo. Z ostatnich obliczeń wykonanych w Zurychu wypływają trzy nowe wnioski: 1) jako pierwsze uformowały się halo o masie rzędu Ziemi, 2) struktury te miały bardzo gęste jądra, dzięki czemu wiele z nich powinno „do-





Komputer zBox. Symulacje neutralinowych halo ciemnej materii zajęły mu 6 miesięcy. Uniwersytet w Zurychu

żyć" naszych czasów, 3) te miniaturowe halo ciemnej materii poruszają się przez galaktyki, w skład których wchodzą, i oddziałują ze zwykłą materią. Możliwe jest nawet, że halo takie mogą perturbować Obłok Oorta znajdujący się daleko za orbitą Plutona i wpływać grawitacyjnie na zwykłą materię, wrzucając jego szczątki do Układu Słonecznego.

Wydaje się, że można by pokusić się o detekcję tych neutralinowych halo, choć to trudne zadanie. Struktury te powinny emitować promieniowanie gam-

ma, czyli najbardziej energetyczne fotony, na skutek zderzeń neutralin i ich samoanihilacji. Przy odrobinie szczęścia powinniśmy zaobserwować to promieniowanie.

Największa szansa na detekcję neutralin tkwi w centrach galaktyk, gdzie gęstość ciemnej materii powinna być największa lub w centrach tych migrujących neutralinowych halo o masie rzędu naszej Ziemi.

Gęsty obszar oznacza większe prawdopodobieństwo zderzeń neutralin, a więc emisji fotонów gamma.

Jeśli promieniowanie z halo rzeczywiście istnieje, powinien je wykryć satelita GLAST, którego start planowany jest na 2007 r. Naziemne obserwatoria promieniowania gamma, takie jak VERI-

TAS (układ czterech 12 m teleskopów, Arizona, USA) czy też MAGIC (17 m teleskop, La Palma, Wyspy Kanaryjskie, Hiszpania), również powinny być w stanie wykryć fotony gamma pochodzące z oddziaływania neutralin. Miejmy nadzieję, że coraz dokładniejsze i czulsze techniki detekcji zweryfikują istnienie wciąż kontrowersyjnej ciemnej materii.

Karolina Zawada



Teleskop MAGIC o średnicy 17 m znajduje się w La Palma na Wyspach Kanaryjskich w Hiszpanii

poradnik obserwatora

Interesujące obiekty: Kompas, Koziorożec, Kruk

Obiekt	Rodzaj Obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary Kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
KOMPAS							
NGC 2818	GO	09:16:00,0	-36:37:00	8,2	9'	60-90/40-80×	60-80/1500
NGC 2627	GO	08:37:18,0	-29:57:00	8,4	11'		
NGC 2658	GO	08:43:24,0	-32:39:00	9,2	12'	80-100/40-80×	80/1500
NGC 2613	G	08:33:22,5	-22:58:24	10,3	7,2'	150/60-100×	100-150/2000
Collinder 196	GO	08:45:00,0	-31:38:00	10,5	5'		
NGC 2663	G	08:45:08,1	-33:47:40	10,9	3,5'×2,4'	150-200/100×	150-200/2000
PK254+5,1	MP	08:40:40,3	-32:22:31	11,0	11"×6"	200-250/150×	250/4000-6000
Collinder 198	GO	08:45:18,0	-31:46:00	11,2	6'	150-200/100×	150-200/2000
NGC 2635	GO	08:38:30,0	-34:46:00	11,2	3'		
KOZIOROŻEC							
M 30	GK	21:40:22,0	-23:10:45	7,5	11'	50-70/30-60×	60-80/1000
NGC 6907	G	20:25:06,6	-24:48:30	11,2	3,4'×3,0'	150-200/100×	150-200/2000
NGC 6903	G	20:23:44,9	-19:19:29	11,9	2,7'×2,5'	200-250/100×	200-250/2000
KRUK							
NGC 4038	G	12:51:52,8	-18:51:54	10,3	2,6'×1,8'	150/80-120×	100-150/2000
NGC 4361	MP	12:24:30,0	-18:47:36	10,3	1,3'		
NGC 4039	G	12:01:53,8	-18:53:06	10,6	3,2'×2,2'		
NGC 4027	G	11:59:30,1	-19:16:05	11,1	3,0'×2,3'		
NGC 4783	G	12:54:36,4	-12:33:28	11,5	1,7'×1,6'	200-250/120×	200-250/2000
NGC 4033	G	12:00:34,7	-17:50:30	11,7	2,5'×1,1'		
NGC 4024	G	11:58:31,5	-18:20:42	11,7	2,3'×1,7'		
NGC 4094	G	12:05:53,9	-14:31:36	11,8	4,2'×1,8'		
NGC 4462	G	12:29:21,2	-23:09:58	11,9	3,7'×1,6'		

G – galaktyka, GO – gromada otwarta, GK – gromada kulista, MP – mgławica planetarna

Wiesław Skórzyński

Znajdźmy też trochę czasu na historię

Wszystkim wiadomo, że przy obecnej siatce godzin poprawne „przerobienie” nawet podstawy programowej jest nierealne. Z drugiej strony poprawne nauczanie dowolnego przedmiotu jest niemożliwe bez choćby pobieżnego przedstawienia historii rozwoju danej dyscypliny naukowej. A absolutne minimum, to znajomość tej historii przez nauczyciela. Historia astronomii, jaką tu przedstawiamy, jest z konieczności ograniczona rozmiarami artykułu. Niektóre odkrycia uzupełniliśmy prostymi zadaniami ilustrującymi zastosowaną metodę.

Astronomia jest niewątpliwie najstarszą z nauk przyrodniczych. Obserwacje astronomiczne [1] posłużyły do tworzenia kalendarzy już ok. 4000 lat p.n.e. (plemiona syryjskie nad Eufratem i Tygrysem, Egipt, ludy Ameryki Środkowej, Chiny). Kalendarz egipski składał się z 12 miesięcy po 30 dni i 5 dni dodatkowych. Najstarsze (znane) obserwatorium w Europie (Stonehenge) powstało na początku III tysiąclecia p.n.e.

Już w III tysiącleciu p.n.e. umiano obliczać daty zaćmień Słońca (Bolesław Prus, *Faraon*). W II tysiącleciu p.n.e. łączono gwiazdy w gwiazdozbiory. Szczególnie wysoki poziom osiągnęła astronomia w Babilonii w VI wieku p.n.e. Z obserwacji babilońskich skorzystali Grecy. Pracowali tu m. in. (VI–II w. p.n.e.) Tales z Miletu, Pitagoras, Arystoteles, Arystarch (ramka 1), Eratostenes (ramka 2) i Hipparch.

Praca *Mathematica Syntaxis* Klaudiusza Ptolemeusza (II w. n.e.) podsumowała dotychczasowe osiągnięcia astronomii greckiej i stała się kanonem astronomicznym do połowy XVI w., do wydania w 1543 r. *De Revolutionibus* Mikołaja

Kopernika. Średniowieczna Europa nie była zainteresowana astronomią. Pałeczkę od astronomów greckich przejęli astronominie arabscy, uzbecki i azerbejdżańscy (stąd nazwy większości gwiazd są pochodzenia arabskiego). Tłumaczami oni dzieła Ptolemeusza na język arabski. Z pewnym opóźnieniem, bo w XII w. zostało ono przetłumaczone z arabskiego na łacinę i w ten sposób udostępnione Europie. Jednak dopiero w XV w. możemy zanotować początki rozwoju europejskiej astronomii głównie dzięki działalności uniwersytetów wiedeńskiego i krakowskiego (Georg Peuerbach, Wojciech z Brudzewa).

Genialna praca Kopernika poczatkowo niewiele zmieniła w astronomii. Uczyniła jednak wyraźną rysę na bezkrytyczne dotąd przyjmowanym systemie Arystotelesa i Ptolemeusza. Upadek systemu był już przesądzony. Na razie planety nadal poruszają się po okręgach ruchem jednostajnym. Zgodność z obserwacjami zapewnia złożony układ epicykli, ekwantów i deferentów. Przełom następuje w 1609 r., gdy Kepler [2] ogłasza dwa pierwsze prawa ruchu planet (trzecie prawo sformułował w 1619 r.). Epicykle, ekwenty i deferenty odchodzą do historii astronomii.

Mniej więcej w tym samym czasie (lata 1609–1610) Galileusz buduje prostą lunetę i wykonuje cykl obserwacji astronomicznych. Jako pierwszy obserwuje fazy Wenus (rys. 3). Właśnie ta obserwacja staje się dla niego mocnym dowodem słuszności modelu heliocentrycznego. Czy potrafisz to uzasadnić? (ramka 3)

W roku 1687 Izaak Newton ogłasza dzieło swojego życia *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, w którym for-

Ramka 1

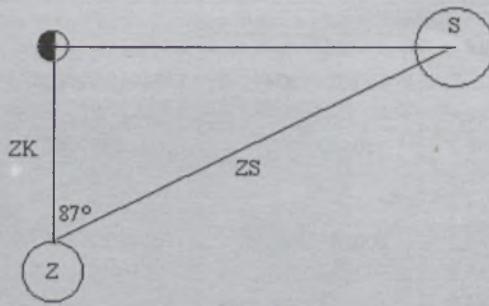
Arystarch wykonał pomiar odległości kątowej Słońca i Księżyca w chwili, gdy Księżyc znajdował się w pierwszej kwarדרze (widoczna była połowa jego powierzchni). Wg Arystarcha kąt ten wynosił 87° . Oblicz za Arystarchem stosunek odległości Ziemia-Słońce do odległości Ziemia-Księżyc. Oceń jakość uzyskanego wyniku.

Rozwiążanie:

Zgodnie z rys. 1

$$\frac{ZS}{ZK} = \frac{1}{\cos 87^\circ} = \frac{1}{0,05234} \Rightarrow \frac{ZS}{ZK} \approx 19$$

Wg współczesnych danych $ZS/ZK \approx 380$.



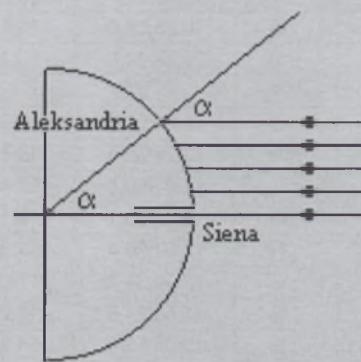
Rys. 1

Ramka 2

Eratostenes zauważył, że w dniu, w którym w Sienie Słońce jest w zenicie, w Aleksandrii tworzy z zenitem kąt $7,2^\circ$ (rys. 2). Odległość Siena — Aleksandria wynosi ok. 5000 stadii (1 stadia ≈ 158 m). Powtórzyć obliczenia Eratostenesa prowadzące do wyznaczenia promienia Ziemi (Siena i Aleksandria znajdują się w przybliżeniu na tym samym południku).

Rozwiążanie:

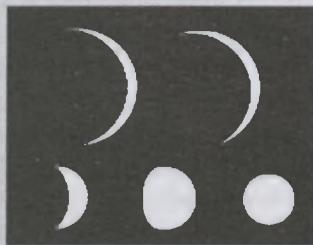
$7,2^\circ$ to prawie dokładnie $1/50$ kąta pełnego. Zatem obwód Ziemi to 250 000 stadii. A stąd promień = 39 788,73 stadii ≈ 6300 km.



Rys. 2

mułuje podstawowe prawa dynamiki i prawo powszechnego ciążenia. Gdy okazuje się, że można z nich wyprowadzić wszystkie trzy prawa Keplera, kończy się podział na aristotelesowską fizykę pod- i nadksiążycową i rozpoczęta trwały mariąż fizyki z astronomią. Niewątpliwym sukcesem nowej mechaniki nieba było obliczenie (U. Leverrier, J. Adams) pozycji nowej, nieznanej planety (Neptuna) i niemal natychmiastowe obserwacyjne potwierdzenie (J. Galle, 1846) poprawności obliczeń. Zacytujmy tu fragment listu [3] pisany do Paryża przez Fryderyka Chopina do rodziny: *Zapewne już wiecie o planecie nowej pana Leverrier. Leverrier, zauważając pewne nieregularności w planecie Uranus, przypisał to innej planecie, jeszcze nieznanej, której opisał odległość, kierunek, wielkość, słowem wszystko... Co za triumf dla nauki, żeby rachunkiem dojść do odkrycia podobnego.*

Mimo niewątpliwych osiągnięć jeden z podstawowych problemów pozostawał nadal nie rozwiązany. Względne od-



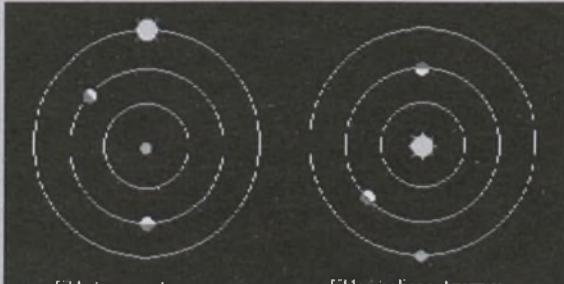
Rys. 3

ległości w Układzie Słonecznym były znane od dawna (obliczał je również Kopernik — ramka 4). Nie znano jednak odległości rzeczywistych. Kluczem było wyznaczenie odległości Ziemia — Słońce. Problem rozwiązyano dopiero w 1672 r. dzięki obserwacjom opozycji Marsa (ramka 5) przeprowadzonym przez G. Cassiniego i J. Picarda w Gujanie Francuskiej i w Paryżu [4]. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyznaczenie promienia Słońca i jego mocy promieniowania. Masę Słońca wyznaczono z uogólnionego prawa Keplera.

Wszystkie dotychczasowe sukcesy były związane z Układem Słonecznym. Sfera gwiazd pozostała nadal nieznana, niezmienna i tajemnicza. Astronomia gwiazdowa ograniczała się do tworzenia coraz dokładniejszych i coraz obszerniej

Ramka 3

Jak widać z rysunku, w układzie geocentrycznym średnica widoma Wenus powinna być taka sama, niezależnie od fazy.



Rys. 4a

Rys. 4b

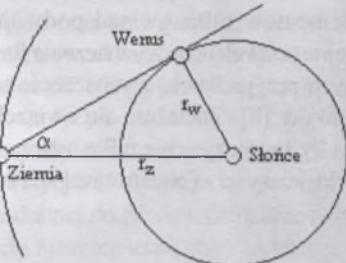
szych katalogów gwiazd (współrzędne i jasności widome) oraz atlasów nieba. Jeden z takich atlasów pod nazwą *Firmamentum Sobiescianum* opublikował w 1690 r. gdański astronom Jan Heweliusz. Co prawda „w międzyczasie” dokonano kilku ciekawych obserwacji. W 1596 r. Fabricius zauważył zmienność blasku gwiazdy *o Ceti* (Jan Heweliusz nadał jej nazwę Mira — Cudowna), zaobserwowano dwie gwiazdy nowe (Tycho de Brahe i Kepler), a w 1728 r. E. Halley zaobserwował ruchy własne gwiazd. Na wyciągnięcie dalszych wniosków było jednak za wcześnie. W 1781 r. C. Messier publikuje katalog obiektów mgławicowych.

Na razie astronomowie doskonaliły przyrządy i techniki obserwacyjne, a fizycy odkrywają prawa przyrody, które już niedługo staną się astronomom niezbędne. Z ważniejszych wymienimy:

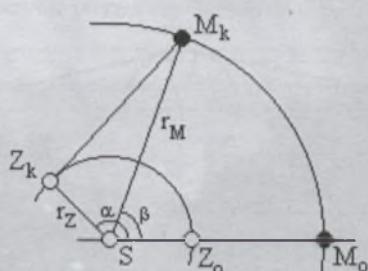
- 1814 — Fraunhofer publikuje szczegółowy opis widma Słońca
1842 — zjawisko Dopplera

Ramka 4

Wenus nie oddala się od Słońca o kąt większy niż 46° . W jakiej odległości Wenus obiega Słońce?



Rys. 5



Rys. 6

Rozwiążanie:

Zgodnie z rys. 5 mamy:

$$r_w = r_z \sin 46^\circ = 1 \text{ j.a. } 0,719 = 0,719 \text{ j.a.}$$

Kwadratura Marsa wystąpiła 106 dni po opozycji (rys. 8). Okres obiegu Ziemi wokół Słońca wynosi 365 dni, Marsa 678 dni. Jaka jest odległość Słońce-Mars?

Rozwiążanie:

Promień wodzący Ziemi zakreśla w ciągu 106 dni kąt

$$\alpha = 360^\circ \frac{106}{365} = 104,5^\circ$$

Promień wodzący Marsa kąt $\beta = 55,5^\circ$. Z rys. 6 mamy

$$r_M = \frac{r_z}{\cos(\alpha - \beta)} = \frac{r_z}{\cos 49^\circ} = \frac{1 \text{ j.a.}}{0,6561} = 1,52 \text{ j.a.}$$

- 1884 — prawo Stefana-Boltzmana
 1885 — prawo Wiena
 1896 — prawo Boltzmana (prawo wzbudzenia)
 1900 — prawo Plancka
 1905 — A. Einstein ogłasza szczególną teorię względności
 1916 — powstaje ogólna teoria względności
 1920 — prawo Saha (prawo jonizacji).

Przełom nastąpił w 1838 r., kiedy to F. Besselowi udaje się zmierzyć paralaksę pierwszej gwiazdy (61 Cygni). W przeciagu niespełna roku W. Struve i T. Henderson uzyskują paralaksy dwóch kolejnych (α Lyrae i α Centauri). Znajomość paralaksy gwiazdy (ramka 6) natychmiast daje możliwość określenia jej podstawowego parametru — mocy promieniowania (jasności absolutnej).

Do poznania fizycznych parametrów gwiazd (i ich ewolucji) najbardziej przyczyniło się rozpoczęte w latach 1860—1863 badanie widm gwiazdowych. Szczególny wkład wniosły tu prace pani E. Cannon, zainicjowane w 1886 r. przez E. Pickeringa. Doprowadziły one m. in. do skonstruowania w latach 1911—1914 diagramu Hertzsprunga-Russela [6], [7] będącego do dziś podstawą systematyki gwiazd. Dane uzyskiwane z widm uzupełniane są pomiarami fotometrycznymi i badaniem elementów orbit gwiazd podwójnych. Tylko gwiazdy podwójne pozwalają na wyznaczenie funkcji ich mas, a w szczególnych przypadkach, wyznaczenie mas poszczególnych składników [8]. Zacieśnia się związek astronomii z fizyką (ramka 7). Przy czym nie tylko astronomia korzysta z osiągnięć fizyki, korzyści są obustronne [9]. Podjęto też pró-

Ramka 6

Paralaksa Wagi (α Lyr) wynosi $0,123''$, jasność widoma $m = 0,03^m$. W jakiej odległości znajduje się ta gwiazda? Jaka jest jej jasność absolutna? Wyraź jej jasność absolutną w mocach promieniowania Słońca [5]. Jasność absolutna Słońca $M_{\odot} = 4,8^m$

Rozwiążanie:

$$d = \frac{1}{\pi} = \frac{1}{0,123} = 8,13 \text{ pc} \quad M = m + 5 + 5 \log \pi = 0,48^m$$

$$\log \frac{L}{L_0} = 0,4(M_{\odot} - M) = 1,73 \Rightarrow L = 53,5 L_{\odot}$$

by zbudowania teoretycznego modelu gwiazdy (A. Eddington, 1921), jednak przed poznaniem źródła energii gwiazd (reakcje termojądrowe, H. Bethe, 1940) było to niemożliwe. Również przebieg ewolucji gwiazd udało się opisać znacznie później (G. Gamow, ok. 1940 r.).

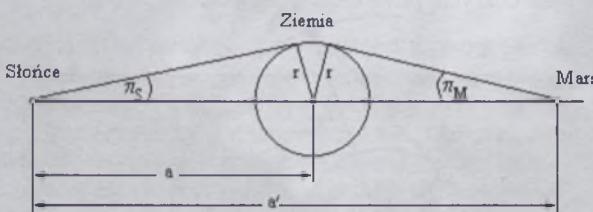
Początek XX w. to między innymi próby określenia kształtu i rozmiarów Galaktyki, która wówczas była „całym Wszechświatem”. Próby te, przynajmniej w części, zostały uwieńczone powodzeniem. Choć ich uścielenie nastąpiło dopiero w latach 50., głównie dzięki obserwacjom radiowym na falie 21 cm. Trudniejszym problemem, który wówczas podjęto, okazało się roszczerwanie natury obiektów mgławicowych. Tu kluczem było ustalenie odległości do tych obiektów. Tymczasem różne oszacowania dawały bardzo rozbieżne wyniki. Np. odległość Wielkiej Mgławicy Andromedy szacowano na od 19 l. św. (K. Bohlin, 1907 r.) do 500 000 l. św. (H. Curtis, 1917 r.). Społeczność astronomów podzieliła się na dwa zwalczające się obozy. W 1920 r. doszło do zorganizowania specjalnej konferencji, która przeszła do historii pod nazwą „wielkiego sporu” [11]. Nie udało się uzgodnić poglądów. W 1924 r. udaje się E. Hubble'owi dostrzec parę cefeid w Wielkiej Mgławicy Andromedy. Wykorzystując znaną od 1912 r. zależność okres-jasność, ustala odległość do mgławicy na ok. 1 000 000 l. św. Wszechświat stał się nagle wielokrotnie większy. Co prawda, po 1949 r., po poprawieniu tej zależności należało tę odległość, podobnie jak i inne wyznaczone tą metodą, podwoić.

Jak już wspomnieliśmy, w 1916 r. A. Einstein ogłasza ogólną teorię względności. Rok później publikuje artykuł *Kosmologiczne rozważania nad ogólną teorią względności*. Wierząc, że Wszechświat jako całość jest statyczny, dodaje do równań pola człon powodujący statyczność ich rozwiązania. Parę lat później, w 1922 r. A. Friedman pokazuje, że równania pola z członem kosmologicznym dopuszczają też rozwiązania niestatyczne (Wszechświat może ewoluować). W latach 1912—1925 V. Slipher opierając się na efekcie Dopplera wyznacza prędkości radialne galaktyk. Jego prace kontynuuje E. Hubble, stwierdzając w 1929 r.: galaktyki oddalają się od nas z prędkością proporcjonalną do ich odległości. Okazuje się, że Wszechświat ewoluje. Kosmologia, zyskując podstawy naukowe, staje się pełnoprawną nauką przyrodniczą [10].

Po drugiej wojnie światowej obserwujemy bardzo szybki postęp w badaniach astronomicznych. Złożyło się na to kilka przyczyn. Były to m. in.:

Ramka 5

Powtórz obliczenia Cassiniego i wyznacz paralaksę Słońca.



Rys. 7

Rozwiążanie:

Zgodnie z rys. 7 mamy:

$$\sin \pi_s = \frac{r}{a} \quad \text{oraz} \quad \sin \pi_M = \frac{r}{a' - a} \quad \text{skąd}$$

$$\sin \pi_s = \left(\frac{a'}{a} - 1 \right) \sin \pi_M. \quad \text{Ponieważ paralaksy Słońca}$$

i Marsa są bardzo małe, możemy ich sinusy zastąpić wartościami kątów w mierze łukowej, zatem

$$\pi_s = \left(\frac{a'}{a} - 1 \right) \pi_M.$$

Ponieważ względne odległości planet były znane, pomiary Cassiniego i Picarda sprowadzały się do wyznaczenia paralaksy Marsa. Otrzymano $\pi_M = 6,25''$ i $\pi_s = 9,5''$, skąd odległość Ziemia-Słońce $d = 138 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Ramka 7

Badanie gwiazd neutronowych [12] porusza niemal wszystkie działy fizyki. Poza oczywistymi powiązaniemi z fizyką jądrową i astrofizyką znajdziemy tu:

części elementarne	— hiperony
cięcie stałe	— wnętrze i skorupa
plazma	— obszar tuż nad powierzchnią
elektromagnetyzm	— sygnały radiacyjne, pola magnetyczne
mechanika klasyczna	— równowaga
mechanika kwantowa	— gaz Fermiego
szczególna teoria względności	— równowaga stanu dla dużych gęstości
ogólna teoria względności	— równowaga
niskie temperatury	— nadciekłość
fizyka atomowa	— atomy w bardzo silnych polach magn.
geofizyka	— nieregularności powierzchni
geologia	— trzęsienia gwiazdy neutronowej.

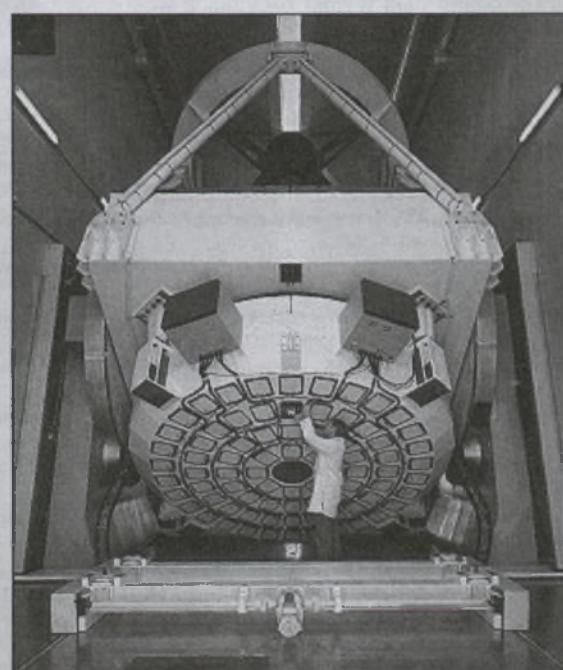
1949 — uruchomienie teleskopu o średnicy zwierciadła 508 cm,
 1957 — pierwszy sztuczny satelita Ziemi. Zapoczątkowuje to erę badań za pomocą sond kosmicznych i obserwacji w pozaoptycznych zakresach widma (IR, UV, X i gamma), równolegle bardzo szybki rozwój radioastronomii,
 1968 — pierwsza astronomiczna obserwatorium satelitarne (OAO-1).

Ponadto duży wpływ miało dość dobre finansowanie nauki w latach 50. i 60. oraz szybki rozwój elektronicznej techniki obliczeniowej. Ważniejsze odkrycia tego okresu to odkrycie pulsarów (gwiazd neutronowych) w 1962 r. (J. Bell i A. Hewish) i ustalenie w 1963 r., że odkryte 3 lata wcześniej kwazary to najdalej z widocznych obiektów. W 1965 r. A. Penzias i R. Wilson obserwują mikrofalowe promieniowanie tła. Jego istnienie przewidywała teoria Wielkiego Wybuchu, zapoczątkowana w 1948 r. przez R. Alphera, H. Bethego i G. Gamowa. Wyniki ich obliczeń uściśliły w 1967 r. W. Fowler i F. Hoyle. W 1967 r. zostaje dostrzeżony pierwszy brązowy karzel, a rok później R. Davis jr dokonuje detekcji neutrin słonecznych. J. Taylor i R. Hulse dokonują pośredniej detekcji fal grawitacyjnych (1974). W 1979 r. zaobserwowano pierwszy przypadek soczewkowania grawitacyjnego. Rok 1995 to powtórzenie słynnej debaty z 1920 r. Tym razem chodziło o dość dawno zaobserwowane błyski gamma, o ich lokalne lub kosmologiczne pochodzenie (jednym z przewodniczących był B. Paczyński). Dwa lata później pozagalaktyczne pochodzenie błysków gamma zostało potwierdzone. Nadal trwają badania struktury galaktyki, poprawianie skali odległości i uściślanie wartości stałej Hubble'a. Nie rozwiązany pozostaje problem brakującej masy. W 1990 r. zostaje umieszczony na orbicie oczekiwany przez astronomów teleskop Hubble'a.

W końcu drugiego tysiąclecia astronomia zyskuje nowe możliwości obserwacyjne. Przez 40 lat wydawało się, że 5-m teleskop Hale'a to szczyt możliwości technicznych. Przekroczenie tej bariery stało się możliwe dzięki zastosowaniu nowych technologii możliwych do realizacji dzięki zwiększonej mocy obliczeniowej komputerów (optyka aktywna i adaptacyjna, zwierciadła segmentowe). Przykładem teleskopu z optyką aktywną jest 3,5-m teleskop NTT (fot. niżej). Wkrótce powstają teleskopy 8- i 10-metrowe (Subaru, Keck I i Keck II). Rozpoczął prace zespół teleskopów ESO (4 teleskopy o średnicy 8,2 m każdy uzupełnione 3 teleskopami o średnicach 1,8 m — fot. na kolorowej stronie o.II). Jest to układ równoważny teleskopowi o średnicy 16 m! Pracując w systemie interferometrycznym, uzyskają one zdolność rozdzielczą odpowiadającą teleskopowi o średnicy 108 m. Dodatkowo upowszechniły się znane od 1985 r. detektory CCD [11], wielokrotnie zwiększając czułość teleskopów.

Najważniejsze osiągnięcia tego okresu to:

- Zaproponowanie przez B. Paczyńskiego (1991) wykorzystanie mikrosoczewkowania grawitacyjnego do wykrywania brązowych karłów. Projekt szybko wprowadzono w życie i znakomicie się sprawdził;
- 1992 A. Wolszczan odkrywa pierwsze planety w układzie pozasłonecznym (w układzie pulsara);
- 1992 satelita COBE wykrywa anizotropię mikrofalowego tła;
- 1992 wykryto pierwszy obiekt z Pasa Kuipera;
- 1995 M. Mayor i D. Queloz odkrywają pierwszą planetę u gwiazdy podobnej do Słońca. Dziś znamy ich ponad 100.
- 1998 dzięki kosmicznemu obserwatorium Hipparcos wyznaczono paralaksy kilku najbliższych cefeid. Pozwoliło to na uściślenie skali odległości;
- 1998 odkrycie pierwszego magnetara;



Optyka aktywna 3,5-m teleskopu NTT w trakcie montażu

Ramka 8

- M. Ryle (synteza apertury),
 1974 A. Hewish (odkrycie pulsarów)
 1978 A. Penzias i R. Wilson (odkrycie promieniowania reliktywego)
 1983 S. Chandrasekhar (za wkład w rozwój astrofizyki)
 1983 W. Fowler (za wkład w rozwój astrofizyki)
 1993 J. Taylor i R. Hulse (pośrednie potwierdzenie istnienia fal grawitacyjnych)
 R. Davis jr (detekcja neutrin słonecznych).

— 1999 dotychczas wszystkie planety wykryto dzięki dopplerowskiej analizie ruchów gwiazdy. W tym roku odkryto 2 planety dzięki mikrosoczewkowaniu grawitacyjnemu oraz obserwacji tranzytu planety (przejścia planety przed tarczą gwiazdy);
 — 1990-2000 określono strukturę Słońca dzięki obserwacjom jego aktywności sejsmicznej. Struktura okazała się zgodna z modelem teoretycznym. Wyjaśnił się deficyt neutrin — mają one masę! Ten wniosek został potwierdzony doświadczalnie już w 1998 r. Oto kolejny dowód ścisłego związku astronomii z fizyką. Związek ten znalazł też wyraz w przyznawanych corocznie Nagrodach Nobla. Przez 73 lata otrzymywali je wyłącznie fizycy. Od 1974 r. otrzymują je astronomowie (lub fizycy pracujący nad problemami astronomicznymi — ramka 8);

— 2002 w Pasie Kuipera znaleziono obiekt o średnicy 1300 km. Dziś znamy kilka obiektów o podobnych rozmiarach i kilkaset mniejszych. Szacuje się, że w Pasie znajduje się ok. 35 tys. obiektów o średnicach większych niż 100 km.

Wydaje się też, że jesteśmy bliscy wyznaczenia ostatecznej wartości stałej Hubble'a. Wyznaczenia dokonywane różnymi metodami dają wyniki oscylujące wokół wartości 75 km/s/Mpc.

Juliusz Domański

Literatura

- [1] Štefl V., *Uvod do dejin astronomie*, Universita J.E. Purkyne, Brno 1988.
- [2] Domański J., *Czy istnieją orbity kołowe?*, Urania – Postępy Astronomii.
- [3] Sidow B., *Korespondencja Fryderyka Chopina*, t.2, Warszawa 1955.
- [4] Domański J., Štefl V., *Astronomia w dziełach Juliusza Verne'a*, Urania – Postępy Astronomii 3/2003.
- [5] Domanski J., *Magnitudo, a co to takiego?*, Urania – Postępy Astronomii 6/1998.
- [6] Domański J., *Diagram H-R w nauczaniu przedmiotu fizyka i astronomii*, Urania – Postępy Astronomii 3/2004.
- [7] Iwanowska W., Woszczyk A., *Metody badawcze astrofizyki obserwacyjnej*, UMK 1978.
- [8] Domański J., *Psią gwiazdę na lekcjach astrofizyki*, Urania – Postępy Astronomii 3/1998.
- [9] Domański J., *Niezwykłe laboratorium*, Urania – Postępy Astronomii 6/1999.
- [10] Domański J., *Elementy kosmologii w szkole średniej*, Urania – Postępy Astronomii 1/1997.
- [11] Domański J., *Co to jest CCD*, Urania – Postępy Astronomii 1/2000.
- [12] Moszkowski S., *Gwiazdy neutronowe*, Postępy Fizyki, t. 28, zeszyt 2.
- [13] Woszczyk A., *Astronomia w dobie teleskopu kosmicznego*, Postępy Fizyki 5/2000.
- [14] Woszczyk A., *Astronomia w nowym tysiącleciu*, Urania – Postępy Astronomii 1/2001.
- [13] Struve O., Zebergs V., *Astronomia XX wieku*, Warszawa 1967.

Jeszcze raz o prawie Hubble'a i ucieczce galaktyk

Z pewnym zdziwieniem, a może lepiej powiedzieć z pewną irytacją przeczytałem tekst pana J. Domańskiego zamieszczony w dziale „Astronomia w Szkole” pierwszego numeru „Uranii” z bieżącego roku. P. Domański powieła (można dodać „znowu”) niczym nie uzasadnione legendy na temat prawa Hubble'a i „ucieczki galaktyk”. Jak już kiedyś napisałem („Urania” 2/2004), własności odległości w przypadku wartości zbliżonych i większych od $H r = c$ lub co bardziej sensowne dla kosmologicznego przesunięcia ku czerwieni bliskiego, lub większego od jedności, są tak różne od „zwykłej” odległości, że używanie ich w taki sam sposób jak „normalnych” odległości jest ewidentnym naruszeniem rzetelności dydaktycznej. Sprawa jest tym istotniejsza, że przeciętnie inteligentny uczeń jest w stanie zauważyć przekroczenie zasad logiki. Tym samym jeżeli narzekamy na powszechną pogardę dla nauki we współczesnym społeczeństwie, to powiedzmy sobie szczerze: tego typu teksty, niestety niezadkie i w podręcznikach szkolnych¹, mają w tym niewielki udział. Przechodząc do konkrety, podawanie z dokładnością do kilku miejsc znaczących odległości rzędu 10 mld lat świetlnych natychmiast wywołuje pytanie, co taka odległość oznacza. Oczywiście „my teraz” i obiekt o $z \approx 1$ w momencie wysłania światła dzieli w czasie kosmicznym na tyle dużą różnicę, że trudno mówić o wspólnym istnieniu, a tym samym o odległości ciął. Można się zgodzić, że chodzi o punkty zajmowane przez te ciała (Ziemię i galaktykę) w układzie związanym z promieniowaniem reliktywym. Ale nawet taka zgoda to dopiero początek kłopotów. Odległość współrzędnościowa się zmienia, inna była w momencie emisji światła, inna w momencie, gdy światło rejestrujemy. W przypadku $z = 1$. Odległość w chwili wysłania światła była dwa razy mniejsza niż w chwili obecnej. W przypadku $z = 6$ odległości te różnią się czynnikiem 7 (za każdym razem czynnikiem $z + 1$). Żeby było jeszcze dziwniej, to dla większych przesunięć ku czerwieni tak rozumiana odległość w chwili emisji światła maleje

¹ Z pewnych względów musiałem dość uważnie przeczytać prawie wszystkie podręczniki używane we współczesnej szkole do przedmiotu fizyka z astronomią oraz część przeznaczonych do przedmiotu geografia. Znalazłem w nich niesamowitą wręcz ilość błędów i pomyłek. Niestety, znaczna ich część (żeby nie powiedzieć przeważająca większość) dotyczy astronomii. W wyniku korespondencji z Autorami (z ich strony nie zawsze „pokojowej”) dowiadywałem się rzeczy, które przekraczały zdolność do uwierzenia — ludzie biorący się za pisanie podręczników często nie znają, nawet w zupełnie elementarny sposób tematów, za których omawianie w podręcznikach się zabrali. W sumie zachęcam Kolężanki i Kolegów do przejrzenia podręczników, z których uczą się Ich dzieci. Przynajmniej po to, by własnym dzieciom wyprowadzać co większe bzdury.

w funkcji przesunięcia ku czerwieni. Efekt skądinąć oczywisty — „na początku” wszystko zbiegało się do punktu, a więc „blisko początku” wszystko było dowolnie blisko siebie. Można by argumentować, że chodzi o odległość przebytą przez światło, a więc tak naprawdę różnicę czasu kosmicznego w chwili emisji i rejestracji światła. Można, i to rzeczywiście dobry sposób rozumienia odległości, ale... Po pierwsze należałoby to napisać, a po drugie problemu to wcale nie rozwiązuje, bo w zależności od przyjętego modelu różnica czasów wyjdzie różna. Dla większych wartości „z” nawet dość istotnie różna. Gdyby ograniczyć się do modeli, w których czynnik skali jest proporcjonalny do pewnej potegi czasu $R(t) \propto t^{\alpha}$, to współczesna wartość stałej Hubble'a wyniesie $H_0 = \alpha/t_0$ i czas istnienia Wszechświata wyniesie $t_0 = \alpha/H_0$ (gdzie indeks zero oznacza wartość współczesną, a więc t_0 to po prostu obecny wiek Wszechświata). Na przykład dla „standardowego” modelu, w którym materia jest pyłem (ciśnienie równe zero), czas $t_0 = 2/(3H_0)$. Nietrudno policzyć, że dla podanej przez p. Domańskiego wartości stałej Hubble'a to mniej niż 10 mld lat (wartość zupełnie nie do przyjęcia — wiemy, że wiele gwiazd jest starszych). Widać, że aby przy stosunkowo dużej obecnej wartości stałej Hubble'a czas istnienia Wszechświata nie był krótszy od skądinąć znanego czasu istnienia zawartych w nich obiektów, współczynnik α musi być odpowiednio duży. Nietrudno zauważać, że fizycznie większy współczynnik α oznacza wolniejsze tempo spowalniańia „prędkości ucieczki galaktyk” lub wręcz wzrost tej prędkości, czyli szybsza „uiteczka” teraz niż we wcześniejszych epokach. Jak by nie było, twierdzenie p. Domańskiego, że „Jak wiadomo odwrotność stałej Hubble'a określa czas T niezbędny, by jedna galaktyka oddaliła się od drugiej na odległość r” jest zdaniem fałszywym², bo czas ten zależy od modelu i nie jest to zależność możliwa do zaniedbania, jako że wspomniany współczynnik w ramach „rozsądnych” modeli może się zmieniać o co najmniej 50%. De facto rzecz jest trochę bardziej skomplikowana, bo chodzi nie tyle o czas istnienia Wszechświata (ten wydaje się być niezłe określony), a o sposób jego ewolucji, czyli z tego punktu widzenia zależność $t(z)$. Warto dodać, że model Wszechświata to oprócz wartości stałych przede

wszystkim zawartość Wszechświata — ile jakiego rodzaju materii, przy czym z tego punktu widzenia rodzaj materii oznacza równanie stanu tej materii. To właśnie jeden z istotniejszych powodów, dla których przyszło przeprosić się ze stałą kosmologiczną i pewnymi rodzajami materii o własnościach do niej zbliżonych, takich jak kwintesencja — potrzebne było równanie stanu umożliwiające w chwili obecnej szybszą ekspansję Wszechświata. Z tych powodów w porządkach pracach, podając czasy kosmiczne odpowiadające wartościom przesunięcia ku czerwieni, podaje się model, przy którym zostało to wyliczone, w praktyce współczesną wartość stałej Hubble'a, średnią gęstość (w gęstościach krytycznych) i procentowy skład materii. I dopiero wówczas podawanie czasów z trzema miejscami znaczącymi jest uzasadnione.

Na koniec jeszcze problem „relatywistycznego wzoru na ucieczkę galaktyk”. Ponieważ problem był opisany (wspomniana „Urania” 2/04), to przypomnę tylko, że prędkość ucieczki galaktyk ma charakter prędkości fazowej i nie są na nią nałożone ograniczenia związane z STW, czyli prędkość ta może przekraczać prędkość światła. Przypominanie tego jest istotne, gdyż w praktyce szkolnej „chodzi” niczym nie uzasadniona legenda o tym, że „prędkości większych niż prędkość światła w przyrodzie nie ma i być nie może”. W rzeczywistości prędkości takie występują dość często, choć oczywiście nie mają sensu „przebytej przez ciało materialne drogi podzielonej przez czas”. A sam „wzór relatywistyczny” ma pewien sens w odniesieniu do galaktyk, ale wyjaśnienie tego sensu nie należy ani do łatwych, ani do elementarnych.

Jerzy Kuczyński

Odpowiedź Autora krytykowanego tekstu

Nie jestem zawodowym astronomem. Jestem tylko zwykłym nauczycielem przedmiotu fizyka z astronomią. Mimo to wiem co nieco o sprawach, których nieznajomość (a może tylko niedocenianie) zarzuca mi p. Kuczyński. Nie pisałem o nich z paru powodów. Po pierwsze artykuł dotyczył jedynie kłopotów z wyznaczaniem aktualnej wartości stałej Hubble'a. Po drugie, nie uważałem (i nadal nie uważam), że należy o nich mówić w szkole średniej. I utwierdzili mnie w tym właśnie astronomowie, nie poruszając tych problemów w podstawowych podręcznikach adresowanych do studentów, a więc przyszłych nauczycieli. To, co powiniennem był zrobić (a nie zrobiłem), to zwrócenie uwagi na relatywistyczne problemy kosmologii, np. przez odwołanie się do wcześniejszego artykułu p. Kuczyńskiego. Ucząc kiedyś fizyki i astronomii, miałem do dyspozycji (w klasach o profilu matematyczno-fizycznym) 18 godzin tygodniowo w cyklu nauczania. Ani program nauczania, ani podręczniki nie wspominały wówczas o tych problemach. Tym bardziej dziś, przy kilkakrotnie mniejszej liczbie godzin do dyspozycji nie wiem, jak mógłbym to robić, mając nie przygotowanych do tego uczniów i nie wywołując jeszcze większego mętliku w ich głowach.

Juliusz Domański

² Spotykalem twierdzenie, że byłaby to prawda w przypadku, gdyby stała Hubble'a była stała w czasie. Oczywiście, nieprawda. Tym razem błąd wynika z niezrozumienia (na poziomie gimnazjalnej algebry!) wzoru $v = H r$ lub równoważnie (na nieco wyższym poziomie), nieznajomości definicji stałej Hubble'a. Otóż stała Hubble'a z definicji to $\frac{dR(t)}{dt}$, gdzie R jest czynnikiem skali, a kropka oznacza pochodną czasową. Łatwo zobaczyć, że można to zapisać jako $\frac{d}{dt} \ln R(t)$. Jeżeli wartość ta ma być stała, to uzyskujemy elementarne równanie różniczkowe, którego rozwiązaniem jest funkcja $\exp(\text{const. } t)$. Oczywiście ta funkcja opisuje model inflacyjny i tzw. steady state model. W obu modelach czas istnienia Wszechświata jest formalnie nieskończony (mogą trwać dowolnie długo), a cofając się w czasie, galaktyki nigdy się nie zetkną, choć zbliżą się dowolnie. Na poziomie zupełnie elementarnej algebry można to samo zobaczyć, patrząc na postać prawa Hubble'a — im bliżej, tym „prędkość ucieczki” mniejsza, dającą do zera dla dążących do zera odległości.

Lipiec

Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. Dnia 5 lipca Ziemia znajdzie się w najdalszym od Słońca punkcie swojej orbity — w aphelium.

W Warszawie 1 lipca Słońce wschodzi o $2^{\text{h}}19^{\text{m}}$, zachodzi o $19^{\text{h}}00^{\text{m}}$, a 31 lipca wschodzi o $2^{\text{h}}55^{\text{m}}$, zachodzi o $18^{\text{h}}28^{\text{m}}$. W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

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

Data 2005		P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
VII	1	-2,66	2,88	145,10
	3	-1,76	3,10	118,63
	5	-0,85	3,31	92,15
	7	0,06	3,52	65,68
	9	0,96	3,73	39,22
	11	1,86	3,94	12,75
	13	2,76	4,14	346,28
	15	3,65	4,33	319,81
	17	4,53	4,52	293,35
	19	5,41	4,71	266,88
	21	6,27	4,89	240,42
	23	7,13	5,07	213,96
	25	7,98	5,24	187,50
	27	8,81	5,40	161,04
	29	9,63	5,56	134,59
VII	31	10,44	5,71	108,14

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

B_0, L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$11^{\text{d}}11^{\text{h}}34^{\text{m}}$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0° .

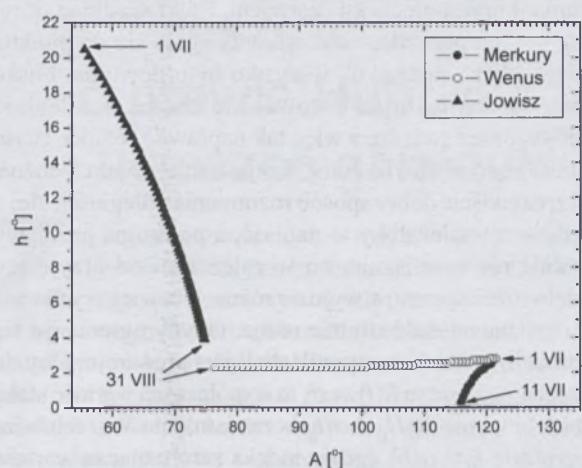
Księzyc

Bezksiężycowe noce będącymi mieli w pierwszej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów $6^{\text{d}}12^{\text{h}}03^{\text{m}}$, pierwsza kwadra $14^{\text{d}}15^{\text{h}}20^{\text{m}}$, pełnia $21^{\text{d}}11^{\text{h}}00^{\text{m}}$ i ostatnia kwadra $28^{\text{d}}03^{\text{h}}19^{\text{m}}$. W apogeum Księżyc znajdzie się 8 lipca o $17^{\text{h}}40^{\text{m}}$ a w perygeum 21 lipca o $19^{\text{h}}46^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

Na początku miesiąca wieczorem istnieje jeszcze teoretycznie możliwość obserwacji świecącego z jasnością 0,2^m **Merkurego**, jednak pod koniec zmierzchu cywilnego (tj. ok. godzinę po zachodzie Słońca) planeta wzniósie się będzie maksymalnie na wysokość jedynie 3° nad północno-zachodnim horyzontem, czyli nawet jej dostrzeżenie będzie bardzo trudne.

Tuż obok Merkurego można próbować odnaleźć **Wenus**, w której odnalezieniu powinna pomóc duża jasność planety, wynosząca prawie -4^m . W ciągu całego miesiąca warunki jej widzialności praktycznie nie ulegają zmianie — pod koniec zmierzchu cywilnego planeta wznowić się będzie jedynie 3° nad horyzontem.



Rys. 1. Merkury, Wenus i Jowisz nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w lipcu i sierpniu 2005 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godziny po zachodzie Słońca)

Mars świeci nad ranem w gwiazdozbiorze Ryb, wznosząc się coraz wyżej nad horyzontem, jako obiekt o jasności 0^m. Średnica tarczy planety wynosi 10'', co umożliwia już obserwacje szczegółów powierzchniowych przez większe instrumenty amatorskie. Już niewielki teleskop umożliwi dostrzeżenie zjawiska fazy tarczy Marsa, która właśnie w lipcu osiąga minimalną w tym roku wartość równą 0,84.

Na początku lipca, wieczorem (w godzinę po zachodzie Słońca), zobaczymy **Jowisza** świecącego w gwiazdozbiorze Panny z jasnością -2^m na wysokości 20° nad południowo-zachodnim horyzontem, jednak warunki widzialności planety szybko pogarszają się i pod koniec miesiąca jej obserwacje na wysokości już tylko 10° stają się trudne.

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

Uran i **Neptun** zbliżają się do opozycji i są widoczne całą noc 20° od siebie w gwiazdozbiorach odpowiednio Wodnika i Koziorożca.

Wieczorem można obserwować **Plutona** w gwiazdozbiorze Węża, jednak niezbędne jest posiadanie teleskopu o średnicy obiektywu (zwierciadła) równie przynajmniej 15 cm.

W lipcu możemy obserwować w pobliżu opozycji jasną planetoidę:

(1) Ceres. (jasność 8,2^m). 10 VII: 14^h43,7^m, -11°19'; 20 VII: 14^h47,0^m, -12°18'; 30 VII: 14^h52,4^m, -13°22'.

Meteory

W lipcu można obserwować kilka interesujących rojów meteorów.

Bardzo krótko, bo tylko od 7 do 13 lipca promienią ją meteory z roju **Pegazydów (JPE)**. Maksimum aktywności roju przypada 9 lipca, toteż w obserwacjach tego słabego roju nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż po nowiu. Rój składa się ze słabych, bardzo szybkich meteorów ze ślädami. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Pegaza i ma współrzędne: rekt. $22^{\circ}40'$, dekl. $+15^{\circ}$.

W drugiej połowie lipca można obserwować meteory z kompleksu Akwarydów/Kaprikornidów: **Piscis Austrinidy (PAU)** ($22^{\text{h}}44^{\text{m}}$, -30°), **południowe delta Akwarydy (SDA)** ($22^{\text{h}}36^{\text{m}}$, -16°) i **alfa Kaprikornidy (CAP)** ($20^{\text{h}}28^{\text{m}}$, -10°). Roje te składają się ze słabych, stosunkowo wolnych meteoriów, chociaż w skład CAP wchodzą też niekiedy bardzo

jasne i powolne (a więc efektowne) bolidy. Południowe delta Akwarydy są jednym z najaktywniejszych rojów nieba południowego, aktywność dwóch pozostałych jest niska. Maksimum aktywności rojów przypada 28 lipca (PAU i SDA) i 30 lipca (CAP), toteż w ich obserwacjach będzie nieco przeszkadzać znajdujący się w ostatniej kwadrze Księżyca.

4^d06^h Maksymalna libracja Księżyca ($7,1^\circ$) w kierunku *Mare Australe* (zaciemnione).

5^d07^h W swoim ruchu po orbicie wokółsłonecznej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w apheleum, w odleg. 1,016715 j.a.

7^d19^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odleg. 4° .

8^d22^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odleg. 4° .

8^d22^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odleg. 2° .

9^d03^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 26° .

10^d19^h Minimalna libracja Księżyca ($5,6^\circ$) w kierunku krateru *Schickard* (zaciemniony).

10^d Gwiazda zmienna długookresowa R Sgr ($19^h16,7^m$, $-19^\circ18'$) osiąga maksimum jasności ($7,3^m$).

13^d17^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odleg. 1° .

17^d09^h Maksymalna libracja Księżyca ($8,5^\circ$) w kierunku *Sinus Iridium* (zaciemniona).

22^d05^h Merkury nieruchomy w rektascensji.

22^d14^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odleg. 5° .

22^d17^h42^m Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekleptyczna wynosi wtedy 120° .

22^d23^h Odkrycie gwiazdy κ Cap ($4,7^m$) przy ciemnej części Księżyca tuż po pełni, widoczne w całej Polsce (Szczecin 23^h31^m — Lublin 23^h47^m).

23^d02^h Minimalna libracja Księżyca ($5,9^\circ$) w kierunku *Mare Frigoris* (zaciemnione).

23^d17^h Saturn w koniunkcji ze Słońcem.

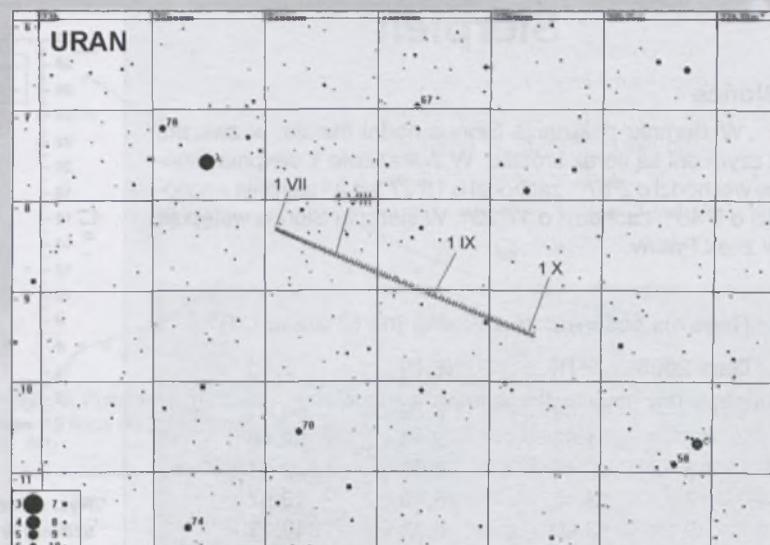
24^d07^h Złączenie Urana z Księżykiem w odleg. 3° .

27^d17^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odleg. 3° .

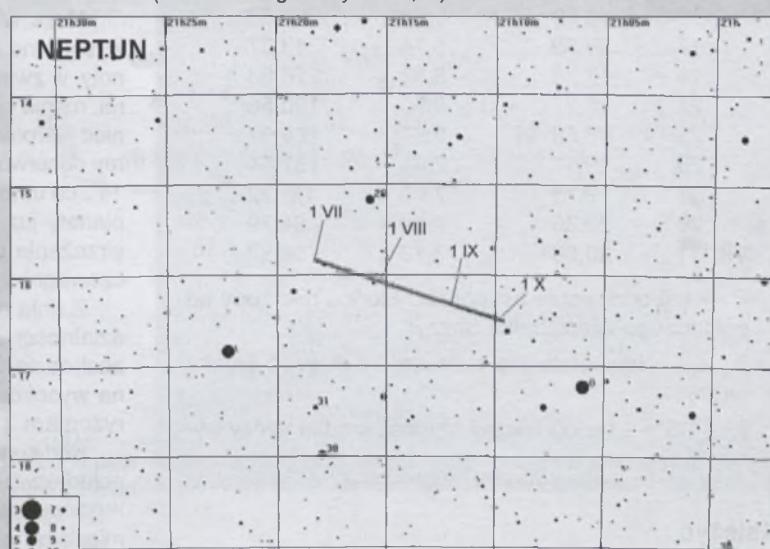
28^d21^h41^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

29^d21^h51^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

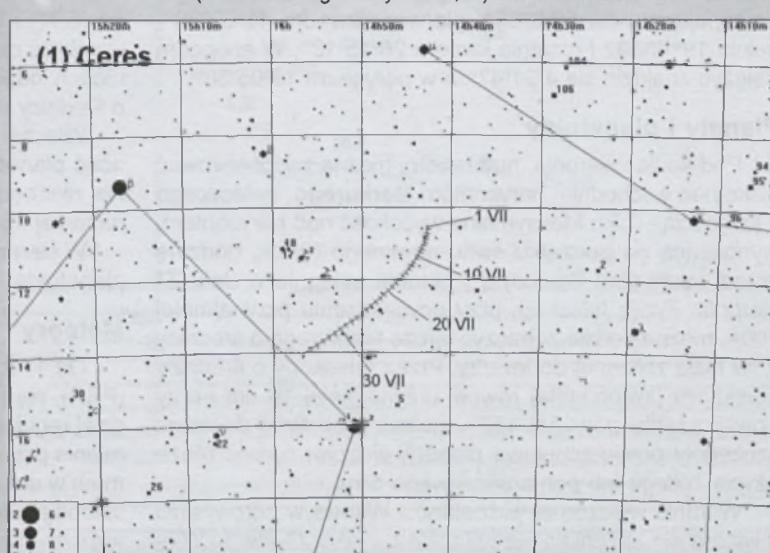
30^d03^h Maksymalna libracja Księżyca ($8,1^\circ$) w kierunku *Mare Australe* (zaciemnione).



Rys. 2. Trasa planety Uran na tle gwiazd gwiazdozbioru Wodnika w lipcu, sierpniu i wrześniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do $10,5^m$)



Rys. 3. Trasa planety Neptuna na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do $10,5^m$)



Rys. 4. Trasa planetoidy (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Wagi w lipcu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

Sierpień

Słońce

W sierpniu deklinacja Słońca nadal maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. W Warszawie 1 sierpnia Słońce wschodzi o 2^h57^m, zachodzi o 18^h27^m, a 31 sierpnia wschodzi o 3^h45^m, zachodzi o 17^h26^m. W sierpniu Słońce wstępuje w znak Panny.

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

Data 2005	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
VIII 1	10,84	5,79	94,91
3	11,63	5,93	68,46
5	12,40	6,06	42,01
7	13,16	6,19	15,57
9	13,90	6,32	349,12
11	14,62	6,43	322,68
13	15,33	6,54	296,24
15	16,02	6,64	269,80
17	16,69	6,74	243,37
19	17,34	6,82	216,93
21	17,97	6,90	190,50
23	18,58	6,97	164,07
25	19,17	7,04	137,64
27	19,75	7,09	111,22
29	20,30	7,14	84,79
VIII 31	20,83	7,18	58,37

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

B₀, L₀ — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

8^d04^h16^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

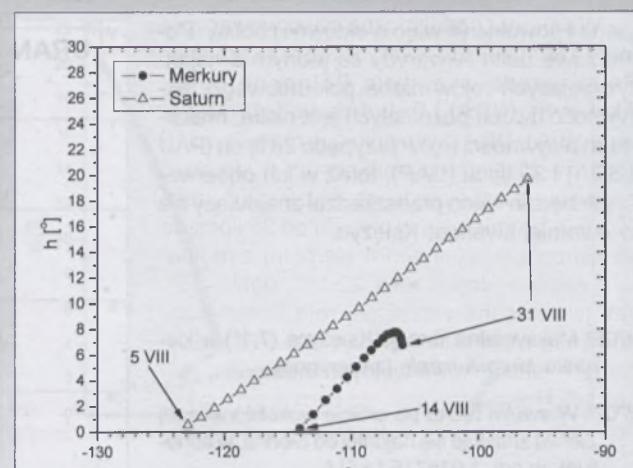
Księżyc

Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku sierpnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów 5^d03^h05^m, pierwsza kwadra 13^d02^h38^m, pełnia 19^d17^h53^m i ostatnia kwadra 26^d15^h18^m. W apogeum Księżyca znajdzie się 4^d21^h47^m a w perigeum 19^d05^h38^m.

Planety i planetoidy

Pod koniec sierpnia, nad ranem, można zaobserwować nisko nad wschodnim horyzontem **Merkurego**, świecącego z jasnością -0,5^m. Maksymalną wysokość nad horyzontem, wynoszącą na początku świtu cywilnego (tj. ok. godzinę przed wschodem Słońca) 8°, planeta osiągnie w dniu 27 sierpnia. Przez teleskop, przy powiększeniu przynajmniej 100×, można będzie zobaczyć tarczę Merkurego o średnicy 7" w fazie zbliżonej do kwadry. Przez teleskopy o średnicy obiektywu (zwierciadła) równej przynajmniej 10 cm i przy powiększeniu powyżej 150× można próbować dostrzec szczegóły powierzchniowe planety, w czym pomóc może użycie żółtego lub pomarańczowego filtra.

Warunki wieczornej widzialności **Wenus** w porównaniu z lipcem nie zmieniają się i planeta ta, jako „Gwiazda Wieczorna”, jest nadal trudnym obiektem obserwacyjnym, świecąc tuż nad zachodnim horyzontem.



Rys. 5. Merkury i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w sierpniu 2005 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

Mars widoczny jest w drugiej połowie nocy, świecąc wysoko na niebie w gwiazdozbiorze Barana. Jasność planety, w związku ze zmniejszaniem się jej odległości od Ziemi, rośnie od -0,5^m na początku miesiąca, do -1,0^m pod koniec sierpnia. W tym samym okresie przez teleskopy możemy obserwować tarczę Marsa o średnicy rosnącej od 11" do 14", co umożliwia obserwacje szczegółów powierzchniowych planety już przez mniejsze teleskopy amatorskie (ich dostrzeżenie ułatwi użycie filtra czerwonego bądź pomarańczowego).

Z dnia na dzień pogarszają się warunki wieczornej widzialności **Jowisza** i pod koniec sierpnia, w godzinę po zachodzie Słońca, będzie go można próbować odnaleźć na wysokości już tylko 4° nad południowo-zachodnim horyzontem.

Pod koniec pierwszego tygodnia sierpnia nad porannym, południowo-wschodnim horyzontem pojawi się **Saturn**, którego wysokość z dnia na dzień będzie rosła i pod koniec miesiąca, na początku świtu cywilnego, znajdziemy go już na wysokości 20°, świecącego z jasnością 0,5^m.

W sierpniu panują bardzo dobre warunki obserwacji **Uranii** (5,7^m) i **Neptuna** (7,8^m) w związku z ich przebywaniem w pobliżu opozycji. Do dostrzeżenia tarcz obu planet (o średnicach odpowiednio 3,7" i 2,3") niezbędny jest teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100×.

Wieczorem można obserwować Plutona, jednakże jasność planety wynosi jedynie 13,9^m i do jej zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 15 cm.

W sierpniu w pobliżu opozycji nie przebywa żadna jasna planetoida.

Meteory

Od 17 lipca do 24 sierpnia promieniują słynne **Perseidy** (PER), rój związanego z kometą 109P/Swift-Tuttle, o najbardziej regularnej coroczej aktywności. Model struktury strumienia przewiduje w tym roku wystąpienie głównego maksimum w dniu 12 sierpnia w godzinach 17-19:30. W tym okresie radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 3^h09^m, deki. +59°. Tym razem w porannych obserwacjach meteorów nie będzie przeszkadzał zbliżający się do pierwszej kwadry Księżyca.

W sierpniu nadal można obserwować meteory z kompleksu Akwarydów/Kaprikornidów. Są to przede wszystkim **Północne delta-Akwarydy (NDA)** i **Południowe iota-Akwarydy (SIA)**. NDA promieniują w okresie od 15 lipca do 25 sierpnia (maksimum 8 sierpnia) z radiantem o współrzędnych rekt. $22^{\text{h}}20^{\text{m}}$, deki. -5° . SIA promieniują w okresie od 25 lipca do 15 sierpnia (maksimum 4 sierpnia) z radiantem o współrzędnych rekt. $22^{\text{h}}16^{\text{m}}$, deki. -15° . Tak jak opisane wcześniej roje kompleksu, także i te mało aktywne roje składają się ze słabych, stosunkowo wolnych meteorów, jednak w ich obserwacjach nie będzie przeszkadzał Księżyc w pobliżu nowiu.

3^d Gwiazda zmienna długookresowa SS Vir (miryda) ($12^{\text{h}}25,3^{\text{m}}$, $+0^{\circ}46'$) osiąga maksimum jasności ($6,8^{\text{m}}$).

3^d $22^{\text{h}}37^{\text{m}}$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

4^d 04^{h} Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 4° .

5^d 03^{h} Złączenie Merkurego z Księżykiem w odległości 10° .

5^d $22^{\text{h}}58^{\text{m}}$ Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

6^d 00^{h} Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

7^d Gwiazda zmienna długookresowa R Crv ($12^{\text{h}}19,6^{\text{m}}$, $-19^{\circ}15'$) osiąga maksimum jasności ($7,5^{\text{m}}$).

7^d 17^{h} Minimalna libracja Księżyca ($4,8^{\circ}$) w kierunku krateru Schickard (zaciemniony).

8^d 04^{h} Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości $0,6^{\circ}$.

8^d 09^{h} Neptun w opozycji do Słońca.

10^d 06^{h} Złączenie Jowisza z Księżykiem w odległości $1,5^{\circ}$.

12^d $22^{\text{h}}11^{\text{m}}$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^{\text{m}}$ do $3,4^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

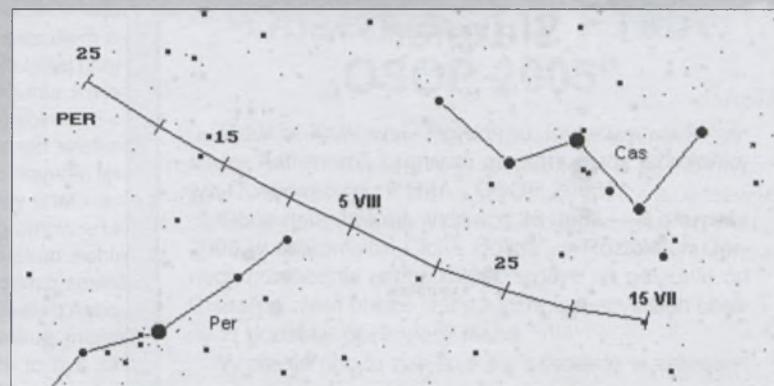
14^d $00^{\text{h}}03^{\text{m}}$ Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

14^d 15^{h} Maksymalna libracja Księżyca ($8,9^{\circ}$) w kierunku Sinus Iridium (zaciemniona).

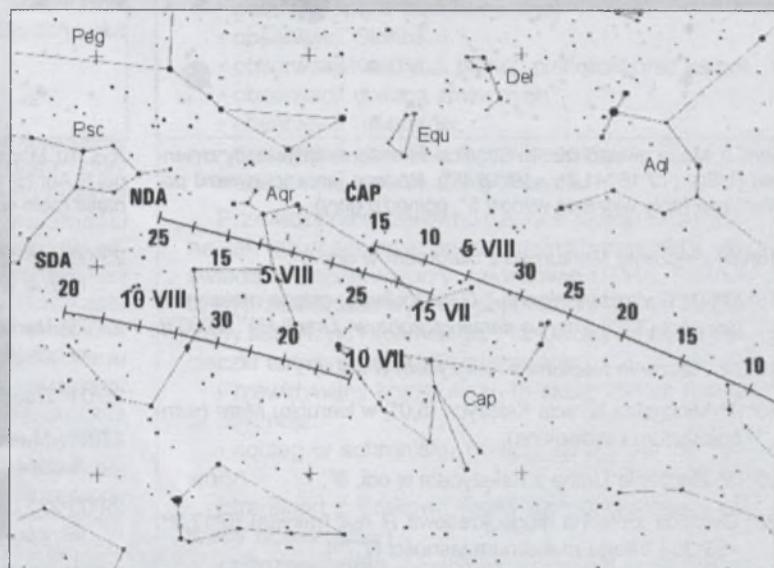
15^d $00^{\text{h}}02^{\text{m}}$ Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,4^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

15^d 13^{h} Merkury nieruchomy w rektascensji.

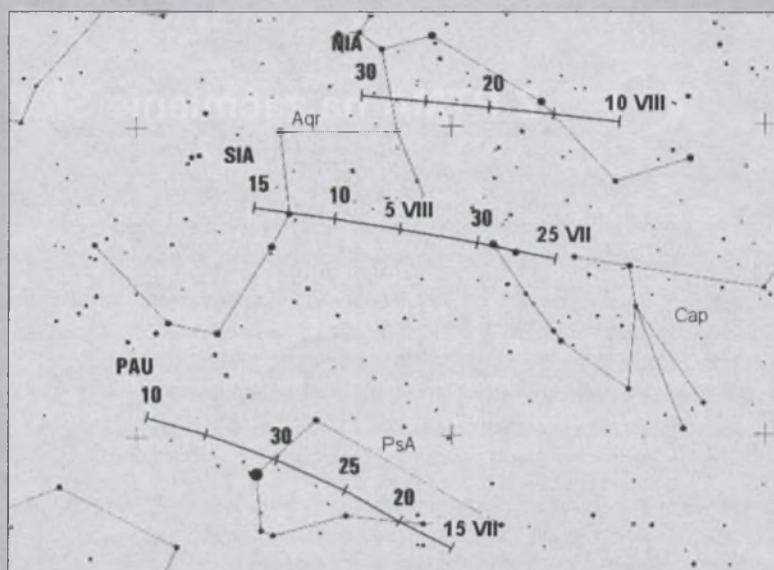
18^d Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) ($12^{\text{h}}38,5^{\text{m}}$, $+6^{\circ}59'$) osiąga maksimum jasności ($6,9^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].



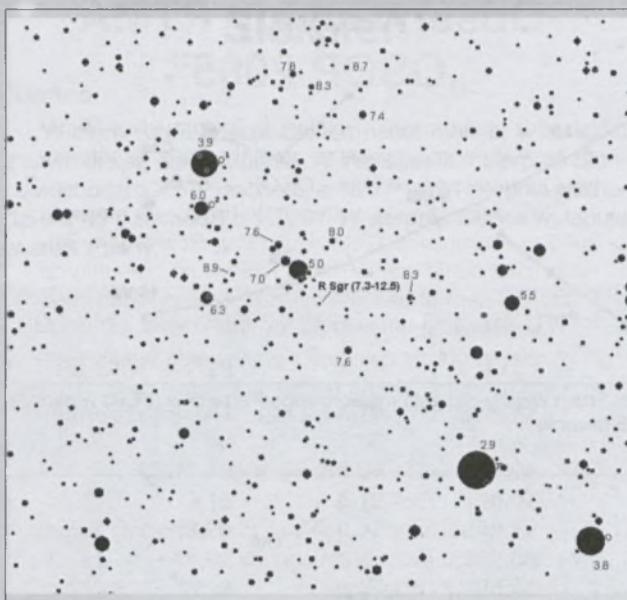
Rys. 6. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Persiedów (PER) w okresie od 15 lipca do 25 sierpnia



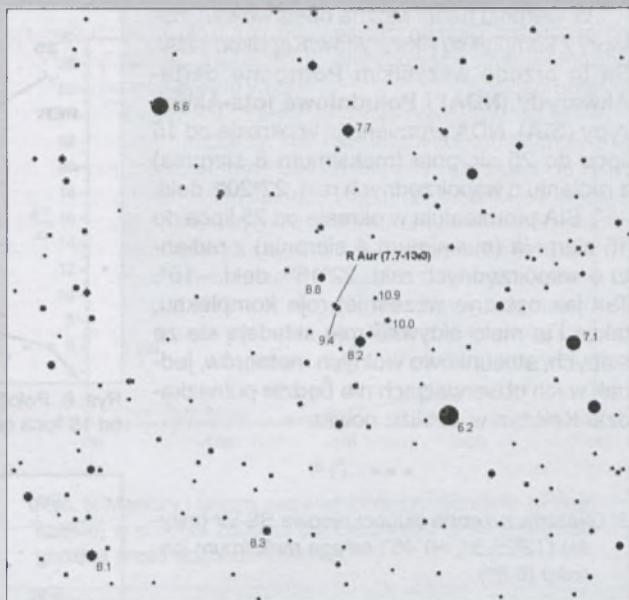
Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych: południowych i północnych delta Akwarydów (SDA i NDA) i Kaprikornidów (CAP) w okresie od 10 lipca do 25 sierpnia



Rys. 8. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych: południowych i północnych iota Akwarydów (SIA i NIA) i Pisces Austrinidów (PAU) w okresie od 15 lipca do 30 sierpnia



Rys. 9. Mapa gwiazdozbioru Strzelca do obserwacji gwiazdy zmiennej R Sgr ($19^{\text{h}}16^{\text{m}}41,7^{\text{s}}$, $-19^{\circ}18'25''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6° , północ w górze)



Rys. 10. Mapa gwiazdozbioru Woźnicy do obserwacji gwiazdy zmiennej R Aur ($5^{\text{h}}17^{\text{m}}17,7^{\text{s}}$, $+53^{\circ}35'11''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 2° , północ w górze)

18^d09^h Złączenie Merkurego z Saturnem w odł. 6° .

18^d20^h50^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

19^d03^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł. 5° .

20^d11^h Minimalna libracja Księżyca ($5,0^{\circ}$) w kierunku Mare Humboldtianum (zaciemnione).

20^d13^h Złączenie Urana z Księżykiem w odł. 3° .

22^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aur (miryda) ($5^{\text{h}}17,3^{\text{m}}$, $+53^{\circ}35'$) osiąga maksimum jasności ($7,7^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2002].

22^d Gwiazda zmienna długookresowa W Cet (miryda) ($0^{\text{h}}02,1^{\text{m}}$, $-14^{\circ}41'$) osiąga maksimum jasności ($7,6^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2002].

23^d00^h45^m Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 150° .

23^d23^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 18° .

25^d01^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odł. 5° .

27^d01^h Maksymalna libracja Księżyca ($8,8^{\circ}$) w kierunku Mare Australe (zaciemnione).

29^d00^h27^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

30^d02^h26^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

31^d01^h Odkrycie gwiazdy 4 Cnc ($6,3^{\text{m}}$) przy ciemnej części zbliżającego się do nowiu Księżyca, widoczne w całej Polsce (Krosno 01^h12^m — Gdańsk 01^h18^m).

31^d19^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 4° .

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 Księżykiem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ścieżor

Z PTMA na zaćmienie Słońca!

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii planuje zorganizować dla członków PTMA autokarową wyprawę obserwacyjną na całkowite zaćmienie Słońca do Turcji w dniu 29 marca 2006 r.

Orientacyjny całkowity koszt wyjazdu (tzn. przejazd, noclegi, wyżywienie, ubezpieczenie) na dzień dzisiejszy wynosi ok. 1500 zł.

Przybliżony czas trwania wynosi w każdym 9–12 dni (w planie „po drodze” także zwiedzanie atrakcji turystycznych). Prosimy o wstępную deklarację uczestnictwa i przesłanie jej listownie na adres

Oddział Krakowski PTMA
ul. Miodowa 13/35
31-055 Kraków

w terminie do dnia 30 czerwca 2005 r. z dopiskiem „Zaćmienie”.

dokonanie ze s. 98. wym urządzeniu do robienia odbitek. Oba zdjęcia przyciemnione i nieznacznie zwiększone im kontrast. Ciemne, prawie poziome linie to przewody wysokiego napięcia.

Moje polowania na najcieńsze sierpy nie ograniczają się tylko do Księżyca. Wszystko zaczęło się kilka lat temu, gdy zobaczyłem Wenus na jakieś dwa dni przed dolną koniunkcją. W niewielkim powiększeniu starego teodolitu wyglądała jak cienki półokrąg z kilkoma wyraźnymi jasnymi grudkami – nierówności pokrywy chmur! Zdałem sobie wówczas sprawę, że mieszkając w dużym mieście, mogę skupić się na jasnych obiektach, rejestrując rzadkie zjawiska z ich udziałem.

Hm... jaki najcieńszy sierp jeszcze by tu zobaczyć... może Merkury?

Pozdrowienia

Marcin Wutkowski

Red.: Gratulujemy pasji, dziękujemy za nadesłane zdjęcia i życzymy powodzenia.

Prof. Andrzej Woszczyk
Centrum Astronomiczne

Proszę o zbadanie i ewentualne potwierdzenie próbki prawdopodobnie meteorytu, który znalazłem na placu przed swoim blokiem. Ów kamień z nieba spadł na ziemię

9.01.1999 r. ok. godz. 21.00. O tej porze szykowałem sobie kolację i usłyszałem dość mocne i głucho pacnięcie. Po godzinie lub dłużej wyszedłem na plac szukać ewentualnej przyczyny owego uderzenia. Po jakimś czasie w zagłębiu ziemi znalazłem kamień wielkości średniej pięści. Kamień ten przeleżał w piwnicy 6 lat i dopiero po serii programów w telewizji przypomniałem sobie o nim, i postanowiłem przesłać jego próbkę do Centrum Astronomicznego. Według moich spostrzeżeń może to być kamień z Marsa.

Z wyrazami szacunku i poważania

Jacek Gryz
Starachowice

Red.:

Szanowny Panie,

Dziękujemy za przesyłanie nam próbki „meteorytu”, który Pan znalazł. Według naszej „amatorskiej” znajomości spraw meteorytycznych nie widzimy, ani w fotografach, ani w próbce, żadnych wskazówek, które miałyby świadczyć o meteorytowym pochodzeniu tego materiału. Nie ma on cech świadczących o przejściu przez atmosferę (brak skorupy obotpieniowej) ani własności magnetycznych. Znawca meteorytów, dr A. Pilski z Fromborka, po obejrzeniu przesyłanej próbki, skwitował ją krótkim stwierdzeniem: piaskowiec z planety Ziemia.



Obóz Szkoleniowo- -Obserwacyjny PTMA „OSOP 2005”

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na piąty Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2005”.

Obóz odbędzie się w dniach 28 lipca — 8 sierpnia 2005 w schronisku „Cicha Dolina” w Roztokach Górnego (zachodnia część Bieszczadów, na południe od Cisnej). 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 są przewidziane wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii. Planowane są także wycieczki turystyczne po Bieszczadach.

Przewidywany koszt obozu to około 295 zł. Kwota ta obejmuje:

- nocleg w schronisku (należy wziąć własne śpiwory)
- transport z Krakowa (cena transportu zależy od liczby uczestników)
- ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik Obozu zapewnia we własnym zakresie. Można skorzystać ze stołówki schroniska, co jednak podnosi koszty.

Organizatorzy Obozu zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą ilość teleskopów, jednakże mili 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.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwierdzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby zakwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym terminem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2005. Osoby zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w terminie do tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia.

Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować bezpośrednio do kierownika Obozu, dra Sławomira Stachniewicza, najlepiej przez e-mail (Slawomir.Stachniewicz@ifj.edu.pl) lub telefonicznie: tel. kom. 0504 836 142.

Owen Gingerich, *Książka, której nikt nie przeczytał*

przeł. Jarosław Włodarczyk, Amber 2004, s. 271, format: 15×21cm, twarda okładka w obwolucie, ISBN: 83-241-1783-0

Od czasu polskiego wydania *Książki, której nikt nie przeczytał* (Amber, 2004) napisano już bardzo wiele recenzji oraz komentarzy wysoko oceniających tę pozycję, którą bardzo entuzjastycznie przyjęto na rynku księgarskim. Jest to całkowicie uzasadnione, ponieważ temat okazał się niezwykle frapujący, zwłaszcza dla polskiego czytelnika. Rzec bowiem dotyczy *De revolutionibus orbium coelestium* Mikołaja Kopernika. Dzieło to w polskiej literaturze było i jest uważane za początek rewolucji naukowej i światopoglądowej. Było ono również wyrazem odrodzenia intelektualnego w Polsce i Europie.

Zainteresowania Owena Gingericha, znanego astrofizyka amerykańskiego, który od przeszło 30 lat zajmuje się historią nauki (astronomii), dziełem Mikołaja Kopernika były związane z 500. rocznicą urodzin naszego wielkiego roduka i zainspirowane kontrowersyjnym stwierdzeniem Arthura Koestler, autora książki pt. *The Sleepwalkers. A History of Man's Changing Vision of the Universe* (1959), (polskie wydanie *Lunatycy*, Zysk i S-ka, Poznań 2002). A. Koestler w części trzeciej, poświęconej Kopernikowi, w podrozdziale zatytułowanym „*Książka, której nikt nie przeczytał*” pisze, że „*O obrotach sfer*

niebieskich to najgorzej sprzedająca się książka w historii ludzkości”. Motywem podjęcia przez Owena Gingericha badań w tym zakresie była chęć sprawdzenia, czy „Koestler mógł mieć rację”. Sugestia Koestlera, publicysty — pisarza XX w., członka Royal Astronomical Society, nie są tak zupełnie bezpodstawne. Dziś, niestety, zdarzają się przypadki cytowania prac wielkich mistrzów, których cytujący nie czytali. W roku 2005 ogłoszonym przez UNESCO „Rokiem Fizyki — Rokiem Einsteina” można się zastanawiać, ilu współczesnych przeczytało oryginalne prace twórców mechaniki kwantowej M. Plancka, E. Schroedingera czy W. Heisenberga. Ile osób zapoznało się z pracami Einsteina?

W recenzowanej książce Owen Gingerich pokazuje, że sugestie A. Koestlera nie mają zastosowania do dzieła Kopernika. Żeby to udowodnić, Owen Gingerich poświęcił ponad 30 lat badaniom naukowym. W poszukiwaniu egzemplarzy pierwszego i drugiego wydania książki Kopernika dotarł do wielu bibliotek w całej Europie, Ameryce Północnej i Azji. W wyniku tych poszukiwań powstał „An Annotated Census”, spis z komentarzami, 600 starodruków pierwszego i drugiego wydania *De revolutionibus orbium coelestium*. Powstała również publikacja popularnonaukowa pt. *Książka, której nikt nie przeczytał*, w której Gingerich przedstawił swój dorobek tego okresu działalności badawczej w sposób zbeletyzowany. Książka ta jest bardzo interesująca, barwne połą-

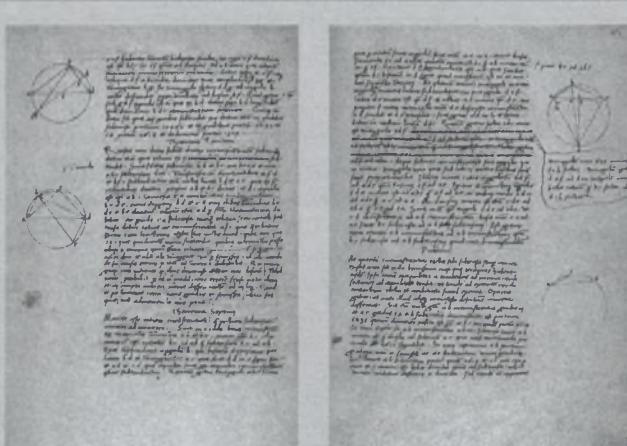
czenie powieści sensacyjnej z niezwykle interesującym opisem warsztatu badawczego historyka nauki. To wszystko dodatkowo przeplatane jest licznymi anegdotami i informacjami o „życiu” starodruków, przedstawione oczyma cennego eksperta antykwariuszy i rzeczników sądowych.



W książce Owena Gingericha możemy znaleźć wiele informacji o działalności wielkich znanych oraz mniej znanych uczonych XVI w., astronomów epoki odrodzenia. Galileusz, Joachim Retyk, Erazmus Reinholt, Tycho de Brahe, Johann Kepler, Michael Maestlin, biskupi z watykańskiej Kongregacji Indeksu i inni, bardzo uważnie studiowali dzieło Kopernika, o czym świadczą liczne notatki (marginalia), które sporządzali na marginesach swoich egzemplarzy. Możemy także dowiedzieć się, jak powstawały książki w XVI w., jaka wówczas była ich wartość i jaką osiągają dziś na aukcjach antykwarskich.

To talent pisarki Owena Gingericha sprawił, że *Książkę, której nikt nie przeczytał* czyta się z wielkim zainteresowaniem, „jednym tchem”. Pozycja jest godna polecenia, w szczególności wszystkim pracownikom instytucji noszących imię wielkiego polskiego astronoma, ponieważ daje obraz społeczności uczonych w wieku XVI oraz jest wyjątkowym przykładem rzetelnych badań.

Stanisław Łęgowski



W zbiorach specjalnych Biblioteki Jagiellońskiej dostępnych on-line znajduje się autograf dzieła Mikołaja Kopernika „*De revolutionibus*”. Jego dostępny na stronach WWW pod adresem: www.bj.uj.edu.pl/bjmanus/revol/titpg_p.html

Michael Stearns i jego muzyka

Sam zastanawiam się, jak to się stało, że w tym miejscu nic jeszcze nie napisałem o twórczości tego człowieka. Tym bardziej że jego muzyczny dorobek to parędziesiąt albumów czasami bardzo „kosmicznej” muzyki, a komercyjny sukces to miliony sprzedanych płyt. I choć czasy swej świetności ma już chyba za sobą, podobnie jak czasy popularności tego rodzaju muzyki, wciąż jednak tworzy i jest wierny obranemu kierunkowi. Jego muzyka towarzyszyła programom Amerykańskiej Narodowej Agencji Kosmicznej, pokazom laserowym, spektaklom planetarnym i teatralnym, filmom fabularnym i popularnonaukowym, w szczególności tym o planecie Ziemia i Kosmosie. To, co ją wyróżnia, to niesamowite brzmienie, gdzie czas i przestrzeń zostały prawdziwie zaklęte w dźwięki.

Michael Stearns, bo o niego właśnie chodzi, jest uznawany przez wielu za najlepszego amerykańskiego twórcę muzyki syntezatorowej. Swoją muzyczną przygodę zaczął w latach 60., grając na rockowej gitarze i eksperymentując z jazzem. Pierwsze utwory elektroniczne stworzył w roku 1968 w czasie studiów, jednak pierwsza solowa płyta pt. „Ancient Leaves” ukazała się dopiero w 1977 r. Piękne, głębokie przestrzenne brzmienia syntezatorowe wypełniają płytę „Planetary Unfolding” z roku 1980, jednak serca (czy raczej

uszy) miłośników el-muzyki na całym świecie podbił albumem „Encounter” z roku 1988, na którym przedstawił swoje dźwiękowe impresje na temat kontaktu człowieka z przybyszami z Kosmosu.



www.michaelstearns.com

Później przyszedł czas na kompozycje poświęcone najwspanialszym miejscom na naszej Błękitnej Planecie, w których Stearns wspaniale łączy brzmienie instrumentów elektronicznych z głosami ludzkimi, odgłosami natury i dźwiękami instrumentów akustycznych. *Utwory tego kompozytora to prawdziwa uczta dla uszu. Spokojne kompozycje pozwalają odprężyć się i całkowicie zanurzyć w muzyce, która zdaje się dochodzić ze wszystkich stron* — pisze w recenzji składankowego albumu „Sacred Site” redaktor jednego z internetowych portali muzycznych.

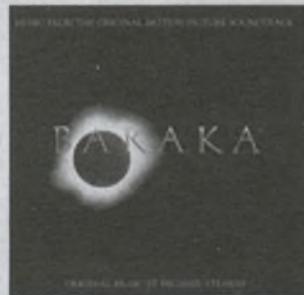
Muzyczną wrażliwość i wyobraźnię Michaela Stearnsa docenił Ron Fricke,

autor monumentalnych obrazów filmowych pokazujących globalny portret Ziemi (*Baraka*) czy wpływ czasu (*Chronos*). Jego muzyka często ilustruje przestrzenne obrazy tworzone w technologii trójwymiarowego kina IMAX.

Od wielu lat prowadzi w Santa Fe własne studio nagraniowe (*Earth Turtle Studio*), specjalizujące się w tworzeniu wielokanałowych przestrzennych podkładów dźwiękowych na potrzeby różnych firm. M.in. tworzył ścieżki dźwiękowe do takich znanych obrazów, jak „Powrót do przeszłości”, „Star Trek” czy do zrealizowanego w technologii IMAX filmu „Sensacyjna podróż. Teoria rozrywki”, w którym legendarny astronauta Neil Armstrong gra samego siebie.

Zainteresowanych pełnym dorobkiem Michaela Stearnsa zapraszam do odwiedzenia jego internetowej witryny pod adresem www.michaelstearns.com — można tam również usłyszeć próbki jego bogatej twórczości.

Jacek Drągowski



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

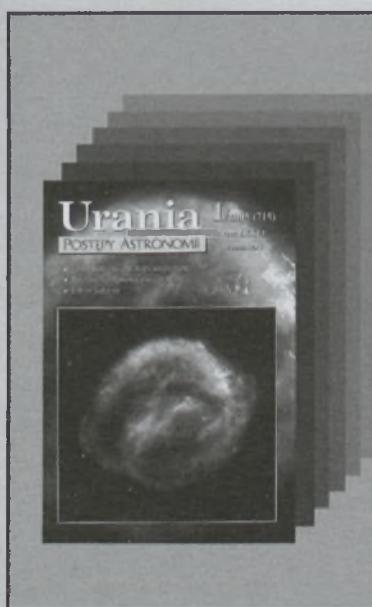
Prenumerata na rok 2005 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 11602202000000055305241

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

Piotr Wąż
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

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



Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 1/2005 jest hasło:
„DEKADA RADIOTELESKOPU”.

Nagrody książkowe wylosowali: **Bartek Dzik** z Trepczy i **Lech Falandysz** z Gdańska. Gratulujemy.

Nagrody wyślemy pocztą.

1. Autor *Mathematica Syntaxis*
2. Nietrwałe cząstki z grupy barionów o dużej masie
3. Astronom, były Minister Edukacji Narodowej RP
4. Aktualny prezes PKiM
5. Wszystko, co istnieje
6. Efekt, którym zajmował się prof. Głębski w swojej pracy magisterskiej
7. Światło widoczne w postaci poświaty wzduż ekleptyki
8. Satelita Idy
9. Baron, który poszukiwał planety między Marsem a Jowiszem
10. Satelita, który ma wykryć promieniowanie halo ciemnej materii
11. Nazwa hipotetycznej planety między Marsem a Jowiszem
12. Obliczył pozycję Urana
13. Kierownik grupy odkrywców TrES-1
14. Przejście, np. planety przed gwiazdą
15. Rój z radiantem w Koziorożcu
16. Zjawisko polegające na rozszczepieniu poziomów energetycznych w zewnętrznym polu magnetycznym
17. Stali goście na letnim niebie
18. Twierdził, że Ziemia w środku jest płynna

Hasło będące rozwiązaniem obecnej krzyżówki utworzą litery z zaznaczonych kratek.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie książki o tematyce astronomicznej. Na rozwiązania cze-

kamy do końca czerwca br. Osoby nie będące prenumeratormi „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

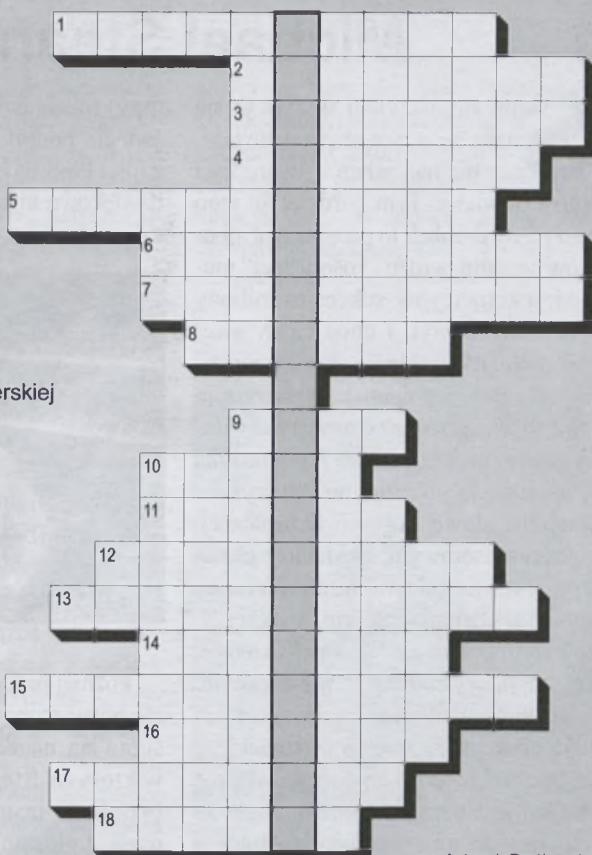
Słowa kluczowe do odnalezienia hasła w krzyżówce z „Uranii-PA” 1/05:

1. Londona, 2. Huygens, 3. żyroskop, 4. Tarantula, 5. Nordvedta, 6. Canaveral, 7. Masursky, 8. Adrastea, 9. Niedźwiady, 10. Wirginidy, 11. CONTOUR, 12. Einstein, 13. Aldebaran, 14. akcelerometr, 15. Arecibo, 16. Szyszka, 17. Bujakowski, 18. monitorowanie, 19. Kepler, 20. Saturn.

Ciekawe strony internetowe...

Dzisiaj trochę radioastronomii. Właśnie w tym roku mija 50. rocznica odkrycia promieniowania radiowego Jowisza (odkrycia przypadkowego — podobnie jak w przypadku mikrofalowego promieniowania tła). Jego autorami byli Bernard Burke i Kenneth Franklin. Swoją pracę opublikowali w kwietniu 1955 r. Ich odkrycie otworzyło nowe okno obserwacyjne dla badania Układu Słonecznego. Okazało się, że podobne promieniowanie radiowe (związane ze złożonymi oddziaływaniami fal i cząstek w plazmie magnesfer planetarnych) wysyłają wszystkie planety Układu Słonecznego posiadające własne pole magnetyczne, w tym Ziemia. W ostatnim czasie pojawiło się kilka prac rozważających możliwość zaobserwowania analogicznego promieniowania radiowego planet znajdujących się w pozasłonecznych układach planetarnych. Ale wróćmy na Ziemię i poszukajmy adresu <http://radiojove.gsfc.nasa.gov/>. Jej autorzy proponują „własnoręczną” obserwację Jowisza na częstotliwości 20,1 MHz przy pomocy prostego układu antenowego i odbiornika. Zestaw potrzebny do konstrukcji urządzenia można kupić za 155 dolarów (do tego trzeba dodać koszty przesyłki — do Polski kosztuje to dodatkowe 29 dolarów). Ale autorzy projektu nie poprzestają jedynie na poziomie oferty sprzedaży sprzętu. Projekt „Radio JOVE” istniejący już od 7 lat obejmuje też instrukcje obserwacji i analizy danych. Co może być bardzo ważne dla wielu spośród naszych czytelników, do uczestnictwa w projekcie nie jest konieczne kupno czy posiadanie sprzętu obserwacyjnego. Obecnie jest możliwy dostęp do około 3000 zapisów obserwacji — dane są dostępne pod adresem <http://jovearchive.gsfc.nasa.gov/index.html> w postaci wykresów, ale też plików dźwiękowych. Można je potem analizować za pomocą prostego oprogramowania, również dostępnego pod pierwszym adresem. Możliwy jest też dostęp w czasie rzeczywistym do obserwacji Jowisza w pasmie 18–28 MHz przeprowadzonych z pomocą prostych radioteleskopów na Florydzie i Hawajach — pasmo podzielone jest na 200 częstotliwości. Te dane są również archiwizowane. O projekcie „Radio JOVE” postaram się napisać więcej w jednym z najbliższych numerów naszego pisma.

(rs)



Autor: J. Drążkowska

Galeria Uranii



Obok: kometa Machholza sfotografowana przez Mariusza Świętnickiego ze Żrécina. Zdjęcie wykonane 9 stycznia br. w ognisku głównym refraktora 65/400, na filmie Fuji Superia x-TRA 400, czas eksp. 15 min.



Po prawej, wspomnienia sprzed roku, czyli jak obserwowali przejście Wenus przed tarczą Słońca członkowie Radziejowskiego Koła Astronomicznego „Cygnus”. Na zdjęciu, od lewej: Leszek Rożniakowski, Krzysztof Wątrobicz, Krzysztof Jędrzejewski i Tomasz Lisiecki. W ekipie znajdowali się również Rafał Wojciechowski i Jan Zwoliński. Patrząc na drugie zdjęcie, można rzec, iż Słońce i Wenus widoczne były dosłownie „jak na dłoni” (godz. 12.20)

Niżej, dwa obrazy zaćmionego Księżyca, również z maja 2004 r., wykonane przez tę samą ekipę z Radziejowa. Użyto teleskopu Uniwersał 150/900. Obrazy były rzutowane na ekran



zaćmienie częściowe, godz. 21.00



zaćmienie całkowite, godz. 22.01

ISSN 0032-5414

Galeria
Uranii



Zdjęcie wykonane 19 marca br. aparatem cyfrowym Canon EOS 300D przez refraktor Takahashi TOA130 (średnica 130 mm efektywna ogniskowa 1600 mm). Ekspozycja 1/125 s przy ISO200 w trybie RAW. Obróbka komputerowa w programie Adobe Photoshop. Fot. Paweł Łaricucki

Urania

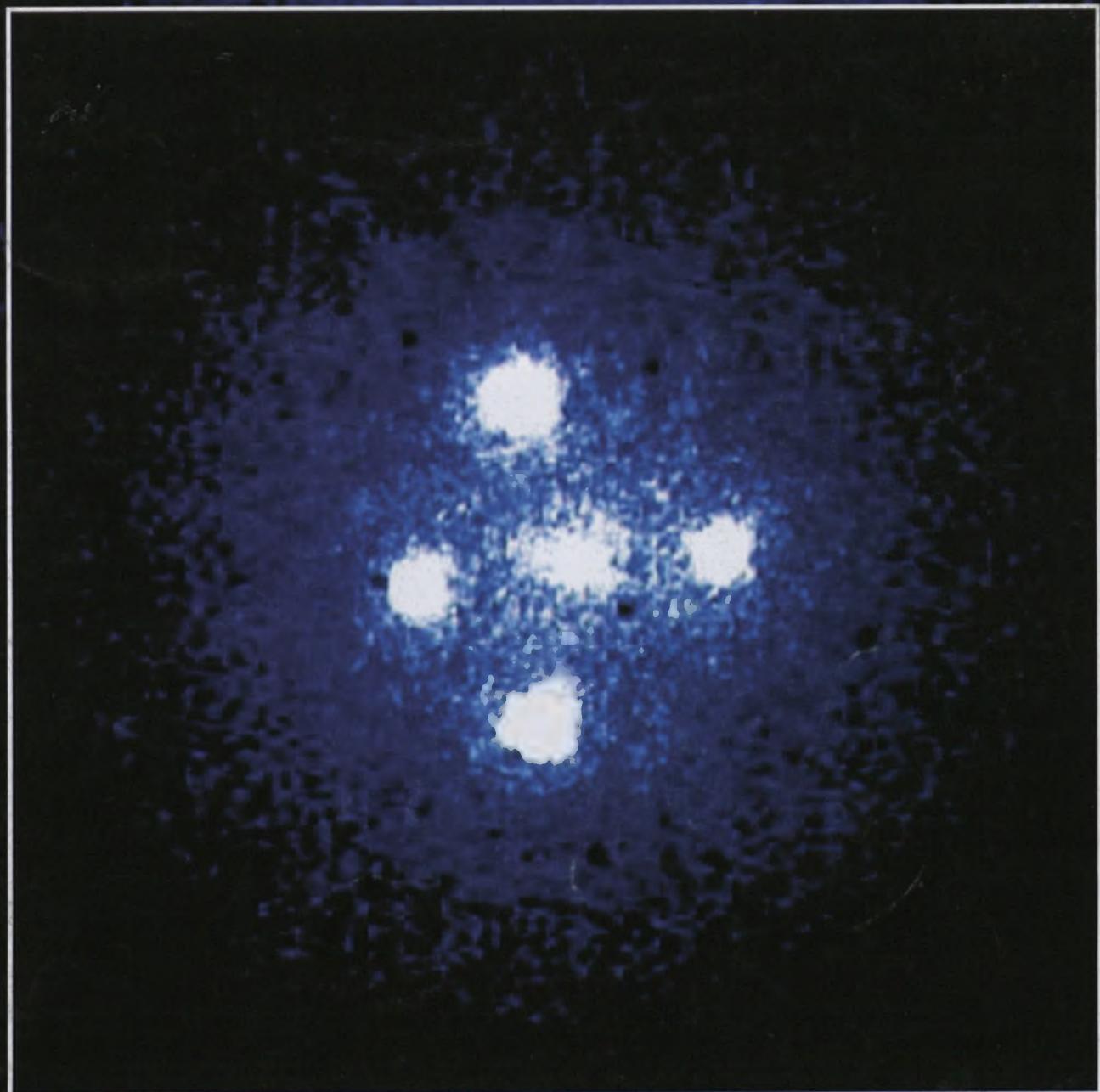
4/2005 (718)

tom LXXVI

lipiec—sierpień

POSTĘPY ASTRONOMII

- Kwazary — obiekty wczesnego Wszechświata
- Granice Układu Słonecznego
- Podwójny pulsar J0737-3039
— fascynujące laboratorium fizyki



Final XLVIII Olimpiady Astronomicznej w Chorzowie



Uczestnicy XLVIII Olimpiady Astronomicznej w trakcie wykonywania zadań finałowych



Pamiątkowe zdjęcie uczestników uroczystości zakończenia XLVIII Olimpiady Astronomicznej w holu Planetarium Śląskiego

Fot. Weronika Sowa

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Najbardziej odległe obiekty Wszechświata, krańce Układu Słonecznego i niezwykły układ dwóch pulsarów są przedmiotem pogłębionych nieco rozważań w bieżącym numerze naszego pisma.

Kwazary, mimo że minęło już 40 lat od ich odkrycia, kryją wciąż wiele tajemnic. Astronomowie wkładają wiele wysiłku w budowę nowych teleskopów i koncepcji teoretycznych, aby lepiej poznać i zrozumieć te ciała, które są dla nas kluczem poznania początkowych stadiów życia Wszechświata. Problem ten stara się nam przybliżyć pani Bogna Pazderska.

Gdzie są granice Układu Słonecznego? Co znajduje się na krańcach naszej rodziny planetarnej? Co to jest Pas Kuipera? Czy chmura Oorta jest zewnętrzną otoczką utrzymywana przez grawitację Słońca? To pytania, na które szuka odpowiedzi artykuł Arkadiusza Musieliskiego.

Agnieszka Słowikowska przybliża nam problemy współczesnej fizyki relatywistycznej, które mogą być testowane w naturalnym laboratorium kosmicznym, jakim jest niedawno odkryty układ podwójny pulsarów J0737-3039. Znamy tylko 6 takich układów. 30 lat temu odkrycie i badanie podwójnego pulsara PSR B 1913+16 nie tylko sprawdziło wnioski ogólnej teorii grawitacji Einsteina, ale też potwierdziło istnienie hipotetycznych fal grawitacyjnych. Stało się podstawą przyznania Nagrody Nobla dla autorów tych badań — Taylora i Hulse'a (1992). Jakie wyniki przyniesie nam badanie omawianego układu podwójnego pulsarów?

W Rozmaitościach donosimy o wielu nowych odkryciach i wydarzeniach. Cieszymy się, że możemy pisać o odkryciu najdalszej planety pozasłonecznej przez zespół, w którym wiodącą rolę grali polscy astronomowie, i zjawisko mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Zjawisko to jest też trochę „polskie”, bo to profesor Bohdan Paczyński 20 lat temu „rozpracował” je i zaproponował wykorzystanie do poszukiwania ciemnej materii (brązowych karłów, planet itp.) we Wszechświecie. W zespole odkrywców tej planety byli też młodzi miłośnicy astronomii z Nowej Zelandii. Grupa kanadyjskich miłośników astronomii wygrała konkurs na program obserwacyjny na 8-m teleskopie Gemini i przeprowadziła tym teleskopem wnikliwe badania matecznika gwiazdowego wokół gwiazdy RY Tau. Piszemy o tym, aby pokazać, jak wielkie możliwości mają współczesni miłośnicy astronomii. Innym obszarem narodzin gwiazd, i to gwiazd bardzo masywnych, o którym mówimy w tym zeszycie, jest obszar N 214 w Wielkim Obłoku Magellana. To bardzo ciekawy obszar. Niezwykle interesującym obiektem wielkoskalowej struktury Wszechświata jest gromada galaktyk, która okazała się najbardziej odległą gromadą, jaką znamy. Sonda kosmiczna Voyager 1 po 20 latach wędrówki dotarła do granic heliosfery — odnotowujemy to niezwykle wydarzenie. Ale „kosmiczna” działalność człowieka ma też inny aspekt — pozostawia po sobie mnóstwo śmieci — jest ich naprawdę bardzo dużo!

Publikujemy sprawozdanie z konkursu Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu i z Olimpiady Astronomicznej w Chorzowie. Oba te konkursy mają kilkudziesięcioletnią tradycję i dobrze służą rozwijaniu zainteresowań astronomicznych polskiej młodzieży. W trosce o dobre kształcenie młodzieży polskiej Andrzej Branicki, nauczyciel akademicki z Uniwersytetu w Białymostku kształcący na co dzień przyszłych nauczycieli fizyki i astronomii, napisał książkę *Obserwacje i pomiary astronomiczne* dla studentów, uczniów i miłośników astronomii. Z tej książki pochodzi, trochę skrócony, opis jednego z zadań obserwacyjnych, który w tym zeszycie przytaczamy.

Podobnie jak zawsze mamy Galerię obiektów NGC Dariusza Graczyka, wskazanie najciekawszych obiektów Wiesława Skórzyńskiego oraz Kalendarzyk astronomiczny Tomasza Ściążora. Ten Autor przypomina nam o wydarzeniu, które nastapi w pierwszej połowie lipca — ziemska pojazd będzie strzelał do komety — czy kometa 9P/Tempel 1 przeżyje ten ostrzał? To koniecznie trzeba zobaczyć!

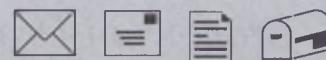
Trzeba też zobaczyć wystawy, na które jesteśmy zaproszeni do Fromborka, posłuchać muzyki Jonna Serrie, do czego zachęca Jacek Drążkowski i zatrzymać się na Ciekawe strony internetowe. I nie można zapomnieć o konkursie na najciekawsze zdjęcie obiektów letniego nieba, który w tym numerze ogłaszamy.

Życzę Państwu przyjemnej lektury i pogodnego, wakacyjnego, nieba.



fot. A. Dauksza-Wiśniewska

Toruń, w czerwcu 2005 r.



Szanowna Redakcjo,

Chciałbym przedstawić prototypową wersję przenośnego, kieszonkowego zegara słonecznego. Przy jego budowie kierowałem się dostępnością materiałów, prostotą konstrukcji, niskimi kosztami wykonania oraz funkcjonalnością.

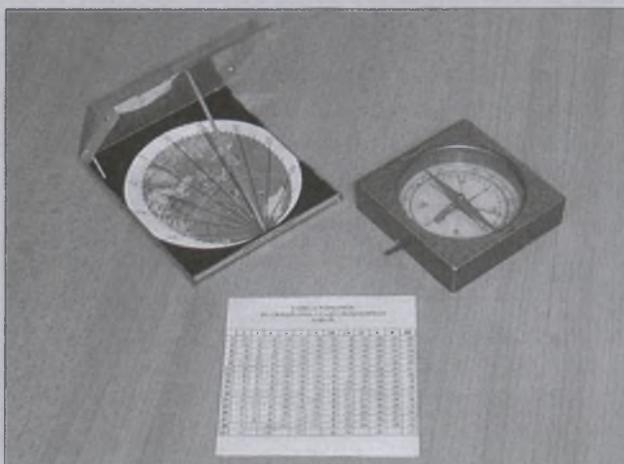
Zegar składa się z wyskalowanej tarczy z mapką Europy, na którą rzutowany jest cień wskaźnika. Na spodzie pudelka narysowano wykres poprawek i mapkę Polski. Wykres umożliwia wyznaczenie poprawki zależnej od daty odczytu a wynikającej z różnicy czasu słonecznego średniego i czasu słonecznego prawdziwego. Z mapki Polski określamy poprawkę zależną od miejsca dokonywania odczytu. Zegar umożliwia odczyt aktualnego miejscowego czasu słonecznego prawdziwego. Można również wyznaczyć czas słoneczny średni oraz czas urzędowy, a także określić miejsce aktualnego górowania Słońca.

Z powodzeniem może stać się pomoc dydaktyczną w zrozumieniu pojęć czasu słonecznego prawdziwego, czasu słonecznego średniego oraz czasu urzędowego. Można go łatwo zabrać ze sobą na wycieczkę, na obóz, na działkę a także ustawić w szkole, domu a nawet w pracy.

Grzegorz Górecki
Mikołów

Szanowna Redakcjo,

Jestem nauczycielem fizyki i astronomii w XX Liceum Ogólnokształcącym w Gdańsku. Prenumeruję „Uranię” i wykorzystuję zawartą w niej wiedzę



Zegar słoneczny wykonany przez Grzegorza Góreckiego

na lekcjach szkolnych. W „Urani” 2/2005 na s. 59 w tabeli zawierającej dane o księżycach Saturna zauważylem pewną nieprawidłowość, która jest z pewnością spowodowana mylką.

Im większa jest półos orbitę księżyca, tym dłuższy powinien być okres obiegu wokół planety. Tymczasem księżyc Mundifari ma podany krótszy okres obiegu niż księżyc poprzedni – 2003 S1. Stosując 3 prawo Keplera dla tych dwóch księżyków obliczyłem, że Mundifari powinien mieć okres obiegu równy 956,42 doby (w tabeli jest 951,56).

Jako dane podstawiłem do wzoru: wielką półos i okres obiegu satelity 2003/S1 oraz wielką półos Mindifari.

Wykonując dalej takie obliczenia dla różnych par satelitów, uzyskałem część wyników zgodnych z tabelą i również wyniki niezgodne z tabelą. Dotyczy to również niektórych księżyków od dawna już znanych, np. Hyperiona i Japetusa. Te niezgodności mogą wynikać z pomylek w odległościach satelitów lub okresach obiegów, albo jedno i drugie. Tak mogło być, gdy okresy obiegów oblicza się, korzystając z pomiarów odległości satelitów od planety oraz z 3 prawa Keplera. Mogę się tu mylić, ponieważ nie jestem zawodowym astronomem i nie są mi dobrze znane metody badawcze. Nie wiem, czy rozbieżności te wynikają z niepewnością pomiarowych odległości.

Proszę uprzejmie o sprawdzenie wszystkich danych o księżycach Saturna i przysła-

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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”. Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

nie mi tabeli z poprawionymi danymi, które chcę też wykorzystać w szkole.

Z wyrazami szacunku

Lech Falandysz

Gdańsk

Odp. red.: Aby oszacować okres obiegu ciała krążącego pod

wpływem siły grawitacyjnej opisanej prawem Newtona najlepiej posłużyć się wzorem na ruch średni ($n = \sqrt{G(M+m)/a^3}$), G – stała grawitacji, M – masa ciała centralnego, m – masa satelity, a – wielka półos orbitby).
dokończenie na s. 182.

Pałucko-Pomorskie Stowarzyszenie Astronomiczno-Ekologiczne „GRUPA LOKALNA”

oraz

Urząd Miejski w Czarnej Białostockiej
Stowarzyszenie „Centrum Aktywności Lokalnej”
PTMA Białystok

Zapraszają na

IX Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii

OZMA 2005

Termin: 11–14 sierpień 2005. Miejsce: wieś NIEMCZYN, 25 km od Białegostoku. Zakwaterowanie: Tylko własne namioty lub przyczepy kemp. Koszt: TYLKO 50 zł.

Organizatorzy zapewniają: 2 ciepłe posiłki, tradycyjne kiełbaski przy ognisku, okolicznościowe koszulki, doskonałe warunki obserwacyjne (smolistoczarnie niebo), czyste i przepiękne okolice, wspaniałą zabawę i atmosferę.

Temat przewodni zlotu: „KOMETY – CIAŁA TAJEMNICZE”. Tradycyjnie będą przyznawane nagrody za astrofotografię, sprzęt i inne dokonania. Ponadto konkursy, prelekcje, wykłady i obserwacje (Perseidy!). Dla każdego z uczestników możliwość zaprezentowania swoich dokonań z zakresu astronomii. Ze względu na doskonałe warunki obserwacyjne zabieramy swoje teleskopy!

Szczegółowe informacje: www.ozma.astronomia.pl

Zgłoszenia prosimy kierować do 31 lipca 2005 najlepiej pocztą elektroniczną na adres: wburzynski@poczta.onet.pl, można także telefonicznie: 0 694173399, lub na adres pocztowy: Wojciech Burzyński ul. Sosnowa 3, 16-020 Czarna Białostocka

Zgłoszenia można też przesyłać na adres: zdzih.photo@wp.pl, tel. 0508 29 55 88

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało z połączenia się „Uranii” — dotyczącego miesiącnika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząca numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CAMK Toruń

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:

Jacek Drążkowski

Korekta:

Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomii
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81

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

Adres WWW:

<http://urania.pta.edu.pl>
<http://urania.camk.edu.pl>

Druk:

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:

Piotr Wąż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2005 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w czerwcu roku 2005

* 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 *Kwazary — obiekty wczesnego Wszechświata*

Bogna Pazderska

Odkryte w 1931 r. promieniowanie radioowe ciał niebieskich dało możliwość poznania zupełnie nowych obiektów astronomicznych. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują kwazary — te do dziś tajemnicze obiekty są najdalszymi obserwowanymi przez astronomów ciałami niebieskimi, których zrozumienie daje bezpośredni wgląd w pierwsze chwile życia Wszechświata.

154 *Granice Układu Słonecznego — gdzie są i co się tam znajduje*

Arkadiusz Musielinski

Czy są granice Układu Słonecznego? Krótkutko omówiono rozwój idei i poznawania naszego Układu Słonecznego, by skupić większą uwagę na małych planetach tzw. Pasa Kuipera. Choć jego istnienie sugerowano przeszło 50 lat temu, to odkrycie obiektów tego Pasa jest jedną ze zdobyczy astronomii ostatnich 10-12 lat.

160 *Podwójny pulsar J0737-3039 — fascynujące laboratorium fizyki*

Agnieszka Słowikowska

Jest przeszło 1500 obserwowanych pulsarów radiowych. Kilkadziesiąt z nich posiada gwiazdnego towarzysza, stanowiąc układ podwójny. Ale znamy tylko 6 przypadków, gdzie obie części układu podwójnego są pulsarami. Pierwszym takim układem był pulsar PSR B 1913+16, za którego odkrycie (1974 r.) i badania potwierdzające teorię grawitacji i istnienie fal grawitacyjnych Taylor i Hulse otrzymali w 1992 r. Nagrodę Nobla. Tytułowy pulsar J0737-3039 został odkryty w 2003 r. i stanowi fascynujące laboratorium współczesnej fizyki relatywistycznej.

w kolorze: Mgławica Carina (wkl. II-III); Galeria Uranii (okł. IV)

rozmaistości: Voyager u granic heliosfery (166); Narodziny gwiazdy (167); Obszar N 214 w Wielkim Obłoku Magellana (168); Najdalsza planeta pozasłoneczna (169); Najdalsza gromada galaktyk (170); Śmieci kosmiczne (171)

w kraju: XXI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu (172); 15-lecie Hubble'a w OPIOA (190)

galeria obiektów NGC: NGC 2371/2; NGC 2392; NGC 2403

poradnik obserwatora: Interesujące obiekty: Lew

astronomia w szkole: Wyznaczanie odległości, promienia orbity i rozmiarów Jowisza; XLVIII Olimpiada Astronomiczna zakończona

kalendarz astronomiczny 2005: wrzesień — październik

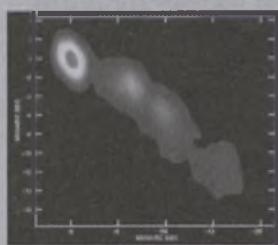
astronomia i muzyka: Krocący z gwiazdami: Jonn Serrie

relaks z Uranią: krzyżówka

ciekawe strony internetowe

NA OKŁADCE

Krzyż Einsteina — tak powszechnie nazywa się soczewkę grawitacyjną Q2237+0305 na cześć twórcy teorii względności, która opisuje m.in. efekt soczewkowania promieniowania przez pole grawitacyjne. Obiekt ten nazywany też jest soczewką Huchry, od nazwiska jego odkrywcy. Tu widzimy czterokrotny obraz kwazaru Q2237+0305. Na drodze promieniowania tego kwazaru znalazła się galaktyka, złożona oczywiście z miliardów gwiazd. Sądzimy, że każdy z czterech obrazów składa się z miliardów mikroobrazów utworzonych przez efekt mikrosoczewkowania kwazaru przez gwiazdy, składniki bliższej galaktyki. Jest to pierwszy obiekt, u którego zaobserwowało się zjawisko mikrosoczewkowania dla zespołu mas punktowych. To zdjęcie wykonał teleskop kosmiczny Hubble'a. Kwazar jest odległy od nas o 400 mln l. św., ogniskująca galaktyka znajduje się w odległości 20 mln l. św., a odległość katowej między obrazami kwazaru to ok. 1,6 sekundy tuku. Pierwszą soczewkę grawitacyjną odkryto w 1979 r. (był to obraz kwazaru Q0957+561). Aż do tego momentu soczewkowanie grawitacyjne uważano za wysoce hipotetyczne.



Ostatnie stulecie charakteryzuje się rozszerzeniem badań na coraz to większe fragmenty widma elektromagnetycznego. Przez wiele wieków znano tylko światło widzialne i choć już w 1800 r. Herschel odkrył podczerwień, to nie mogliśmy oglądać ciał niebieskich w tym zakresie widma. Nasza atmosfera, choć zapewnia nam życie, nie pozwala większości promieniowania z przestrzeni kosmicznej przedostać się do powierzchni Ziemi. Istnieją tylko dwa zakresy fal, które są przez nią przepuszczane. Pierwszym z nich jest światło widzialne, drugim zaś promieniowanie radiowe. Zostało ono odkryte w 1931 r. i dało możliwość poznania zupełnie nowych klas obiektów astronomicznych. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują właśnie kwazarzy. Te tajemnicze obiekty długo nie pozwalały poznać swojej natury, a okazały się najdalszymi obserwowanymi przez nas ciałami niebieskimi, których zrozumienie daje bezpośredni wgląd na pierwsze chwile życia Wszechświata. Zacznijmy jednak od początku...

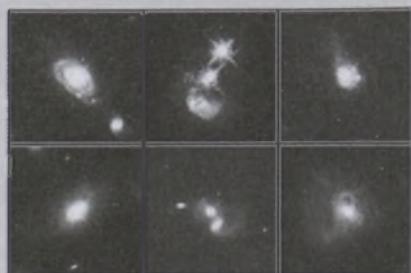
Kwazary — obiekty wczesnego Wszechświata

Historia odkrycia

W roku 1908 A. Fath zaobserwował „mgłowicę spiralną”, której widmo zawierało sześć jasnych linii emisyjnych. Musiało jednak minąć aż 35 lat, by Carl K. Seyfert stwierdził istnienie całej grupy galaktyk posiadających bardzo jasne jądro, widmo generalnie podobne do widma gwiazd, ale „wzbogacone” szerokimi liniami emisyjnymi. Te galaktyki noszą dziś jego imię. Stanowią jedną z grup wchodzących w skład galaktyk o aktywnych jądrach, tzw. AGN-ów.

Sama historia kwazarów zaczęła się w 1960 r. w Jodrell Bank Observatory od badań nad kątowymi rozmiarami wybranych radioźródeł. W pierwszym przeglądzie zbadano ok. 300 źródeł i okazało się, że większość z nich ma rozmiary rzędu 30 sekund łuku. Jednak znaleziono wśród nich ok. 10 obiektów o niezwykle małych rozmiarach, mniejszych niż 1 sekunda łuku. Powstało zatem pytanie, czym są te obiekty. Wśród nich było źródło 3C48, zidentyfikowane już w zakresie optycznym jako obiekt gwiazdopodobny. A. Sandage postanowił przyjrzeć się mu bliżej poprzez badanie jego widma. Okazało się ono bardzo dziwne, w szczególności zawierało silne, szerokie linie emisyjne, których nie potrafiono zidentyfikować i mocno zmieniny blask.

Przyjrzało się również innemu radioźródłu: 3C273. Metody czysto radioastronomiczne nie pozwalały na dokładne określenie jego pozycji na niebie, stąd postanowiono zastosować nową, jak na tamte czasy, metodę wykorzystującą zakrywanie tego obiektu przez Księżyc. Dała ona niezwykle dobre wyniki: położenie 3C273 wyznaczono z dokładnością 1 sekundy łuku. To pozwoliło zidentyfikować obiekt w zakresie optycznym i uzyskać jego widmo. Podobnie jak 3C48 był to obiekt gwiazdopodobny o czterech szerokich liniach emisyjnych w widmie. Tych lini emisyjnych długo nie potrafiono zidentyfikować i zrozumieć. Tajemnicę udało się rozwikłać dopiero Maartenowi Schmidtowi z CALTECH-u, który w 1963 r. rozpoznał w owych liniach charakterystyczną dla wodoru serię Balmera i jedną z linii dwukrotnie zjonizowanego tlenu [OIII], nor-



Rys. 1. Sześć kwazarów wraz z macierzystymi galaktykami. Zdjęcie zrobione przez Hubble Space Telescope

malnie znajdujące się w fioletowej części widma. Te tak dobrze znane linie sprawiły aż tyle problemu, gdyż znajdowały się w zupełnie nieoczekiwanej części widma, co świadczyło o ogromnym — jak na obserwacje z tamtych czasów — przesunięciu ku czerwieni (redshiftie, czyli stosunkowi zmiany długości fali do długości fali laboratoryjnej) $z = 0,158$.

Rozgorzały dyskusje na temat natury tego przesunięcia. Zastanawiano się, czy przyczyną mógłby być efekt Dopplera (przesunięcie linii widmowych wskutek występowania składowej radialnej prędkości własnej ciała), jednak ze statystyki wynikało, że wtedy powinniśmy widzieć o wiele więcej tych obiektów przesuniętych w kierunku niebieskiej części widma, tj. przybliżających się do nas, niż czerwonej, co kompletnie nie odpowiadało późniejszym obserwacjom. Również mógł to być grawitacyjny redshift, związany z ucieczką światła z bardzo dużego pola grawitacyjnego, jakie wytwarzają czarne dziury, ale ten efekt co najwyżej tłumaczyć może małe wartości z . Zostało w końcu tylko kosmologiczne wytlumaczenie: był to efekt rozszerzania się Wszechświata już wcześniej opisany przez prawo Hubble'a. Głosi ono, że prędkość oddalania się obiektów jest proporcjonalna do odległości obiektu od obserwatora. Także późniejsze badania przeprowadzone w 1978 r. przez A. Stocktona nad redshiftami normalnych galaktyk i kwazarów znajdujących się w jednej gromadzie potwierdziły tę tezę (wszystkie obiekty wykazywały porównywalne przesunięcie).

To wszystko oznaczało, że 3C273 oddala się od Ziemi z prędkością 14,6% prędkości światła i obecnie znajduje się w odległości 2 mld lat świetlnych! W ten sposób odpadły wszystkie teorie mówiące, że jest to tylko jedna z 100 mld gwiazd w naszej Galaktyce. Skoro jednak jest tak odległy, a obserwujemy go jako obiekt o jasności ok. 13 mag., jakie musiałaby mieć charakterystyki? Oznacza to, że jest on 100 razy jaśniejszy niż tak wielkie galaktyki jak Droga Mleczna, a jego jasność absolutna jest równa około -26,5 mag. Ponowne spojrzenie na 3C48 pokazało, że to źródło ma jeszcze większy redshift, tj. $z = 0,37$, co i tak było dopiero wstępem do odkrywania najdalszych

znanych dziś obiektów we Wszechświecie.

Kwazary: Quasars — Quasi-Stellar Objects

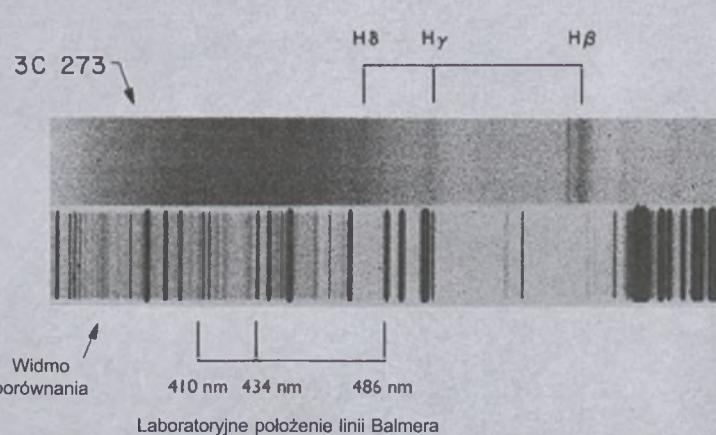
Aby dalej mówić o kwazarach, należałoby najpierw omówić ich charakterystyczne cechy. Obecnie możemy to uczynić, ponieważ obserwujemy ich już wystarczająco dużo. Generalnie są to obiekty podobne do gwiazd i za takie były pierwotnie uważane, jednak ich obserwowane continuum jest szersze. W ich promieniowaniu występuje też pewien nadmiar światła w zakresie ultrafioletowym. Posiadają szerokie linie emisyjne (dozwolone i wzbronione), które pochodzą z obszarów położonych blisko centrum i to stanowią ich najbardziej charakterystyczną cechę. Rzadziej można znaleźć w nich wąskie linie zarówno absorpcyjne, jak i emisyjne. Kwazary o bardzo dużym redshiftie mają jeszcze dodatkowe wąskie linie absorpcyjne (seria Lymana dla wodoru i linie metali) pochodzące od materii leżącej na drodze ich promieniowania do Ziemi. Daje to nam nadzieję na poznanie składu chemicznego materii wczesnego Wszechświata.

Najbardziej zdumiewająca jest jednak ilość światła, jaką wysyłają one w naszym kierunku. Ich średnia jasność bolometryczna jest równa 5×10^{46} erg/s, co oznacza, że produkują one ok. 10^5 (czyli sto tysięcy!) razy więcej energii niż normalna galaktyka. Wynika stąd, że są to również najjaśniejsze znane nam obiekty we Wszechświecie. Dochodzące do nas światło jest też bardzo zmienne i może zmieniać się o czynnik 2 nawet w ciągu paru dni czy

tygodni. Obecnie znamy kwazary o redshiftach większych niż $z = 5$, czyli takie, dla których jest konieczne uwzględnienie dodatkowych efektów kosmologicznych oprócz ekspansji Wszechświata. Najdalszy znaleziony tego typu obiekt charakteryzuje się $z = 6,4$, a zatem pochodzi z okresu, kiedy Wszechświat miał ledwo 800 mln lat. Inną cechą charakterystyczną jest też niska polaryzacja światła, zazwyczaj mniejsza niż 3%. Obiekty te zostały odkryte w zakresie radiowym, a jednak dziś wiemy, że tylko 10% kwazarów jest aktywnych radiowo, podczas gdy aktywność w zakresie X jest o wiele bardziej powszechna. Jednak nie potrafimy do końca wyjaśnić, czy brak tej emisji jest spowodowany brakiem produkcji fal radiowych czy ich absorpcją.

Problem źródła energii

Wiemy już, że kwazary emitują olbrzymie ilości energii. Zacznijmy jednak analizę problemu od określenia ich rozmiarów. Odbierany przez nas sygnał jest bardzo zmienny, z okresami tygodni, dni, a nawet godzin (zakres X). Zmiana ta nie może być dużo większa niż odległość, jaką światło pokonuje w tym czasie. Analizując tę zmienność w różnych zakresach fal i znając mechanizmy produkcji promieniowania, możemy otrzymać górne ograniczenie na rozmiary obszarów emisji kwazarów. Okazuje się, że daje to średnice rzędu 1 kpc, czyli 50 razy mniej niż nasza Galaktyka, a zdarzają się i mniejsze niż Układ Słoneczny. Jednak są to obszary całej aktywnej struktury, a zatem centralny obiekt może być jeszcze mniejszy.

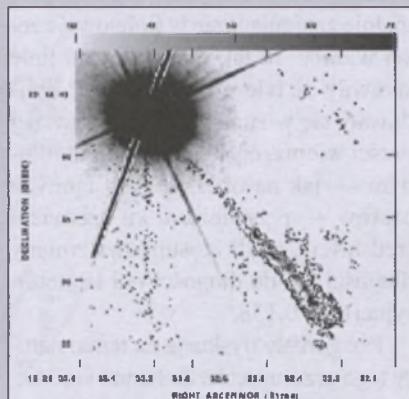


Rys. 2. Widmo optyczne kwazaru 3C273 o $z = 0,158$ wraz z widmem porównania. Na rysunku widać 3 linie serii Balmera, przesunięte w czerwoną stronę widma

Powstaje pytanie: jak tak mały obiekt może być źródłem olbrzymich energii, wielokrotnie przewyższających to, co emisuje nasza Galaktyka, czyli Droga Mleczna? Problem ten długo zajmował astronomów i rozważano kilka możliwości. Pierwszą z nich jest supermaszyna gromada gwiazd, ale jej żywot byłby zbyt krótki. Mógl to być też niezwykłe wielki wybuch supernowej lub raczej wybuchające po kolei gwiazdy, gdzie wybuch jednej napędza wybuch kolejnej (efekt lawinowy). Jednak to dawało jeszcze mniejsze czasy życia niż w przypadku pierwszym. Po dłuższej analizie problemu stwierdzono, że tylko jeden mechanizm może dać satysfakcjonujące ilości energii. Była nim materia spa- dająca do masywnej czarnej dziury, która zamieniałaby się w energię, zgodnie z zależnością $E = \eta mc^2$. Przy efektywności $\eta = 10\%$ i zakładając, że ok. 10% energii jądra zmienia się w promieniowanie, wymaga to jednak „paliwa” o masie rzędu 1 masy Słońca na rok (dla jasności 100 razy większej niż jasność Drogi Mlecznej). Zatem można sobie wyobrazić, jakie olbrzymie ilości materii pochłania ten obiekt w ciągu całego swojego życia. Pozwala to też oszacować masę centralnej czarnej dziury na kilka miliardów mas Słońca, czyli znacznie więcej niż masa czarnej dziury znajdującej się w centrum naszej Galaktyki. Źródłem „paliwa” może być otaczający jądro dysk materii, jak również oddziaływanie z innymi galaktykami (przypadek PKS 2349-014). We wczesnym Wszechświecie gęstość materii była większa, a galaktyki znajdowały się bliżej siebie, stąd zdobycie potrzebnego paliwa było prostsze.

Widmo

Widmo ciała niebieskiego jest dla nas prawdziwą kopalnią wiedzy i stanowi nasze główne źródło informacji o fizyce obiektów Kosmosu. Przyjrzymy się więc dokładniej continuum widma kwazarów. Rozciąga się ono w zakresie od około 10^8 Hz do 10^{27} Hz, czyli od promieniowania radiowego do zakresu gamma. Nasze możliwości pozwalają na dokładniejsze zbadanie tylko niektórych zakresów. Ze względu na continuum dokonano podziału kwazarów na dwa rodzaje. Kwazary ciche radioowo emitują głównie w zakresie $0,01 - 1 \mu\text{m}$ i jest to promieniowanie termiczne, a w drugiej kolejności w zakresie $1 - 100 \mu\text{m}$, gdzie mamy do czynienia z emisją termiczną od pyłu. Do tego dochodzi silnie nietermiczna emisja w zakresie X i słaba emisja radiowa. Kwazary radioowo głośne posiadają dodatkowo silne nietermiczne continuum w zakresie od radiowego do nadfioletu, powstałe w wyniku emisji synchrotronowej (promieniowanie tworzone przez ładunek o relatywistycznych prędkościach, poruszający się wokół linii pola magnetycznego), a w przypadku wyższych energii mechanizmem emisji jest odwrotny efekt Comptona (gdy niskoenergetyczny foton zderza się z wysokoenergetycznym elektronem, w wyniku czego foton zyskuje energię) i produkcja par cząstka-antycząstka (jak np. elektron i pozyton). Jest to ogólnie przyjęty po- dział, choć bardzo subiektywny, ponieważ obiekty zwane cichymi radioowo mają często i tak większą emisję w tym zakresie niż normalne galaktyki. Charakterystyczną cechą kwazarów jest

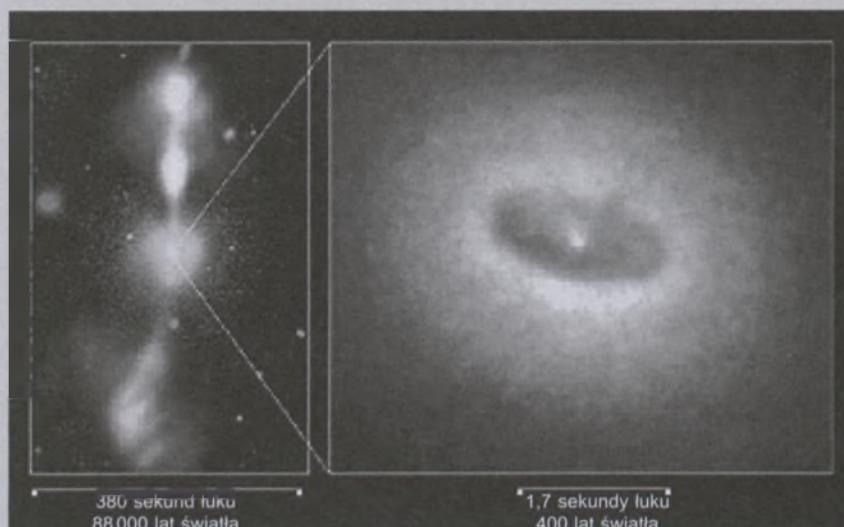


Rys. 3. Obraz optyczny (centrum) i radiowy (dżet) kwazaru 3C273

nadmiar światła w nadfiolecie, który słabnie dopiero przy bardzo wysokim redshiftie ($z > 2,2$). Była to pierwsza metoda pozwalająca znajdować je w gąszczu milionów innych gwiazd na niebie. Jednak pozostało pytanie, co odpowiada za ten nadmiar. Tę zagadkową sprawę rozwiązał Shields w 1978 r., który pokazał, że ta emisja może pochodzić od geometrycznie cienkiego, lecz optycznie grubego dysku akrecyjnego. Mówiąc dokładniej, mamy do czynienia z nałożeniem się wielu rozkładów continuum od poszczególnych warstw dysku, których temperatury maleją wraz z oddalaniem się od centrum. Model ten okazał się bardzo dobrze pasujący do danych obserwacyjnych i odpowiadał na pytanie, skąd centralna czarna dziura bierze materię będącą jej „paliwem”.

Teraz możemy przejść do obserwacji w zakresie radiowym, jako że umożliwiły one poznanie morfologii radiowo głośnych kwazarów (o mocy promieniowania rzędu $10^{41} - 10^{46}$ erg/s). Stanowią one tylko 10% obserwowanych kwazarów, ale sądzi się, że w pozostałych przypadkach emisja ta też występuje, choć z jakichś przyczyn promieniowanie radiowe jest tam pochłonięte. Badaniem morfologii posłużyły między innymi obserwacje prowadzone metodą VLBI, której rozdzielcość dochodzi aktualnie do ułamka milisekundy łuku i w których to badaniach uczestniczy toruński radioteleskop. Podstawowymi, obserwowanymi strukturami są: jądra (cores), dżety (jets), płaty (lobes) oraz występujące na ich obrzeżach gorące plamy (hotspots). Przyjrzymy się teraz bliżej każdej z tych struktur.

Jądro w kwazarach stanowi prawie całe źródło jasności radiowej. Gdy się

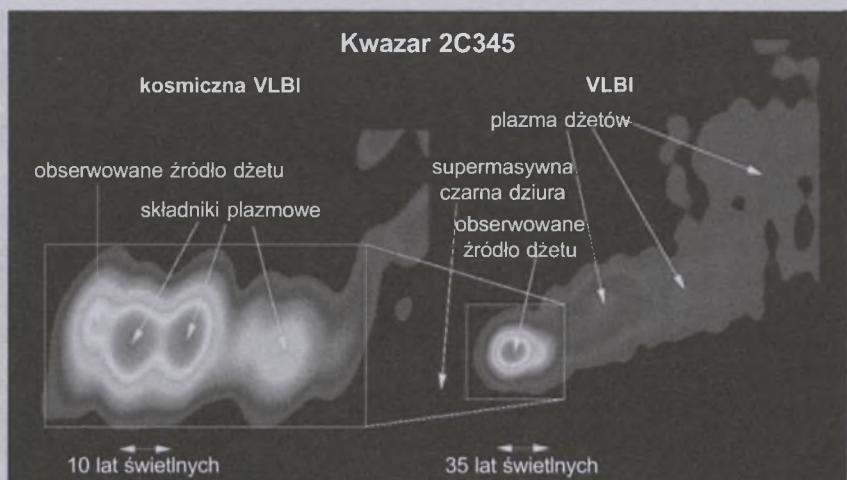


Rys. 4. Aktywna galaktyka NGC4261 (Ground Based and Hubble Space Telescope)

je obserwuje z rozdzielczością 0,1 sekundy łuku, pokrywa się ono z obserwacjami optycznymi. Dzięki technice VLBI możemy je rozdzielić na składniki: zwarte jądro i dżetopodobna struktura (jedna lub więcej). Ta struktura została znaleziona w większości kwasarów i zakłada się, że obserwując z odpowiednio dużą rozdzielczością, wszędzie ją znajdziemy. Zaś płaty to rozległe obszary emisji radiowej. Z reguły występują dwa i są symetrycznie rozłożone po przeciwnych stronach jądra. Jednak w niektórych kwasarach obserwuje się tylko jedną taką strukturę, co tłumaczy się ich geometrycznym ułożeniem: znajdują się bardzo blisko linii widzenia i się zakrywają. Na zewnętrznych brzegach tych obszarów, czyli miejscach kontaktu z otaczającą materią, tworzą się gorące plamy, czyli miejsca intensywnej emisji. Rozmiar całości to setki kpc, choć zdarzają się obiekty o rozmiarach kilku Mpc (przykładowo 4 Mpc dla 3C236). Elementem łączącym są dżety: wąskie struktury, które transportują energię ze zbitego centrum na zewnątrz. Ich rozmiary są w zakresie od kilku pc do kilku kpc i charakteryzują się wysoką polaryzacją światła. Ich jasność radiowa to mały ułamek całej radiowej jasności obiektu, a zatem muszą one transportować energię w bardzo wydajny sposób. Ich sposób przesyłania energii na tak olbrzymie odległości wciąż nurtuje astronomów.

Model AGN (Active Galactic Nuclei)

Tu dochodzimy do omówienia miejsca kwasarów wśród innych obserwowanych obiektów. Poza nimi odkryto już takie obiekty kosmologiczne, jak galaktyki Seyferta, radiogalaktyki czy blazary. Obecnie uważa się, że wszystkie wspólnie tworzą klasę ciał niebieskich, zwanych aktywnymi jądrami galaktyk (AGN — *Active Galactic Nuclei*). Omówimy tutaj tylko istotę tego modelu, którego elementy zostały już wyżej opisane w przypadku kwasarów. Zakłada on istnienie supermasywnego jądra — czarnej dziury o masie rzędu 10^8 – 10^9 mas Słońca, do którego po ciasno nawiniętej spirali spada materia. Wraz ze zbliżaniem się do centrum materia nagrzewa się, co powoduje emisję światła na coraz wyższych częstotliwościach. Wokół czarnej dziury



Rys. 5. Obraz kwazaru 3C345 w zakresie radiowym wykonany dzięki technice VLBI. Obserwacje Jens Klate i in.

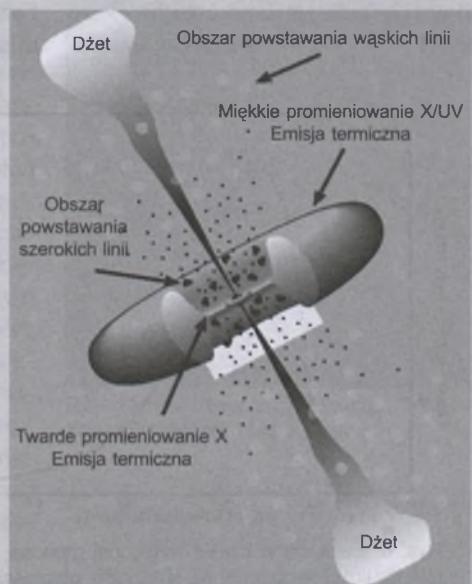
znajduje się rotujący dysk akrecyjny (molekularny torus) o rozmiarach do około 1pc z „wmrożonym” polem magnetycznym. Jego wewnętrzna część jest źródłem szerokich linii emisyjnych, zaś zewnętrzna, wolniejsza, świeci głównie w podczerwieni. Dalej otwiera się on na rodzimą galaktykę, tworząc grupy małych obłoków materii, będących źródłem wąskich linii emisyjnych. Często obserwuje się wyrzucone z centrum w przeciwnych kierunkach dżety, strugi plazmy potrafiące przetransportować materię na odległość wielu Mpc, choć zjawisko jest słabe dla radiowo cichych źródeł.

Model AGN jest ideologicznie niezwykle prosty. Zakłada on, że to, co widzimy, zależy tylko od kąta patrzenia na badany obiekt. Gdy patrzymy przez dysk akrecyjny, centralna czarna dziura i dżety są dla nas przesłonięte. Jedyne, co widzimy, to molekularny torus i co najwyżej wąskie linie emisywne. W skład tych obiektów wchodzą radiogalaktyki i galaktyki Seyferta drugiego rodzaju. Patrząc na obiekt bezpośrednio przez wyrzucany z centrum dżet, obserwujemy blazary. Obiekty te charakteryzują się dużą polaryzacją światła i jego dużą zmiennością w krótkich odstępach czasu. Dodatkowo światło pochodzące od dżetu jest u nich tak silne, że przesłania wszystkie linie emisywne. I wreszcie, gdy patrzymy na obiekt pod pewnym kątem tak, że widzimy i dysk, i centrum, mamy do czynienia z galaktykami Seyferta pierwszego rodzaju i kwasarami. Jest to bardzo uproszczony obraz, lecz pokazu-

je główną ideę w unifikacji pierwotnie różnych klas obiektów.

Ewolucja Wszechświata

Z punktu widzenia badań kosmologicznych ogromną zaletą kwasarów jest ich znacząca odległość od nas, która przekłada się na czas, na moment w historii Wszechświata, w którym one powstały. Dziś są nam już znane obiekty o redshiftie większym niż 5 (przykładowo 3C279 ma $z = 5,5$) i wciąż są odkrywane dalsze. Zatem to najdalejsze obserwowane obiekty we Wszechświecie i zmiany w ich populacji dają nam wiele o warunkach panujących w danym okresie. Na potrzeby naszych rozważań zdefiniujmy współporuszającą się gęstość kwasarów jako liczbę kwasarów na jednostkę objętości współporuszającego się Wszechświata (właściwa objętość jest proporcjonalna do współporuszającej się razy $(1+z)^{-3}$). Wielkość

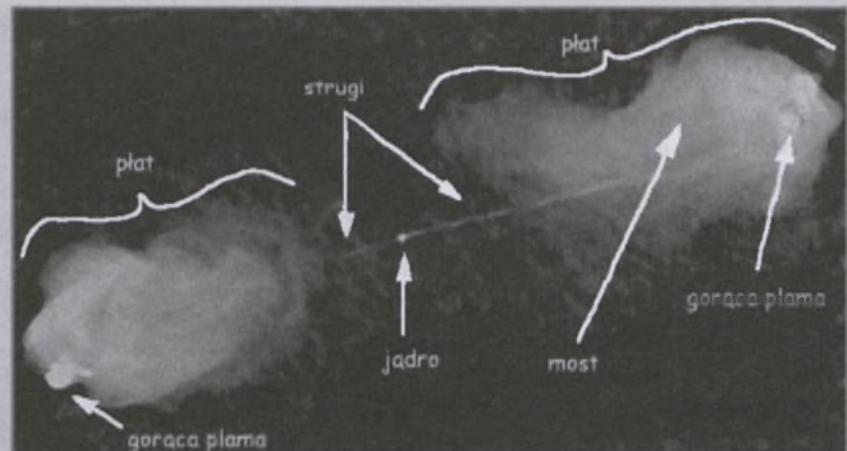


Rys. 6. Schematyczny model AGN wraz z pokazaniem źródeł emisji w danych długościach fali

ta dla nieewoluującej populacji jest stała, a zatem zyskujemy dużą wygodę przy badaniu rozkładu źródeł w funkcji redshiftu. Gdy ulega zmianie, oznacza to prawdziwą zmianę, a nie wynik ekspansji. Na rys. 8 widzimy względną gęstość kwazarów zmieniającą się wraz z wiekiem Wszechświata. Widać wyraźne maksimum dla $z = 2,5$, które występuje zarówno w części optycznej, jak i radiowej. Odpowiadający tej wartości z czas (ok. 1/5 wieku Wszechświata) bywa nazywany epoką kwazarów. Wiemy też, że liczba kwazarów przy zadanym z przekłada się na średnią gęstość materii we Wszechświecie.

Aby prześledzić ewolucję kwazarów w danym okresie we Wszechświecie, zrobiono wykres przedstawiający funkcję jasności (współporuszającą się gęstość na jednostkę wielkości gwiazdowej) w funkcji absolutnej wielkości gwiazdowej w zadanych przedziałach z , co przedstawia rys. 9. Widać, że wraz z redshiftem maleje również jasność obiektów, a krzywe stają się coraz bardziej poziome i dla $z < 0,3$ funkcja jasności jest już niezależna od z (z czego wynika, że gęstość kwazarów staje się coraz bardziej stała). Pozwala to tłumaczyć brak tych obiektów dzisiaj jako rezultat ewolucji, czyli spadku ich jasności. Zaś patrząc w stronę rosnących z , rośnie jasność obiektów, choć od ok. $z = 2$ wzrost ten zaczyna zwalniać.

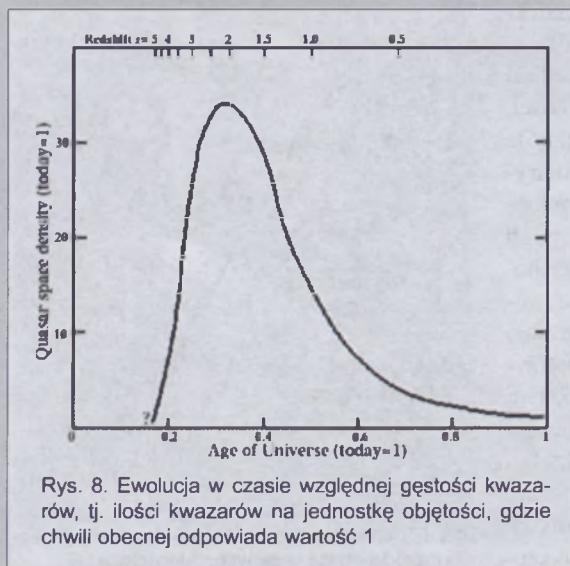
Są trzy główne teorie pozwalające tłumaczyć zaobserwowany efekt. Pierwsza zakłada, że obserwujemy ewolucję długowiecznych, indywidualnych kwazarów. Oznaczałoby to, że jedynie niewielki procent galaktyk



Rys. 7. Schemat przedstawiający podstawowe obserwowane struktury w kwazarze

przeszedł przez etap kwazaru. Druga mówi, że prawie każda galaktyka przeszła przez krótki okres aktywności jako kwazar (ok. $10^7 - 10^8$ lat), a my widzimy ich uśredniony efekt. Mogliby z tego wynikać, że jeden z tych obiektów, gdy skończyło mu się „paliwo”, przekształcił się w naszą Galaktykę. Zaś trzecia, pośrednia, zakłada sporadyczne występowanie dłużej żyjących kwazarów w każdej gromadzie galaktyk. Obecnie argumenty przechylają się w stronę drugiej opcji, jednak wciąż pozostaje wiele nie wyjaśnionych faktów.

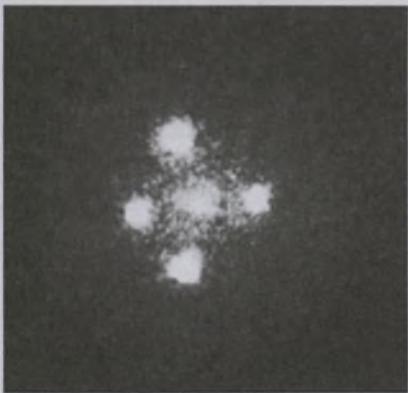
Zupełnie nowe pole do badań dało nam odkrycie kwazarów o przesunięciu ku czerwieni $z > 6$. Ich widmo zawiera rejony absorpcji wynikające z dużej ilości neutralnego wodoru. Bardziej współczesne nie posiadają ich, ponieważ Wszechświat przeszedł przez fazę powtórnej jonizacji i neutralny wodór skupił się w obłokach, galaktykach. Faza ta była spowodowana emisją promieniowania z takich obiektów jak kwazary i gwiazdy 3 populacji, tj. niezwykle masywnych gwiazd (rzędu setek mas Słońca), nie zawierających pierwiastków ciężkich. Są to obiekty teoretyczne, jednak niezbędne do wyjaśnienia obecności pierwiastków cięższych niż hel w najdalejszych obserwowanych kwazarach. Sądz się, że wtórna jonizacja trwała od ok. 150 mln do 1 mld lat po Wielkim Wybuchu.



Soczewkowanie grawitacyjne i inne zastosowania

Obserwacje kwazarów dają nam nie tylko możliwość poznania tych obiektów samych w sobie, ale też całej przestrzeni między nimi a Ziemią. Znajdują się w tym obszarze zarówno obłoki gazu międzygalaktycznego, galaktyki, jak i czarna materia, która wciąż nie pozwoliła poznać swojej natury. Najpierw jednak przyjrzymy się najbardziej spektakularnemu zjawisku związanemu z kwazarami, jakim jest soczewkowanie grawitacyjne — efekt, który w sposób bezpośredni potwierdza słuszność ogólnej teorii względności. Polega ono na tym, że promień świetlny poruszający się bardzo blisko dużego skupiska materii zakrzywia się w jej kierunku, przez co obserwator widzi więcej niż jeden obraz znajdującego się z tyłu źródła. W przypadku idealnej „soczewki” byłby to obraz w kształcie pierścienia. Zjawisko to zostało po raz pierwszy zbadane już w 1919 r., kiedy Eddington zaobserwował je dla światła przechodzącego obok Słońca, co stanowiło istotny dowód na słuszność teorii Einsteina. Zaś w 1979 r. znaleziono pierwszy podwójny obraz kwazaru: Q0957+561. Obrazy te były tak blisko siebie (mniej niż 5 sekund łuku) i tak fizycznie podobne, że nie mogły stanowić dwóch różnych obiektów. Odkrycie to dało możliwość zupełnie nowego wykorzystania obserwacji kwazarów. Najsłynniejszy rezultat soczewkowania to Krzyż Einsteina, zaobserwowany po raz pierwszy w 1984 r. przez J. Huchra dla Q2237+030. Kwazar ten miał redshift $z = 1,7$, zaś spiralna galaktyka na drodze jego światła miała $z = 0,04$. Póź-

niej znaleziono jeszcze więcej przykładów tego efektu i prawie zawsze odnajdywano obiekt odpowiedzialny za powstanie obrazów. Są jednak takie przypadki, gdy obserwuje się dodatkowe obrazy kwazaru, a nie widać „soczewki”. Takie sytuacje mogą być spowodowane ciemną materią. Zjawisko soczewkowania grawitacyjnego pozwala nam oszacować masę skupiającej galaktyki czy innego skupiającego obiektu, a zatem może nam dostarczyć dodatkowych informacji o ciemnej materii i pomóc w rozwiązyaniu nurtującego problemu ich natury. Ale nie jest to jedyna korzyść. Gdy źródło obrazów będzie zmieniało swoją jasność w czasie soczewkowania, to zmiana ta będzie obserwowana w innym czasie na różnych obrazach, jako że światło od źródła musi przebyć inną drogę. W przypadku tak dalekich obiektów jakimi są kwazary, pozwala to na wyznaczenie stałej Hubble'a (również stosunkowi



Rys. 10. Krzyż Einsteina (kwazar Q2237+0305)

prędkości radialnej obiektu do odległości do niego), która jest jedną z najbardziej podstawowych wielkości w kosmologii, ponieważ daje nam informacje o odległościach do ciał niebieskich w skalach kosmologicznych. Jednak ta metoda jest obarczona dużą niepewnością, gdyż zależy od doboru modelu galaktyki będącej soczewką.

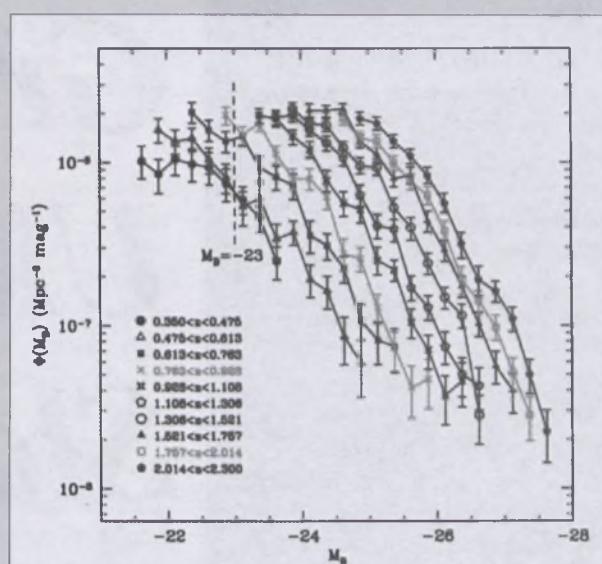
Również wiele istotnych informacji zawiera widmo obiektu. Omówiliśmy już dokładnie tę jego część pochodzączą od samych kwazarów i teraz możemy przyjrzeć się pozostałej części. Kwazary o dużym redshiftie mają liczne wąskie linie absorpcyjne pochodzące od materii, przez którą światło przechodzi na swojej drodze. Generalnie możemy je podzielić na dwie rodziny. Pierwszą z nich jest seria Lymana od wodoru z materii międzygalaktycznej. Cechą charakterystyczną jest, że obser-

wujemy serie o różnorodnych redshiftach, co pozwala na poznanie rozkładu galaktyk we wczesnym Wszechświecie, bo to one są głównymi skupiskami wodoru. Rozkład ten pokrywa się generalnie z naszymi oczekiwaniemi. Drugą klasą linii są linie zjonizowanych metali. Pochodzą one od materii międzygwiazdowej w dyskach galaktycznych. Zatem badania te dają nam możliwość pogłębienia naszej wiedzy o ewolucji

składu chemicznego i rozmieszczeniu materii w coraz to młodszym Wszechświecie. To zaś pozwala na testowanie najbardziej fundamentalnych teorii zarówno w astronomii, jak i fizyce.

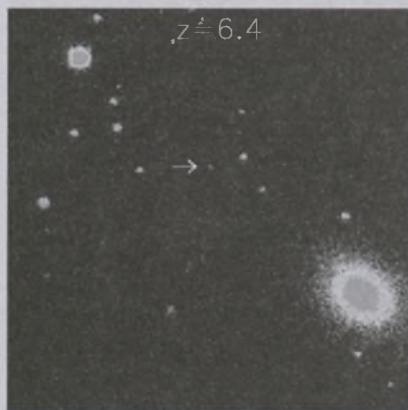
Podsumowanie

Historia kwazarów przekroczyła już 40 lat, a wciąż budzą one wiele emocji. Ich odległości opisywane przez przesunięcia ku czerwieni znajdują się w zakresie z od 0,06 do 6,4, z czego ponad 900 ma $z > 4$, ponad 50 $z > 5$ i ok. 10 $z > 6$. Posiadamy już model kwazarów tłumaczący większość obserwowanych własności, a badania VLBI pozwoliły dokładniej przyjrzeć się ich obszarom centralnym. Wciąż nie do końca rozumiemy, dlaczego tak wiele z nich nie wykazuje wysokiej aktywności radiowej. Również do głębszego ich zrozumienia potrzeba więcej obserwacji w zakresach niedostępnych z powierzchni Ziemi, w szczególności w dziedzinie najwyższych energii, choć badania kwazarów w zakresie rentgenowskim prowadził już teleskop kosmiczny EINSTEIN w 1980 r. Innym podstawowym problemem jest sposób, w jaki powstały tak wyjątkowe obiekty. Rozważa się różne schematy grawitacyjnego kolapsu grupy wysoce ewoluowanych obiektów, jak np. gromady bardzo masywnych gwiazd czy wręcz zderzenie czarnych dziur. Zastanawia też krótki czas potrzebny na ich rozbląsnięcie. Kolejnym problemem jest sposób, w jaki te obiekty



Rys. 9. Funkcje jasności kwazarów przy różnych redshiftach w zależności od ich jasności absolutnej dla modelu „płaskiego Wszechświata” (Boyle, 1988)

kończąc swój żywot, czyli co się dzieje, gdy skończy im się „paliwo”. Wiemy, że nie obserwujemy kwazarów we współczesnym Wszechświecie. Ponieważ znajdują się one w centrach młodych galaktyk, interesuje nas ich oddziaływanie na macierzyste galaktyki, co może dać informację o ewolucji tych wielkoskalowych obiektów. I co najważniejsze, są to najdalsze obserwowane ciała niebieskie, a zatem pozwalają na testowanie teoretycznych rozważań kosmologicznych. Dlatego wciąż opracowuje się nowe techniki szukania kwazarów o jak największym przesunięciu ku czerwieni i budowane są coraz nowsze ich modele.



Rys. 11. Najdalszy znany kwazar, odkryty dzięki Sloan Digital Sky Survey

Autorka jest studentką III roku astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Artykuł powstał jako jej praca seminaryjna



Granice Układu Słonecznego *gdzie są i co się tam znajduje*

Wstęp

Jaka jest znajomość naszego Układu Słonecznego? Potrafimy wysłać człowieka na Księżyc. Urządzenia potrafimy wysłać do odległych planet, a także do mniej masywnych ciał naszego układu planetarnego. Natomiast można by się zastanowić, gdzie są granice Układu Słonecznego. Prześledźmy więc odkrycia obiektów, na początku planet, a potem drobnych ciał, w celu zastanowienia się nad tym, gdzie znajdują się owe granice. Czy są one jednoznacznie określone?

W dalszej części opracowania będę używał określenia „granice Układu Słonecznego” jako odpowiadające danym czasom wyobrażenia co do budowy Układu Słonecznego. Nie należy więc na to patrzeć jak na coś, co ma charakter ciała fizycznego, a bardziej jako stan wiedzy i znajomości naszego układu planetarnego.

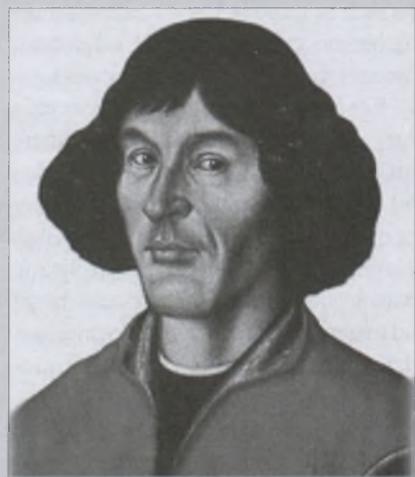
Starożytność

Jak zwykle w tego rodzaju dociekanach zaczniemy od starożytności. Nie można tu pominąć nazwiska jednego z najbardziej znanych astronomów próbujących wyjaśnić budowę Wszechświata, jak to się wtedy uważało. Otóż Ptolemeusz stworzył tezę, według której

Ziemia znajduje się w centrum Wszechświata, natomiast Księżyc, Słońce i pięć wówczas znanych planet krążą wokół niej. Ostatnią planetą miał być Saturn, za którego orbitą miała znajdować się sfera gwiazd stałych. Można by pokusić się o stwierdzenie, że według Ptolemeusza granice Układu Słonecznego znajdowały się za orbitą wspomnianego Saturna.

Mikołaj Kopernik

Taki model Wszechświata funkcjonował wiele wieków, do czasu, gdy na przełomie XV i XVI w. Kopernik (1473-1543) przedstawił tezę, jakoby w centrum świata znajdowało się Słoń-



Mikołaj Kopernik

ce, natomiast Ziemia wraz z innymi planetami okrążała je po okręgach.

Galileusz

Odkrycie Kopernika miało wielkie znaczenie nie tylko astronomiczne, ale również światopoglądowe. Na początku wieku XVII Galileusz skonstruował jedną z pierwszych lunet i skierował ją w niebo. Dokonał wielu bardzo ważnych obserwacji. Między innymi dostrzegł góry na Księżyco, tarczę Wenus wraz z jej fazami oraz cztery księżyce Jowisza, nazywane od tej pory galileuszowymi. Na podstawie tych obserwacji doszedł do wniosku, że dalekie planety są w rzeczywistości takimi samymi ciałami jak Ziemia, w dodatku okrążają Słońce. Był to pierwszy obserwacyjny dowód tezy Kopernika. Należy pamiętać, że w tych czasach działała instytucja Inkwizycji, która potępiała ten wizerunek świata. W roku 1610 Galileusz został zmuszony do wyparcia się swych obserwacji oraz skazany na dożywotni areszt domowy. Natomiast w roku 1616 dzieło Kopernika *O obrotach sfer niebieskich* zostało wpisane na listę ksiąg zakazanych.

Pod względem rozpatrywanych tu granic Układu Słonecznego niewiele się zmieniło po pracy Kopernika. Jako granice nadal uważana była orbita Saturna, ale nie było już sfery gwiazd stałych. Galileusz, w ślad za Giordano Bruno, wysunął tezę, jakoby inne gwiazdy były odległymi Słońcami.

Odkrycie Urana

Kolejne odkrycia i ogromne zmiany w postrzeganiu Układu Słonecznego przyniosły wiek XVIII.

W roku 1781 Brytyjczyk William Herschel odkrył Uran. Okrążał on Słońce w odległości 19,2 j.a. Ostatnia dotychczas znana planeta (Saturn) krąży w odległości 9,54 j.a. Jak więc widać, odkrycie Urana podwoiło rozmiary Układu Słonecznego. Ruch tej planety na tle gwiazd nie do końca pokrywał się z ruchem obliczonym przez ówczesnych astronomów. Doszli więc do wniosku, że orbita Urana jest zaburzana przez dodatkowe ciało znajdujące się poza jego orbitą.

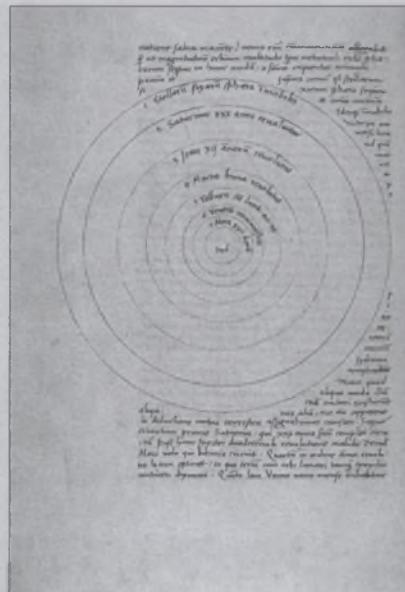
Odkrycie Neptuna

Już w 1795 r. francuski astronom Joseph de Lalande nawiąsał na mapę

pozycję gwiazdy, która to pozycja po kilku dniach się zmieniła. Przekonany o swoim błędzie poprawił to i „aktualni” pozycję owej „gwiazdy”. Gdyby po raz trzeci przeprowadził obserwacje niefortunnego obiektu, z pewnością łatwo by się przekonał, czego stał się odkrywcą... Tak się jednak nie stało i sprawa Neptuna została odłożona o jakieś 46 lat do roku 1841, kiedy to John Adams, student Cambridge zajął się wyznaczaniem pozycji obiektu, który mógłby zakłócać ruch Uran. Swoją pracę przekazał Astronomowi Królewskiemu — Airy'emu. Ten jednak nie wykazał większego zainteresowania, w związku z czym Adams próbował swymi obliczeniami zachęcić do obserwacji Jamesa Challisa, profesora astronomii, który zresztą też nic w tej sprawie nie zrobił. W tym samym czasie w Paryżu niejaki Jean Leverrier również zajął się problemem ruchu Uran. Jako że Leverrier nie mógł dokonać samodzielnie obserwacji, poprosił o pomoc Johanna Galle'ego z berlińskiego obserwatorium. Dyrektor tego obserwatorium, Johann Encke, nie wyraził sprzeciwu i jeszcze tej samej nocy, w 1846 r., skierowano teleskop na wskazaną przez Leverriera pozycję. I rzeczywiście znaleziono obiekt ósmej wielkości gwiazdowej, którego nie było na mapach nieba. W ten oto sposób zostało dokonane odkrycie ósmej planety w naszym układzie planetarnym, a tym samym przesunięcie granic Układu Słonecznego do 30 j.a., bo właśnie w takiej odległości obiega Słońce ta planeta.

Odkrycie Plutona

Po odkryciu Neptuna okazało się, że nie jest możliwe wyjaśnienie wszystkich zaburzeń ruchu Uran tylko i wyłącznie przyciąganiem grawitacyjnym Neptuna. Dodatkowo, okazało się, że ruch samego Neptuna także nie jest idealnie taki, jak został wyliczony, lecz występują pewne zaburzenia. Astronomowie doszli do wniosku, że poza orbitą Neptuna powinna być kolejna planeta o masie mniej więcej 6–7 razy większej od masy Ziemi. Poszukiwania rozpoczęli amerykańscy astronomowie Percival Lowell, założyciel obserwatorium w Arizonie, oraz William H. Pickering. W 1905 r. pierwszy z nich na podstawie zaburzeń



Strona z dzieła Kopernika przedstawiająca Układ Słoneczny

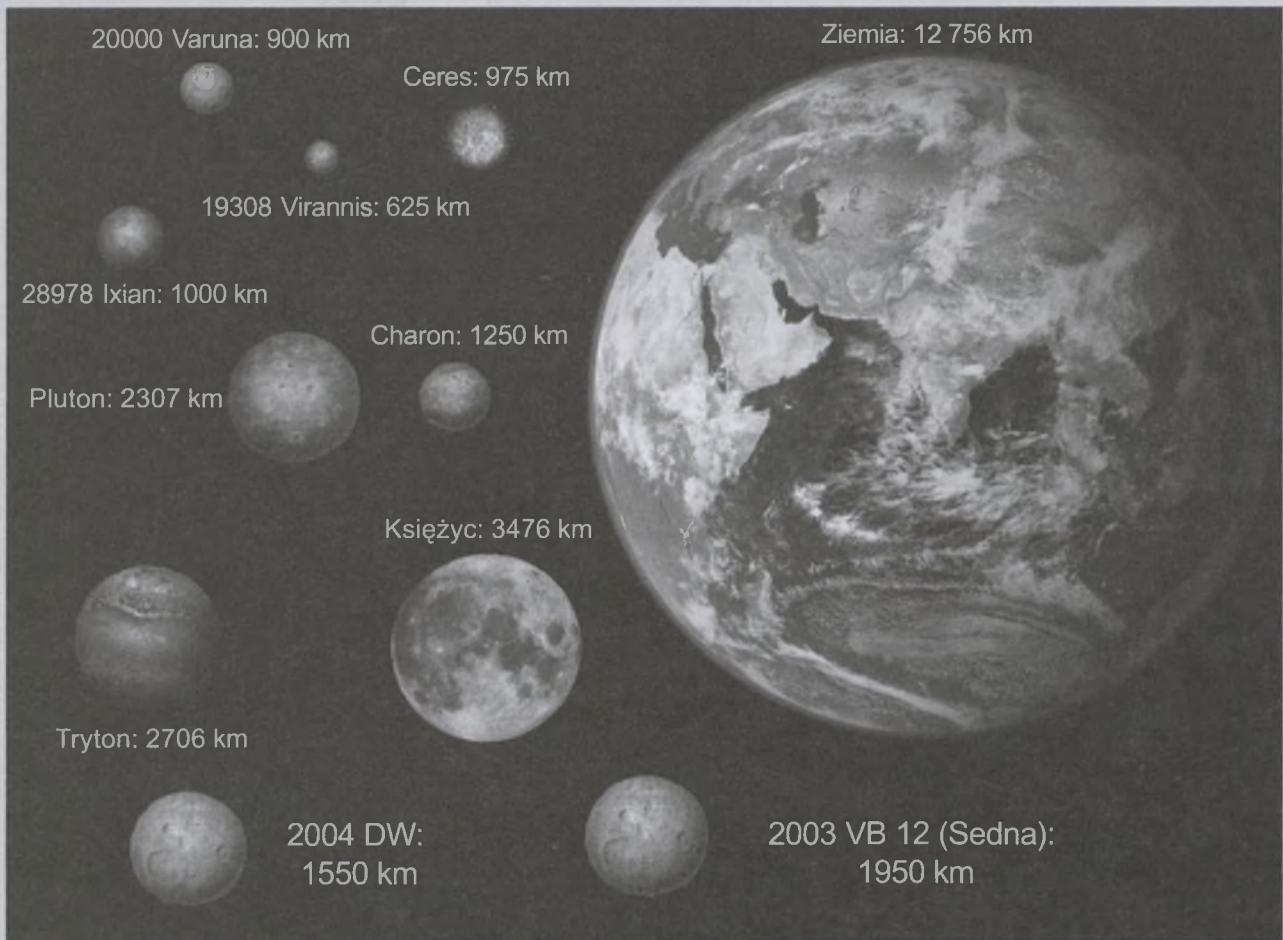
ruchu Uran i Neptuna obliczył orbite dziewiątej planety. Rozpoczął poszukiwania, lecz do śmierci Percivala Lowella nic nie znaleziono. Dopiero w 1930 r. planetę odnalazł Clyde Tombaugh na kliszy, wykonanej 21 stycznia 1930 r. Warto dodać, że odkrywca nie był wtedy zawodowym astronomem. Był astronomem amatorem, a dostęp do teleskopu w obserwatorium Lowella dostał w uznaniu za dobre rysunki. Z ogłoszeniem odkrycia światu wstrzymano się do 13 marca, kiedy to przypadały 75. urodziny Lowella. Wskutek zbiegu okoliczności przypadło to także w 149 rocznicę odkrycia Urana.

Pluton obiega Słońce po bardzo wydłużonej orbicie. Jego średnia odległość to około 40 j.a. Wracając do sprawy granic Układu Słonecznego, można powiedzieć, że przesunęły się one na odległość aphelium orbity Plutona, czyli na około 45 j.a. Przypuszczano jednak, że oprócz tej małej planety powinna tam być jeszcze jedna, która pozwoliłaby wyjaśnić zaburzenia w ruchu Uran i Neptuna.

Jak wiadomo, do tej pory nie odnaleziono żadnej planety transplutonowej.

Pozostale odkrycia XX wieku

W ten oto sposób w ciągu kilku wieków zmieniło się wyobrażenie wyglądu Układu Słonecznego. Na tym jednak nie koniec. Wiek XX to wiele odkryć związanych z odległymi krańcami naszego układu planetarnego.



Porównanie rozmiarów Ziemi, Księżyca, Plutona, Charona i kilku największych obiektów w Pasie Kuipera

W latach 1950 i 1951 dwóch uczonych: P.G. Kuiper oraz J. Oort wysunęli tezy, jakoby źródłami komet były odpowiednio Pas Kuipera i Obłok Oorta.

Pas Kuipera miał się rozciągać od 30 do 100 j.a. i leżeć w płaszczyźnie ekleptyki. Skład jego to drobne ciała, które pod wpływem oddziaływanego planet mogą welecieć do wnętrza układu planetarnego i stać się kometą. Do takiej tezy doszedł Kuiper po analizie orbit komet krótkookresowych. Natomiast Oort, prowadząc w podobny sposób analizę dla orbit komet długookresowych, doszedł do wniosku, że w odległości około 100 tys. j.a. powinien znajdować się rezeruar tych komet. Jednakże orbity komet długookresowych nie wykazują jakiejkolwiek korelacji z ekleptyką, więc Oort stwierdził, że jest to sferyczny obłok. Co jakiś czas, pod wpływem oddziaływania pobliskich gwiazd, znajdujące się w Obłoku Oorta ciała mogą zostać wepchnięte do centrum Układu Słonecznego i tam „zabłysnąć” jako kometa.

Pas Kuipera

Na zaobserwowanie pierwszego obiektu z Pasa Kuipera trzeba było czekać do 30 sierpnia 1992 r., kiedy to Jane X. Luu i David C. Jewitt odkryli obiekt **1992 QB1**. Odtąd kolejne odkrycia przychodziły jedno po drugim. Do tej pory jest ich znanych około 1000. Nie jest możliwe, żeby opisać je wszystkie, ale można się pokusić o napisanie kilku zdań o tych najciekawszych. Zaczynamy może od tego, że w miarę jak rosła liczba odkrywanych obiektów, zauważono, że dzielą się one na pewne grupy. Ogólnie można je podzielić na 3 typy. Są to Centaurzy, obiekty będące w rezonansie z Neptunem (najczęściej 3:2, tak jak np. Pluto) oraz obiekty na wydłużonych orbitach poza orbitą Neptuna. Jeśli chodzi o pierwszy typ obiektów, to zauważono różnicę kolorystyczną. Mianowicie statystycznie więcej było szarych niż czerwonych obiektów, które przeważały w grupie Plutona. Próbowało wyjaśnić to w ten sposób, że na zewnątrz orbity Neptuna przeważający wpływ ma promieniowanie kosmiczne powodujące poczerwienieńie powierzchni. Natomiast w mniej-

szych odległościach ujawnia się wpływ Słońca. Gazy uwalniane pod wpływem temperatury osiadają na powierzchni jako szron w neutralnym kolorze. Oczywiście, jak od każdej reguły, tak samo i od tej były wyjątki. Obiekty **5145 Pholus**, **7066 Nessus** i **10199 Charliko** należą do grupy Centaurów, a są to najbardziej czerwone obiekty w Układzie Słonecznym. Ciekawym obiektem z grupy Centaurów jest także **8405 Asbolus**, który, jak wynika z obserwacji, ma czerwoną powierzchnię, ale na niej znajduje się biała plama. Prawdopodobnie jest to krater powstały w wyniku zderzenia z inną planetoidą. Krater ten odsłonił zamazniętą białą powierzchnię znajdującej się pod czerwoną „skorupą”. Warto odnotowania jest także fakt, że kolejne odkrycia nowych obiektów w Pasie Kuipera donosiły o planetoidach w odległościach nie przekraczających 55 j.a., podczas gdy teoretycznie powinny być odkrywane także obiekty do 100 j.a. Zaczęto więc szczegółowe poszukiwania nowych obiektów na dalekich orbitach. Pierwszą taką próbę podjęli Lynne Allen, Gary Bernstein i Renu

Malhotra. Założono, że jasność obiektów możliwych do obserwacji wynosiła 25,8 mag., co odpowiadałoby 160 km średnicy w odległości 65 j.a. Wynikiem tych obserwacji były 24 nowo odkryte obiekty, jednak wszystkie miały orbity leżące w odległości do 55 j.a. Podjęto więc kolejną próbę znalezienia dalekich obiektów. Zajęli się tym Chad Trujillo, David Jewitt i Jane Luu. Wynikiem tego programu były obserwacje 84 nowych planetoid, ale po raz kolejny żadna orbita nie przekraczała odległości 55 j.a. L.Allen przedstawił kilka prawdopodobnych przyczyn mogących tłumaczyć brak odległych obiektów Pasa Kuipera. Pierwszym z tych powodów miała być liczba samych obiektów, która prawdopodobnie była zawyżona w rozważaniach teoretycznych. Drugim miałoby być ich rzadsze występowanie i w większości byłyby to małe obiekty. Kolejnym wyjaśnieniem nieobserwowania planetoid na dużych odległościach jest według Allena ich ciemny kolor, który sprawia trudności w obserwowaniu. Czwartą i ostatnią też Alleną była ta, iż wszystkie odległe obiekty są skupione w tak cienkim pasie, że nie zauważono żadnego z nich. Jaki jest faktyczny powód niedoboru danych obserwacyjnych mówiących o obiektach znajdujących się dalej niż 55 j.a., jeszcze nie wiadomo.

Teraz kolejna temat rozmiarów planetoid w Pasie Kuipera. Zanim jednak napiszę, jak duże są te obiekty, chciałbym opowiedzieć o metodach wyznaczania tych danych. Otóż główna metoda polega na obserwacji jasności obiektu, odległości od Ziemi i Słońca oraz zdolności odbijania światła przez powierzchnię planetoidy. Znając pierwsze dwie informacje, można obliczyć jasność absolutną obiektu, czyli jasność, jaką obserwowałibyśmy, gdyby obiekt znajdował się w odległości 1 j.a.

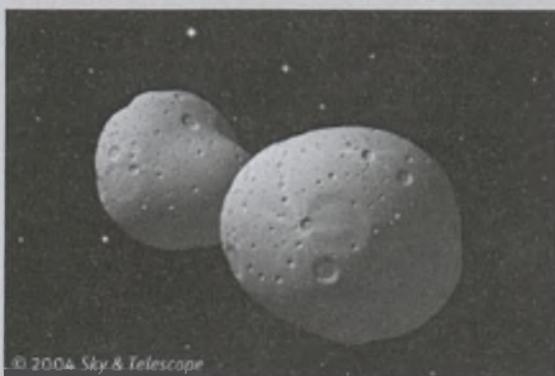
od Słońca i tyle samo od Ziemi. Następnie, znając zdolność odbijania światła od powierzchni, można obliczyć, ile tej powierzchni musi być, aby osiągnąć taką jasność, czyli określamy rozmiary planetoidy. Najbardziej niepewną informacją była w tej metodzie zdolność odbijania światła, czyli tzw. albedo. Przyjmowano zazwyczaj 4%, ponieważ właśnie takie albedo mają jądra komet, a według teorii planetoidy z Pasa Kuipera są źródłami komet krótkookresowych. Według takich obliczeń planetoidy osiągały wielkości rzędu setek kilometrów, a niektóre, jak np. **2002 AW197** miałyby średnicę 1500 km, czyli 2/3 średnicy Plutona. Przez długi czas ta metoda była jedyna. Jednak niedawno znaleziono inne sposoby „mierzenia” planetoid. Grupa pod przewodnictwem Johna A. Stansberry’ego wykorzystała kosmiczny teleskop Spitzera do pomiaru temperatury oraz całkowitej emisji ciepła. Analiza obu tych pomiarów pozwoliła na ustalenie średnicy badanego obiektu na 700 km. Porównanie tego wyniku z obserwowaną jasnością (ilością odbitego światła) **2002 AW197** dało albedo wynoszące 18%. Okazało się więc, że planetoida ta jest w rzeczywistości dwukrotnie mniejsza. Ten sam zespół dokonał pomiarów jeszcze siedmiu innych obiektów. Na tej podstawie stwierdzono, że średnia wartość albedo obiektów Pasa Kuipera wynosi około 12%. Istnieją jednak pewne różnice w albedo dla poszczególnych obiektów, co staje się zrozumiałe, gdy wezmie my pod uwagę ich różne kolory. Tak więc prawdopodobnie wszystkie, a przy najmniej większość planetoid jest o połowę mniejsza niż do tej pory sądzono. W czasie kiedy J.A. Stansberry wykorzystywał teleskop Spitzera, dwie inne grupy pod przewodnictwem odpowiednio Jeana-Luca Margota (*Cornell University*) i Keitha S.Nolla (*Space Telescope Science Institute*) doszły do takiego samego wniosku, stosując inną metodę pomiaru współczynników odbijania światła obiektów Pasa Kuipera. Korzystając z kosmicznego teleskopu Hubble’a i obserwatoriów naziemnych, oba zespoły ustalili charakterystyki orbit



Artystyczna wizja planetoidy Asbolus z uwiadomieniem krateru

z 13 znanych obiektów podwójnych Pasa Kuipera, co z kolei pozwoliło im na ustalenie mas każdego z ich składników. Gdyby ich albedo miały wartości 4%, obiekty byłyby względnie duże. Oba zespoły stwierdziły, że wynikające stąd gęstości materii tych obiektów byłyby w większości przypadków zbyt małe, aby były realne. Natomiast gdy tym obiektem przypisano możliwe do przyjęcia gęstości, to współczynniki odbijania światła przyjęły wartości od 4% do 41%. Po uwzględnieniu „nowych” rozmiarów obiektów Pasa Kuipera okazuje się, że całkowita masa tego Pasa jest 5–10-krotnie mniejsza niż wcześniej sądzono.

Jak już wspomniałem, w Układzie Słonecznym znajdują się także podwójne układy planetoid. Do tej pory jest ich znanych 13 w Pasie Kuipera. Ale nie są one tak ciekawe jak układy kontaktowe. Do niedawna znane były tylko dwa takie obiekty w Głównym Pasie Asteroid. Były to **216 Kleopatra** i „Trojańczyk” **624 Hektor**. Jednak niedawno, za sprawą obserwacji Scotta S.Shepparda (*Carnegie Institution of Washington*) i Davida C.Jewitta (*University of Hawaii*), pojawiły się przypuszczenia co do istnienia takiego obiektu w Pasie Kuipera. Obiekt **2001 QG298**, bo o nim mowa, orbituje jednak tak daleko, że nawet teleskop Hubble’a nie jest w stanie rozdzielić jego kształtu. Skąd więc przypuszczenia co do podwójności tej planetoidy? Otóż w latach 2002–2003 za pomocą 2,2-m teleskopu należącego do *University of Hawaii* i 10-m teleskopu Keck 1, S.S.Sheppard i D.C.Jewitt zauważali coś niezwykłego w zmianach jasności tego obiektu. Co 6,89 godz. jasność obiektu zmienia się o nadzwyczaj dużą wartość 1,14 mag. Jak dotąd nie stwierdzono jednak zmian koloru obiektu, co sugeruje, że zmiany te nie są wywoła-



Artystyczna wizja układu podwójnego planetoid

ne ciemnymi plamami na powierzchni. Jedynymi do tej pory znanymi obiektami wykazującymi zmiany jasności powyżej 1 mag. były właśnie wspomniane wcześniej układy kontakto-wie Kleopatra oraz Hektor. Wysunięto więc tezę, że **2001 QG298** jest pierwszym w Pasie Kuipera tak ciasnym układem podwójnym, że obiekty się ze sobą stykają. S.S.Sheppard i D.C.Jewitt znaleźli w Pasie Kuipera inne prawdopodobne kontaktowe asteroidy podwójne. Szacują oni, że liczba tego rodzaju obiektów ze składnikami podobnej wielkości w Pasie Kuipera wynosi co najmniej 10%. Tyle na temat bardzo po-bieżnego przeglądu najciekawszych obiektów Pasa Kuipera. Co więc znajduje się poza nim?

Sedna

W roku 2003, a dokładnie 14 listopada, na 3 zdjęciach wykonanych za pomocą 48-calowego teleskopu im. Samuela Oschyna, znajdującego się na górze Palomar w Kalifornii, Michael E.Brown (Caltech) pracujący z Chadem A.Trujillo (Gemini Telescope) i Davidem Rabinowitzem (Yale) zlokalizowali obiekt, który jak się później okazało, jest najdalszym do tej pory zaobserwowanym obiektem w Układzie Słonecznym. Pierwotne oznaczenie obiektu to **2003 VB12**, później jednak otrzymał on nazwę **Sedna** na cześć inkaskiej bogini żyjącej w zimnej i ciemnej jaskini na dnie lodowatego morza. Sprawdzenie starszych obserwacji ujawniło ten obiekt na zdjęciach wykonanych w 2001 r.



Artystyczna wizja Sedny

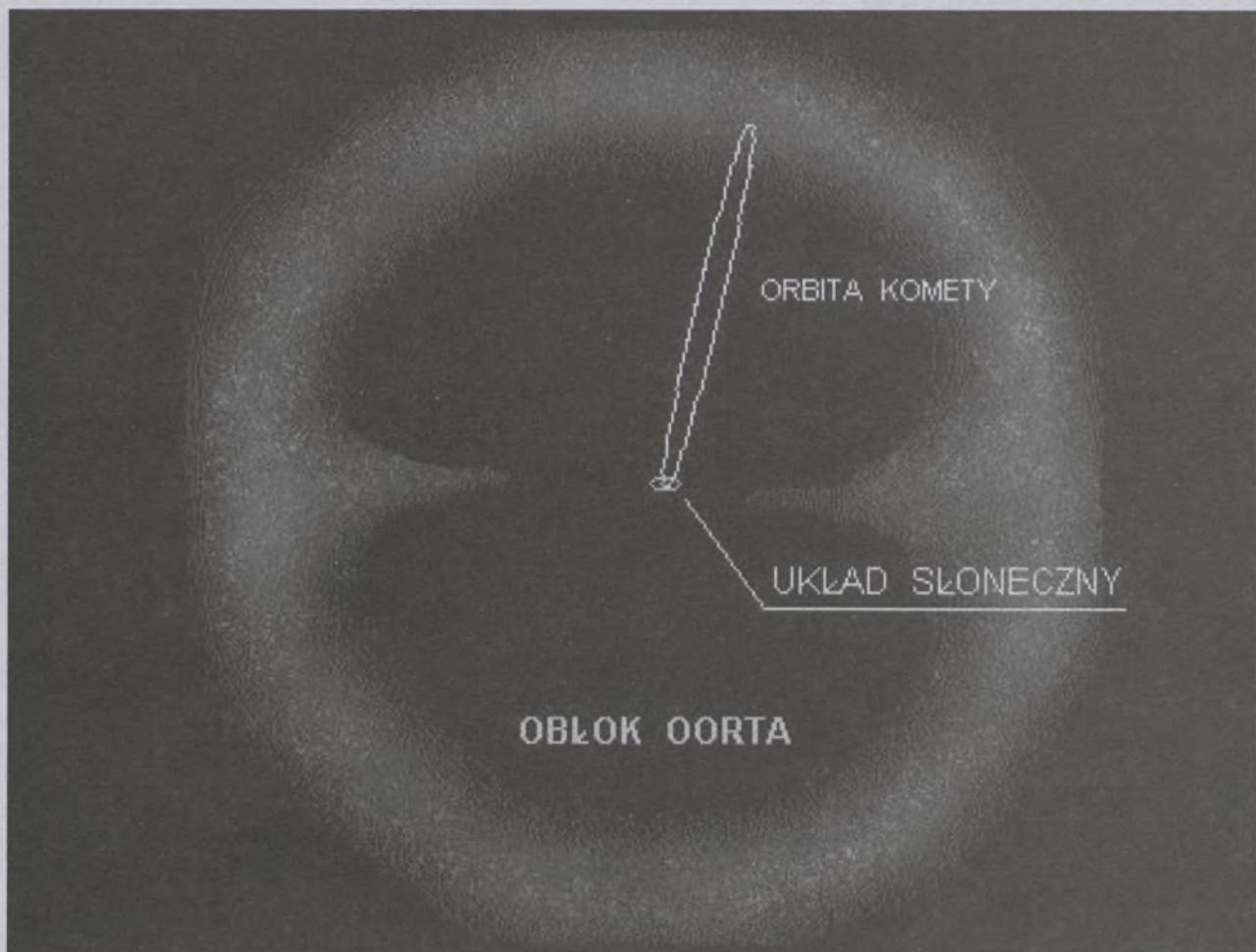
przez inny zespół uczonych pracujących na tym samym teleskopie. Wykorzystując dane o ówczesnych pozycjach obiektu, możliwe było obliczenie orbity **Sedny**. Okazało się, że ma ona bardzo ekscentryczną orbitę. W momencie odkrycia ciało znajdowało się w odległości 86 j.a., natomiast perihelium znajduje się na 76 j.a. Jednak największe zdziwienie wywołała odległość aphelium, wynosząca około 985 j.a. Lokalizacja **Sedny** jest zagadką dla dynamików zajmujących się Układem Słonecznym. Jest ona bowiem zbyt daleko, aby należeć do Pasa Kuipera, a jednocześnie zbyt blisko (nawet w aphelium), by należeć do Obłoku Oorta, o którym więcej opowiem później. Pojawiła się zagadka,

jak **Sedna** się znalazła na swojej orbicie. Jedna z tez mówi, że mogła ona zostać wyrzucona z Pasa Kuipera przez masywną planetę okrążającą Słońce tuż za Pasem Kuipera. Jednak jest to mało prawdopodobne, ponieważ taka planeta powinna już dawno zostać odkryta. Tak się jednak nie stało, więc bardziej prawdopodobna staje się możliwość, jakoby w pobliżu Słońca przeleciała inna gwiazda, zburzając orbitę **Sedny** i wielu innych obiektów. Do nich można by też zaliczyć **2000 CR105**, który przed odkryciem **Sedny** był uważany za najdalejszy obiekt w Układzie Słonecznym. Krąży on na orbicie, oddalając się od Słońca na maksymalną odległość 415 j.a. Do hipotetycznego przelotu innej gwiazdy w okolicach Słońca musiało dojść nie później niż 100 mln lat po powstaniu Układu Słonecznego. Późniejszy przelot mógłby zakłócić powstanie Obłoku Oorta. Przyjmując takie wyjaśnienie nietypowości orbity Sedny można się spodziewać wielu obiektów na podobnych orbitach. M.E. Brown za pomocą szerokokątnej 170-megapunktowej kamery *Palomar QUEST* prowadzi obecnie poszukiwania odległych obiektów Układu Słonecznego. Dotychczasowym plonem jego wysiłków jest odkrycie w roku 2002 innego dużego obiektu — 50000 Quaoar.

Planetolodzy są bardzo ciekawi samej **Sedny**, która obecnie ma jasność nieco większą od 21 mag. Jej rzeczywista wielkość pozostaje nieznana.



Zdjęcie Sedny wykonane kamerą SBIG ST-10XME na 20-caliowym teleskopie. Oryginalna strona www.rcopticalsystems.com/gallery/sedna.html



Obłok Oorta. Widoczna jest wewnętrzna część leżąca w płaszczyźnie ekiptyki oraz płynne przejście w zewnętrzny Obłok Oorta

Próba wykrycia jej w zakresie fal podczerwonych za pomocą kosmicznego teleskopu Spitzera zawiodła, a obserwacje za pomocą kosmicznego teleskopu Hubble'a są w toku. Sedna jest jednak wyraźnie czerwona i ma niespodziewanie jasną powierzchnię, która odbija od 20% do 25% padającego na nią światła słonecznego.

Obłok Oorta

Kolej teraz na omówienie Obłoku Oorta. Nazwa pochodzi od nazwiska holenderskiego astronoma, który postawił hipotezę, jakoby źródłem komet długookresowych był sferyczny obłok odległy o około 100 000 j.a., czyli około 1 roku świetlnego od Słońca. Najprawdopodobniej obiekty znajdujące się tak daleko od Słońca zostały tam wyrzucone przez grawitacyjne oddziaływanie planet olbrzymów we wczesnych fazach tworzenia Układu Słonecznego. Materia w takiej odległości jest tak rozrzedzona, że niemożliwe byłoby powstanie tych obiektów w tamtym miejscu. Musiały więc powstać bliżej Słońca, następnie poprzez

oddziaływanie gazowych planet, które kiedyś miały bardziej eliptyczne i mniej stabilne orbity, mogły zostać wyrzucone na odległość 1 roku świetlnego. Przypuszcza się, że obiekt krążący między orbitami Saturna i Urana, zwany Chironem, może być pozostałością po tamtych czasach. Mógł on uniknąć wyrzucenia do Obłoku Oorta. Sądzi się tak dlatego, że obiekt ten nie zachowuje się jak zwykła planetoida. Obserwuje się sporadyczne zmiany jasności, które tłumaczy się wybuchami gazu i pyłu na powierzchni tej planetoidy. Byłyby więc to przejawy aktywności kometarnej.

Jak do tej pory nie udało się zobaczyć żadnego obiektu Obłoku Oorta. Jest to niemożliwe z powodu bardzo małej jasności tych ciał. Szacuje się, że miałyby one jasność około 50 mag. Jedyne, co można obserwować, to komety długookresowe, prawdopodobnie ciała, których ruch został zaburzony przez sąsiednie gwiazdy, przez co wlatują do centrum Układu Słonecznego, gdzie można je obserwować.

Podsumowanie

Tak kiedyś kształtoły się wyobrażenia o Układzie Słonecznym, a tak to wygląda teraz. Zaczeliśmy od układu geocentrycznego, w którym Układ Słoneczny (oczywiście wtedy się tak nie nazywał, bo Słońce nie miało głównego znaczenia) kończył się za orbitą Saturna, gdzie znajdowała się sfera gwiazd stałych, a kończymy na latach dzisiejszych, gdzie Układ Słoneczny kończy się na sferycznym Obłoku Oorta.

O ile w starożytności nie doszukiwano się czegoś więcej na granicach Układu Słonecznego, o tyle teraz to bardzo fascynujące zagadnienie i wiele odkryć jest jeszcze przed nami. Tak więc im więcej się dowiemy, tym więcej pojawią się pytań. Na tym polega urok nauki...

Autor jest studentem astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika. Artykuł powstał jako praca seminarystyka

Podwójny pulsar J0737-3039 — fascynujące laboratorium fizyki

Podstawową cechą promieniowania pulsarów jest periodyczność. Już w rok po odkryciu pulsarów stało się jasne, że są to szybko rotujące gwiazdy neutronowe obdarzone silnym polem magnetycznym (Gold T., Nature, 218, 731, 1968). Idea chronometrażowych obserwacji, których prowadzenie rozpoczęto po roku 1967, polega na rejestraniu, z możliwie dużą precyzją, momentów przyjścia regularnie wysyłanych przez pulsara impulsów. Obserwacje te szybko stały się źródłem cennych informacji.

W ostatnich latach w australijskim obserwatorium Parkes w ramach programu poszukiwania pulsarów, realizowanego przy użyciu 64-m radioteleskopu, odkryto ponad 700 nowych obiektów tej klasy. Więcej szczegółowych informacji oraz parametry odkrytych, jak i wcześniej znanych pulsarów, czytelnik może znaleźć na stronie australijskiej grupy pulsarowej <http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>.

Obecnie w bazie danych ATNF (Australian Telescope National Facility Pulsar Catalogue) są 1533 pulsary, z czego tylko niewielki procent (~7%) stanowią pulsary związane grawitacyjnie z gwiazdą towarzyszącą. Gwiazdy towarzyszące pulsaram

w układach podwójnych są obserwowane na ogół w zakresie optycznym widma elektromagnetycznego. Są to zazwyczaj białe karły, rzadziej gwiazdy masywne typu B. Natomiast w sześciu układach obserwacje optyczne gwiazd towarzyszących nie są możliwe, dlatego że same gwiazdy towarzyszące są gwiazdami neutronowymi. Wartości mas tych gwiazd mogą być wyznaczone z orbitalnego ruchu pulsara, czyli regularnych obserwacji chronometrażowych pulsara i odpowiedniego modelu teoretycznego dopasowanego do tych danych.

PSR J0737-3039 — odkrycie

Jednym z najgoręcej dyskutowanych ostatnio na łamach czasopism astronomicznych obiektów spośród grupy owych sześciu układów gwiazd neutronowych jest odkryty w 2003 r. przez Martę Burgay i współpracowników pulsar PSR J0737-3039 (Nature, 426, 531, 2003).

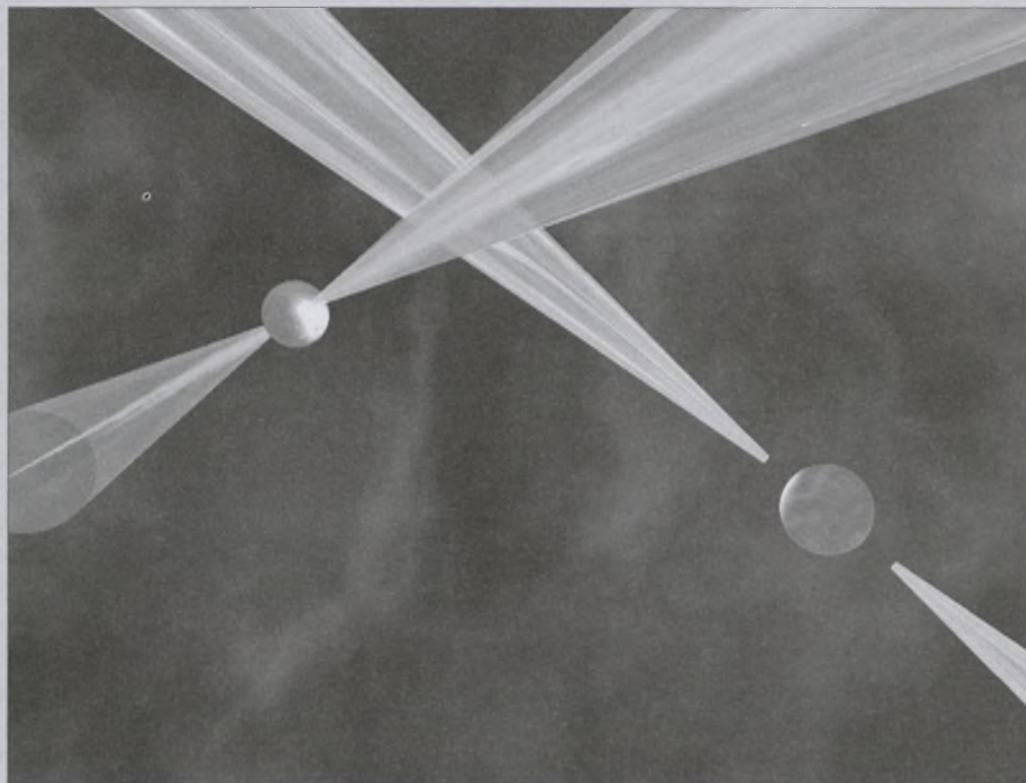
Układ, w którym znajduje się PSR J0737-3930, jest podobny do znanego od 1974 (Hulse & Taylor, ApJL, 195, L51) systemu PSR B1913+16, za którego odkrycie i badanie Taylor i Hulse otrzymali w 1992 prestiżową Nagrodę Nobla. O ogólnej teorii względności, jak również jej obserwacyjnych aspektach w kontekście PSR



B1913+16 pisał wie-lokrotnie na łamach U-PA doc. Tadeusz Jarzębowski: 3/91, 3/96 oraz 4/96. Relaty-wistyczna natura nowo odkrytego, zwartego układu po-dwójnego otwiera szerokie możliwości dla bardziej, w po-równaniu z dotych-czasowymi, wyrafi-nowanych testów teorii grawitacji. Dzieje się tak dlate-go, iż bardzo szybko po odkryciu pulsara J0737-3039 okazało się, że towarzysząca mu gwiazda neutro-nowa jest również pulsarem. Następny podrozdział opisuje, jak doszło do tego odkrycia.

Odkrycie składnika B

W październiku 2003 r. Andrew Lyne wraz ze współpracownikami, z których większość brała również udział w odkryciu Marty Burgay, śle-dzili PSR J0737-3039 podczas jego ruchu orbitalnego. Wyniki tych obserwacji są przedstawione na rys. 2. Analizując zebrane dane, astronomowie odkryli radiowe脉sy o okresie 2,8 s pochodzące z drugiej gwiazdy neutronowej! W ten sposób, i tak już sensacyjny układ dwóch gwiazd neutronowych będący unikatowym laboratorium relatywistycznym, stał się jeszcze bardziej interesującym pulsarem, tym razem — podwójnym. Po odkryciu drugiego pulsara w ukła-dzie J0737-3039 przyjęto następujące nazewnictwo: pierwszy odkryty pulsar oznaczono symbolem PSR J0737-3039A, natomiast drugi PSR J0737-3039B. Sygnały pulsara B nie zostały wcześniej odkryte, ponieważ ów składnik jest jasny (i tym samym widoczny) tylko w dwóch 10-minutowych przedziałach fazy orbitalnej przypadających w okolicach 210 i 280 stopnia długości orbitalnej (rys. 2). Dotychczas nie jest jasna przyczyna nagłego wzrostu natężenia promienio-wania z pulsara B (wzrost o dwa rzę-dy wielkości!) podczas tych dwóch



Rys. 1. Artystyczna wizja podwójnego pulsara J0737-3930. Źródło: <http://www.jb.man.ac.uk/news/doublepulsar>

przedziałów faz. W pozostałych fazach orbity pulsar B jest ekstremalnie słaby i możliwy do detekcji tylko przy użyciu najczulszych detektorów. Z te-go właśnie powodu pulsar B nie zo-stał odkryty podczas pierwszych obserwacji pulsara A. Znajdował się on wtedy na 146 stopniu długości orbitalnej, gdzie jego sygnał jest bardzo słaby. Te nagłe zmiany natężenia promienowania pulsara B można np. tłumaczyć poprzez oddziaływanie czę-stek pochodzących z pulsara A z magnesoferą pulsara B. Pulsar B jest „podświetlany” przez pulsar A. Odkrycie młodego towarzysza (składnik B) wokół starego pulsara milisekundowego (składnik A) potwierdza od dawna wysukaną hipotezę powstawania pulsarów milisekundowych, tzw. teorię „odzyskiwania” (z ang. *recycling theory* szerzej omówioną w rozdziale o powstawaniu i ewolucji układu J0737-3039).

W początkowej fazie po odkryciu nie tylko zostały zmierzone wartości czterech cechujących i zgodnych z ogólną teorią względności pa-metrów, tj. $d\omega/dt$, γ , r , s (szerzej omówionych w rozdziale dotyczącym testowa-nia teorii grawitacji), ale również stosunek mas pulsarów R. Parametr R jest nowym (nie stosowanym dotąd), bardzo precyzyjnym i niezależnym od

teorii grawitacji ograniczeniem na masę. Równocześnie astronomowie oszacowali oczekiwana wartość skra-cania się okresu orbitalnego (dP_b/dt) wskutek emisji fal grawitacyjnych. W długiej skali czasowej kilku, kilku-nastu lat przewiduje się zaobserwowa-nie innych efektów relatywistycznych, takich jak np. precesji geodezyjnej osi obrotu pulsarów oraz sprężenia spin-orbita. Możliwość wyznaczenia tych parametrów klasyfikuje układ J0737-3039 jako najznakomitsze laborato-rium relatywistyczne, jakim dotych-czas dysponowano.

Pulsar podwójny

Pierwszy, i jak dotąd jedyny, pulsar podwójny składa się z pulsarów o okre-sach rotacji 22 ms i 2,8 s, odpowiednio dla składnika A i B. Gwiazdy okrążają wspólny środek masy w 2 godz. i 24 min po lekko ekscentrycznej orbi-cie o mimośrodzie $e \sim 0,1$. Duża szyb-kość ruchu linii absyd, $d\omega/dt = 16,9$ stopnia luku kątowego na rok, tj. czte-ry razy więcej niż w wypadku PSR B1913+16, jest ściśle związana z krótkim okresem orbitalnym. Wartość ta została zmierzona już w kilka dni po odkryciu pulsara A. Na podstawie wyznaczonych parametrów układu można oszacować czas, w jakim na-stąpi zlanie się (tzw. koalescencja)

Parametry orbitalne sześciu znanych układów dwóch gwiazd neutronowych (Champion et al., MNRAS, 350, L61, 2004). W kolumnach kolejno: nazwa pulsara, okres rotacji, okres orbitalny, rzut półosi wielkiej wyrażony w sekundach świetlnych, ekscentryczność, ruch roczny peryastronu, pochodna okresu orbitalnego, funkcja mas, suma składników układu, oszacowany czas koalescencji. Gwiazdką została oznaczona przewidywana wartość zmian okresu orbitalnego układu J0737-3039

PSR	P ms	P_b dni	$a \sin i$ sek. św.	e	$d\omega/dt$ °/rok	dP_b/dt $\times 10^{-12}$	$f(m)$ M_\odot	$m_1 + m_2$ M_\odot	τ_{GW} $\times 10^9$ lat
B1913+16	59,03	0,32	2,34	0,62	4,23	-2,43	0,13	2,83	0,31
B1534+12	37,9	0,42	3,73	0,27	1,76	-0,14	0,31	2,75	2,69
B2127+11C	30,53	0,34	2,52	0,68	4,46	-3,94	0,15	2,71	0,22
J1518+4904	40,93	8,63	20,04	0,25	0,01	—	0,12	2,62	9600
J1811-1736	104,18	18,78	34,78	0,83	0,01	<30	0,13	2,6	1700
J0737-3039A	22,7	0,1	1,42	0,09	16,88	-1,24*	0,29	2,59	0,09
J0737-3039B	2773,46	—	1,51	—	—	—	0,36	—	—

jego składników. Dojdzie do tego już za około 85 mln lat. Odkrycie układu o tak krótkim czasie koalescencji kilkakrotnie zwiększa szansę na obserwowanie tego typu zdarzeń przez naziemne detektory fal grawitacyjnych pierwszej generacji w porównaniu z wcześniejszymi oszacowaniami, opartymi na własnościach układów w układach podwójnych, takich jak PSR B1534+12 i PSR B1913+16. (Czytelnik może porównać własności i czasy koalescencji sześciu znanych układów podwójnych gwiazd neutronowych — tab.).

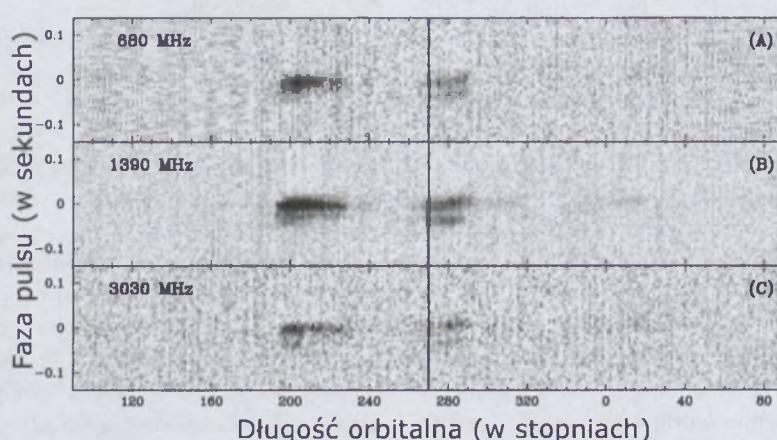
Pochodzenie i ewolucja pulsara podwójnego

Pochodzenie i istnienie układów DNS (z angielskiego double neutron

stars — układy podwójne gwiazd neutronowych), takich jak układ J0737-3039, jest najprawdopodobniej związane z następującym scenariuszem ewolucyjnym. Punkt wyjścia stanowią dwie gwiazdy ciągu głównego o różnych masach związane ze sobą oddziaływaniem grawitacyjnym. Masywniejsza z tych gwiazd ewoluje szybciej, aby ostatecznie wybuchać jako supernowa i uformować szybko rotującą gwiazdę neutronową o silnym polu magnetycznym, czyli pulsara. W sprzyjających warunkach nowo powstała gwiazda neutronowa pozostała związana grawitacyjnie z gwiazdą towarzyszącą i jak każdy pulsar spowalnia swój ruch obrotowy przez następne 10^6 — 10^7 lat. Po jakimś czasie druga gwiazda (początkowo mniej

masywna) kończy swoje życie na ciągu głównym i z biegiem czasu, przehodząc do fazy czerwonego olbrzyma, wypełnia swoją powierzchnię Roche'a. Silne pole grawitacyjne gwiazdy neutronowej przyciąga materię rozdmuchanego czerwonego olbrzyma, formując dysk akrecyjny. W tej fazie ewolucji układ może być obserwowany przez nas jako układ rentgenowski. Akrecja materii przekazuje orbitalny moment pędów gwieździe neutronowej, rozkrecając ją w ten sposób do bardzo krótkich okresów, a przy tym znaczco redukując wartość jej pola magnetycznego. Graniczna wielkość okresu rotacji rozkręcanej gwiazdy jest osiągana poprzez równowagę pomiędzy ciśnieniem magnetycznym akrejującej gwiazdy neutronowej a ciśnieniem spadającej materii. Tak najprawdopodobniej powstał pulsar A w układzie J0737-3039.

Kluczową fazą ewolucji zwartych układów DNS jest zmniejszanie się separacji orbitalnej składników. Zacieśnianie orbity następuje wtedy, gdy materia z ewoluującej gwiazdy jest tracona z układu. Skutkuje to bardzo zwartym systemem, składającym się z gwiazdy helowej i neutronowej. Dostatecznie masywna gwiazda helowa w końcu przechodzi fazę wybuchu supernowej, formując drugą, bardzo młodą gwiazdę neutronową. Tak powstał pulsar B. Jeśli po drugiej eksplozji gwiazdy wciąż pozostały związane ze sobą grawitacyjnie, końcowy układ jest parą dwóch gwiazd neutronowych obiegających wspólny środek masy po bardzo ekscentrycznej orbi-



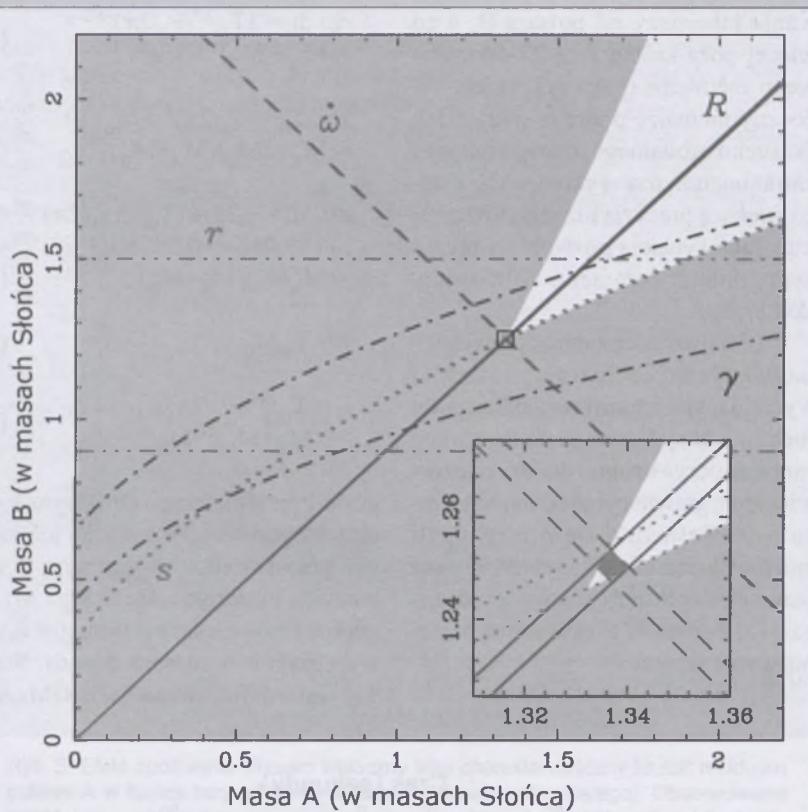
Rys. 2. Natężenie promieniowania pulsara B w funkcji długości orbitalnej liczonej od węzła wstępującego Ω . Każdy z paneli ukazuje w skali szarości natężenie promieniowania w przedziale 0,2 fazy okresu rotacji pulsara. (A), (B) i (C) ilustrują odpowiednio wyniki obserwacji na 680, 1390 i 3030 MHz, pokazując podobieństwa zmian natężenia promieniowania w szerokim zakresie częstotliwości oraz zmiany kształtu pulsu w funkcji fazy orbitalnej. Źródło: A. Lyne i in., Science, 303, 1153, 2004

cie. Co więcej, wartości pól magnetycznych, jak również okresy rotacji tak uformowanych gwiazd znacząco się różnią. Różnice te są obserwowane w układzie J0737-3039. Ponadto, w porównaniu ze zmierzonymi wartościami mas innych gwiazd neutronowych składnik A ma masę typową ($M_A = 1,34 M_\odot$), podczas gdy składnik B ($M_B = 1,25 M_\odot$) jest znacznie lżejszy niż jakakolwiek znana dotąd gwiazda neutronowa.

Czas, jaki minął od wybuchu drugiej supernowej, można oszacować poprzez porównanie zmierzonych wielkości okresu rotacji P i jego pochodnej dP/dt obu składników układu. W ten sposób wyznacza się tak zwany wiek charakterystyczny $\tau = P/(2 \times dP/dt)$ przy założeniu, iż początkowy okres rotacji był znacznie krótszy od obecnie obserwowanego. Jeśli τ jest poprawnym wskaźnikiem rzeczywistego wieku pulsarów, to wtedy oczekujemy, że $\tau_A \sim \tau_B$. Jednakże, obserwowane wartości dają następującą relację: $\tau_A \sim 4\tau_B$. Rozbieżność tę możemy wy tłumaczyć, podając wątpliwość jedno lub więcej założeń stosowanych przy wyznaczaniu równania wieku charakterystycznego: pomijalny początkowy okres rotacji i niezmieniony moment hamujący dipola magnetycznego. Oznacza to, iż początkowy okres rotacji powtórnie rozkręconego składnika A jest niezaniedbywalny z powodu opisanego powyżej procesu akrecji. Proste modele przyjmujące stałe spowalnianie dipola magnetycznego szacują po akrecyjny okres rotacji pulsara A w zakresie od 10 do 18 ms. Otrzymane w ten sposób wartości są wystarczające, aby wy tłumaczyć obserwowaną rozbieżność wieków charakterystycznych τ_A i τ_B . (Obszerny artykuł o powstawaniu pulsarów podwójnych i milisekundowych Wojciecha Lewandowskiego został opublikowany w „Uranię-PA” 1/96).

Testowanie teorii grawitacji

Ponieważ gwiazdy neutronowe są masywnymi obiektami zwartymi, podwójny pulsar (jak również inne DNS) można traktować jako układ dwóch źródeł (prawie) punktowych. Rozważając grupę obiektów takich jak pulsary, pamiętajmy, że w tym kontekście są to nie tylko źródła punktowe, ale również chodzące z niebywałą dokład-



Rys. 3. Wykres masa-masa dla układu J0737-3039. Obserwacyjne ograniczenia na masy składników układu. Obszar zacieniony jest obszarem zabronionym wynikającym z keplerowskiego ograniczenia funkcji mas dwóch pulsarów,

$$f(m) = (M_B \sin i)^3 (M_A + M_B)^{-2} = 4\pi^2 (a \sin i)^3 / G P_b^2 = 0,29 M_\odot.$$

Dalsze ograniczenia są pokazane jako pary linii (wartość parametru \pm błąd) wycinające na płaszczyźnie masa-masa obszary dozwolone przez teorię względności: (i) pomiar szybkości ruchu linii absyd $d\omega/dt$ oraz znajomość parametrów orbitalnych dają ograniczenie na sumę mas składników

$$M_A + M_B = P_b^{5/2} (2\pi G)^{-1} ((1-e^2)c^2) d\omega/dt)^{3/2} (6\pi)^{-3/2} = 2,588 \pm 0,003 M_\odot$$

(linia przerywana), (ii) pomiar $R = M_A/M_B = a_B \sin i / a_A \sin i = 1,069 \pm 0,006$ (linia ciągła), (iii) pomiar poczerwienienia grawitacyjnego i dylatacji czasu, parametr $\gamma = 0,38(5)$ ms (linia \rightarrow), (iv) pomiar parametru Shapiro r , dający ograniczenie na $M_B = 1,2 \pm 0,3 M_\odot$ (linia \leftarrow) oraz (v) parametr Shapiro s , wyznaczający倾斜度 of układu (linia kropkowana). W prawym dolnym rogu 16-krotne powiększenie miejsca przecięcia się linii najbardziej dokładnie wyznaczonych parametrów. Wyznaczone przez przecięcie się tych linii pole trapezu pokazuje przestrzeń możliwych rozwiązań tego układu

nością zegary. Nie trzeba dodawać, iż w wypadku podwójnego pulsara obserwujemy dwa nadzwyczaj precyzyjne chronometry działające w silnym polu grawitacyjnym. Taki system jest wymarzonym laboratorium do weryfikowania teorii grawitacji w warunkach silnych pól. Testów dokonuje się poprzez pomiar relatywistycznych poprawek do keplerowskiego opisu ruchu orbitalnego, tzw. parametrów postkeplerowskich (PK). Dla mas punktowych z zaniedbywalnym wpływem spinów, parametry te w każdej teorii powinny być z założenia tylko i wyłącznie funkcją nieznanych mas gwiazd neutronowych układu i bardzo dobrze mierzalnych klasycznych elementów orbity keplerowskiej, czyli

ekscentryczności e , półosi wielkiej a , nachylenia orbity i (kąt pomiędzy ekliptyką a płaszczyzną orbity), długości węzła wstępującego Ω , długości peryastronu ω oraz momentu przejścia przez peryastron T_0 .

Z dwiema masami, jako jedynymi wolnymi parametrami, pomiary trzech lub większej liczby parametrów PK określają układ i dlatego też zapewniają podstawę do testowania teorii grawitacji. Parametry PK produkują zależne od teorii linie na diagramie masa-masa (rys. 3).

Dla teorii, która opisuje poprawnie układ dwóch ciał, wszystkie linie powinny przecieść się w jednym punkcie.

Ponieważ pulsar A układu J0737-3039 rotuje szybciej i jest zdecydo-

wanie jaśniejszy od pulsara B, a co więcej poza krótką fazą 27-sekundowego zaćmienia (patrz rys. 4) jest widoczny niemalże podczas wszystkich faz ruchu orbitalnego, dlatego też jego chronometraż jest wykonywany z dużo większą precyją niż jego towarzysza. Taka sytuacja pozwala na precyjny pomiar parametrów PK orbity składnika A.

Pięć najważniejszych poprawek relatywistycznych (parametrów PK) wynikających z teorii względności to: ruch linii absyd, zamiennie nazywany ruchem peryastronu, $d\omega/dt$, poczerwienienie grawitacyjne i dylatacja czasu γ , zacieśnianie się orbity, czyli zmiana okresu orbitalnego dP_b/dt oraz parametry efektu (opóźnienia) Shapiro r i s . Poprawki te opisane są następującymi wzorami:

$$\frac{d\omega}{dt} = 3T_{\odot}^{2/3}(P_b/2\pi)^{-5/3} \times \\ \times (M_A + M_B)^{2/3}(1-e^2)^{-1} \quad (1)$$

$$\gamma = T_{\odot}^{2/3}(P_b/2\pi)^{1/3}eM_B \times \\ \times (M_A + 2M_B)(M_A + M_B)^{-4/3} \quad (2)$$

$$\frac{dP_b}{dt} = -38,4\pi T_{\odot}^{5/3}(P_b/2\pi)^{-5/3} \times \\ \times (1+3,042e^2+0,385e^4)(1-e^2)^{-7/2} \times \\ \times (M_A M_B)(M_A + M_B)^{-1/3} \quad (3)$$

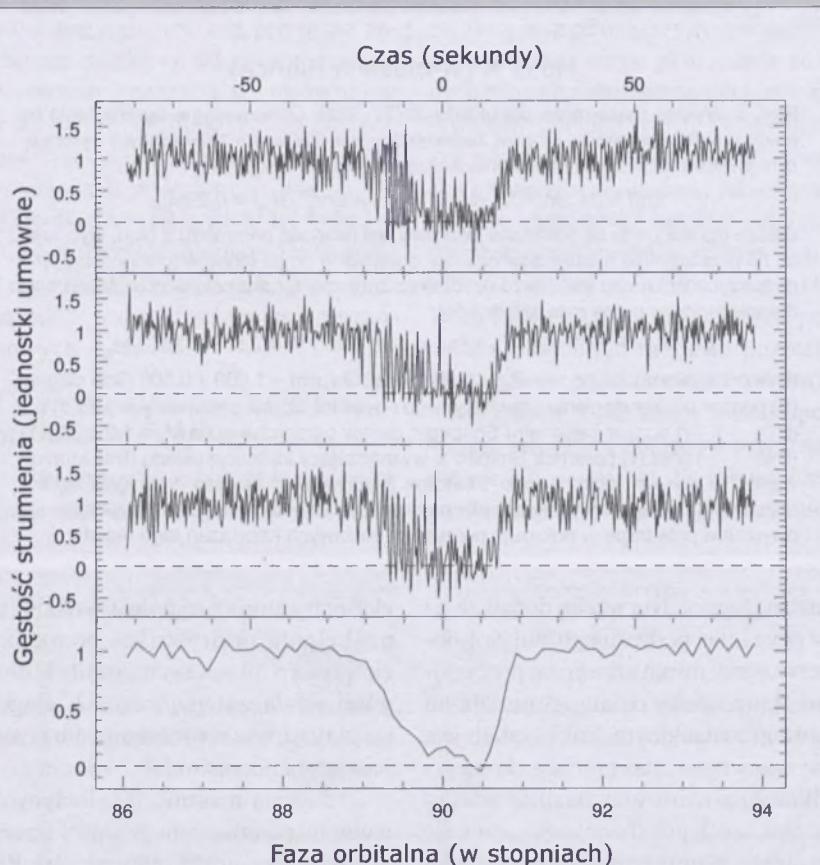
$$r = T_{\odot} M_B \quad (4)$$

$$s = T_{\odot}^{-1/3}(P_b/2\pi)^{-2/3} \times \\ \times (M_A + M_B)^{2/3} M_B^{-1} \quad (5)$$

gdzie P_b jest okresem orbitalnym, e – ekscentrycznością, a $x = \sin i$ jest rzutem półosi wielkiej wyrażonym w sekundach świetlnych. Masy M_A i M_B są odpowiednio masami składników A i B wyrażonymi w masach Słońca. Stała T_{\odot} jest zdefiniowana jako GM_{\odot}/c^3 ,

gdzie G to stała grawitacji, a c prędkość światła. Pierwszy parametr, $d\omega/dt$, jest najłatwiejszy do zmierzenia i opisuje relatywistyczne skręcanie się linii absyd. Równanie (1) dostarcza nam momentalnie wartości sumy mas składników ($M_A + M_B$). Wykrywanie obrotu linii absyd jest dość proste w przypadku układów, gdzie jednym ze składników jest pulsar. Wystarczy zjawisko Dopplera. Z obserwacji zmian częstotliwości impulsów otrzymuje się krzywą prędkości radialnych, jej kształt zależy od orientacji osi orbity względem obserwatora. Gdy zatem orbita skręca się, zmienia się kształt tej krzywej.

Parametr γ opisuje amplitudę opóźnienia czasów przyjęcia sygnałów powodowanych przez efekty poczerwienienia grawitacyjnego i dylatacji czasu. Związane jest to z ruchem pulsara po eliptycznej orbicie, czyli znajdowaniem się w różnych odległościach od towarzysza (jego potencjału grawitacyjnego) i poruszaniem się z różną prędkością. Zacieśnianie się orbity powodowane emisją fal grawitacyjnych jest opisywane zmianą, skracaniem się okresu orbitalnego, dP_b/dt . Wskutek utraty energii średnia orbita maleje, a wraz z nią maleje okres obiegu gwiazd wokół środka masy układu. Pulsar osiąga kolejne peryastra z coraz większym wyprzedzeniem w stosunku do układu nie tracącego energii. Ostatnie dwa parametry, r i s , są związane z efektem (opóźnieniem) Shapiro powodowanym przez pole grawitacyjne towarzysza (rys. 5). Promieniowanie emitowane przez jedną z gwiazd doznaje opóźnienia w zakrzywionej czasoprzestrzeni gwiazdy towarzyszącej. Efekt ten będzie obserwowany tylko w takich układach, dla których kierunek ku Ziemi leży w przybliżeniu w płaszczyźnie obiegu składników, tzn. gdzie kąt nachylenia i jest bliski 90° . Z dopasowania parametrów modelu chronometrażowego uwzględniającego efekt Shapiro do obserwowanych danych otrzymano $s = 0,9995(-32,+4)$. Stąd wiemy, że nachylenie orbity układu wynosi 87° (rys. 5). Obserwalność efektu Shapiro jest uwarunkowana nie tylko stopniem nachylenia orbity, ale również precyją chronometrażu. Dla pulsara A wszystkie ww. parametry postkeplerowskie zostały już wyznaczone.



Rys. 4. Gęstość pulsującej składowej strumienia pulsara A w funkcji czasu (względem koniunkcji) i fazy orbitalnej. Trzy górne wykresy ilustrują obserwacje trzech zaćmień pulsara A przez pulsar B na częstotliwości 820 MHz. Dolny panel to uśredniona suma trzech zaprezentowanych powyżej zakryć. W przypadku pojedynczych krzywych blasku uśredniono każde kolejne 12 pulsów, otrzymując rozdzielcość czasową rzędu 0,27 s. Dla dolnej krzywej blasku uśredniono 100 pulsów, zatem rozdzielcość czasowa wynosi 2,3 s. W każdym przypadku gęstość strumienia została znormalizowana tak, aby jej wartość średnia przed zaćmieniem była równa jeden. Zwrócmy uwagę, iż patrzymy na zaćmienie obiektu, którego promień wynosi około 10 km, a cały układ jest od nas oddalony o 570 pc (wartość otrzymana z pomiaru miary dyspersji i założonego modelu rozkładu zjonizowanego gazu w ośrodku międzygwiazdowym).

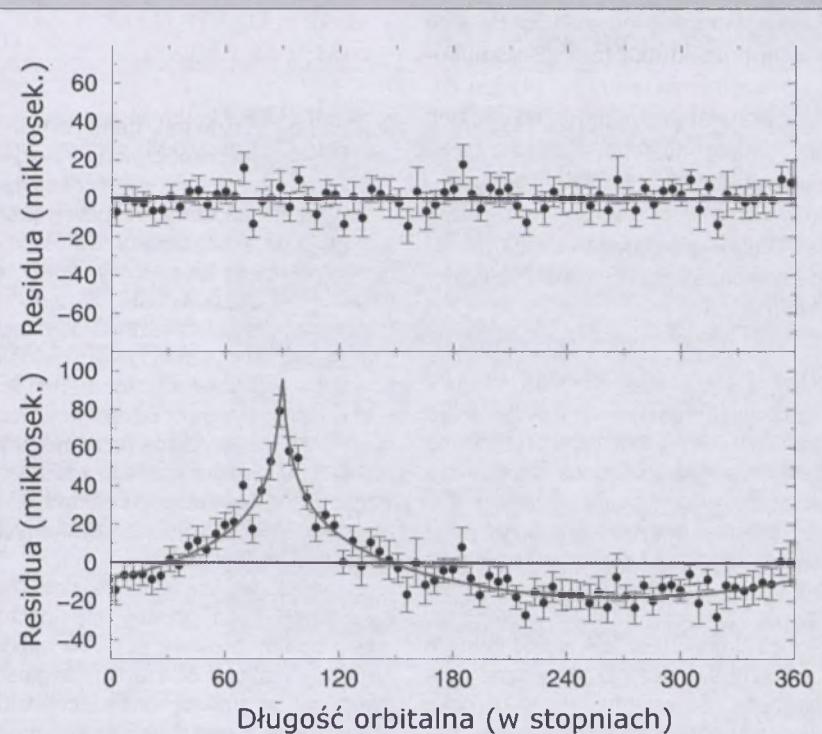
Źródło: McLaughlin et al., ApJ, 616, L131, 2004

czone. Jednocześnie możliwość pomiaru orbit obu pulsarów A i B stwarza niebywałą jak dotąd okazję nowego testu teorii.

Dzięki możliwości wyznaczenia rzutów półosi wielkich obu składników układu otrzymujemy, z trzeciego prawa Keplera, bardzo precyzyjny pomiar stosunku mas pulsarów: $R(M_A, M_B) \equiv M_A/M_B = x_B/x_A = a_B \sin i/a_A \sin i$.

Dla każdej relatywistycznej teorii grawitacji oczekujemy, że stosunek mas R będzie spełniał tę prostą relację, przynajmniej do rozwinięcia pierwszego rzędu. Co ważniejsze, wartość R jest niezależna od obecności silnego pola grawitacyjnego. Natomiast takie stwierdzenie nie jest prawdziwe dla parametrów PK. To dostarcza przekonywającego i nowego ograniczenia dla teorii grawitacji. Wartości mas otrzymanych z parametrów PK muszą być spójne ze współczynnikiem mas otrzymanym z trzeciego prawa Keplera. Wraz z pięcioma już dostępnymi parametrami PK, to dodatkowe ograniczenie czyni z podwójnego pulsara system określony. Dla nas jest to niebywała okazja do studiowania efektów relatywistycznych zachodzących w skrajnie silnym polu grawitacyjnym.

W przyszłości precyza otrzymanych wartości parametrów PK wzrosnie, ponieważ będziemy dysponowali dłuższą bazą obserwacyjną, jak również stosowali coraz to czulsze instrumenty. W nadchodzących latach powinniśmy zmierzyć dodatkowe parametry PK, włączając w to te, które wynikają z relatywistycznej deformacji orbity (skutkujących w jej kątowych i radialnych zmianach) i tych, których źródło leży w efektach aberracyjnych i ich wzajemnemu oddziaływaniu z precesją geodezyjną. Zjawisko precesji geodezyjnej jest nastawstwem sprzężenia zachodzącego pomiędzy ruchem wirowym a obiegowym, tzw. sprzężenia „spin-orbita”. Oznacza to, że oś obrotu każdego z pulsarów powinna doznać skręcenia. W konsekwencji musiałaby zmieniać się również kąt między osią pulsara a kierunkiem do obserwatora — a to pociągałoby zmiany w kształcie rejestrowanych przez nas szerokości profili radiowych pulsarów. Efekt byłby widoczny najwyraźniej jako kontrybucja do wyznaczonych z obserwa-



Rys. 5. Efekt opóźnienia Shapiro widoczny jako charakterystyczny kształt residuum pulsara A w funkcji fazy orbitalnej (liczonej od węzła wstępującego). Obserwowane zapóźnienia są konsekwencją przejścia sygnału pulsara A w pobliże potencjału grawitacyjnego pulsara B podczas ruchu orbitalnego. Wykres górnego pokazuje residua czasów przyjścia pulsów składnika A po dopasowaniu modelu chronometrażowego uwzględniającego zapóźnienie Shapiro, podczas gdy panel dolny pokazuje te same residua z parametrami Shapiro r i s równymi零. Źródło: A.Lyne i in., Science, 303, 1153, 2004. Opóźnienie czasu przyjścia pulsu A związane z propagacją promieniowania w polu grawitacyjnym towarzyszącego (czerwona linia) opisuje równanie (Shapiro, I. I., Phys. Rev. Lett., 13, 789, 1964): $\Delta t = -2 M_B T_\odot \ln[1 - s \sin(\Omega - \Omega_0)]$, gdzie Ω to faza orbitalna, a Ω_0 faza węzła wstępującego. W praktyce zapóźnienie Shapiro reprezentowane jest przez dwa parametry, amplitudę $r \equiv M_B T_\odot$ i kształt $s \equiv \sin i$

cji wartości ruchu rocznego peryastronu $d\omega/dt$ w długich i krótkich skalach czasowych. Pomimo że dla PSR J0737-3039 oszacowany przyczynek jest o rzad wielkości większy niż dla układu PSR B1913+16, dotychczas nie zaobserwowano tych efektów.

Właściwa wartość $d\omega/dt$ zależy od wartości momentu bezwładności gwiazdy neutronowej. Potencjalne obserwacje tego efektu pozwolą na wyznaczenie momentu bezwładności gwiazdy neutronowej po raz pierwszy w historii.

Zagadnienie podwójnego pulsara relatywistycznego jest bardzo szerskie. Niemalże co kilka dni pojawiają się nowe, zarówno obserwacyjne, jak i teoretyczne publikacje traktujące o PSR J0737-3039. Te pierwsze pokazały ostatnio właściwości polaryzacyjne radiowych profili obu pulsarów (Demorest i in., ApJ, 615, L137, 2004) oraz dryf subpulsów pulsara B (McLaughlin i in., ApJ, 613, L57,

2004). Prace teoretyczne skupiają się przede wszystkim na interpretacji wyników obserwacji i odtworzeniu geometrii układu, jak i samych pulsarów. Ponadto konfiguracja układu pozwala na badanie własności magnetyzacji pulsarów. O PSR J0737-3039 na pewno usłyszemy jeszcze nieraz.

Na koniec, polecam stronę <http://www.jb.man.ac.uk/news/doublepulsar/>, gdzie można zobaczyć animację ruchu orbitalnego układu, jak również wizję artystyczną ukazującą sposób powstawania podwójnego pulsara.

Autorka jest doktorantką w Centrum Astronomicznym PAN w Toruniu. Jej zainteresowania naukowe skupiają się wokół fizyki gwiazd neutronowych i pulsarów

Voyager u granic heliosfery

Po prawie 28 latach podróży przez Układ Słoneczny sonda kosmiczna Voyager 1 dotarła do granic heliosfery. Ponieważ niedawno w „Urani” były przypomniane dokonania Voyagerów (Juliusz Domański *Niezwycięża misja*, 2/2004), więc teraz skoncentrujmy się już tylko na ostatnim sukcesie sondy, która jest najbardziej odległym od Słońca dziełem rąk ludzkich.

Heliosferą nazywa się tę część przestrzeni otaczającej Słońce, w której wiatr słoneczny dominuje nad materią międzygwiazdową. Stale emitowany ze Słońca strumień cząstek elementarnych i unoszone przez nie słoneczne pole magnetyczne wydmuchują w ośrodku międzygwiazdowym jakby ogromny balon. Jego rozmiary znacznie przewyższają odległość od Słońca najdalszych planet, czyli cały układ planetarny znajduje się wewnątrz heliosfery. Ponieważ Słońce przemieszcza się względem materii międzygwiazdowej, bryła heliosfery przyjmuje kształt wydłużony w kierunku tego ruchu. Jego prędkość jest mniej więcej dwukrotnie większa od prędkości dźwięku w ośrodku międzygwiazdowym, co skutkuje powstaniem przed frontem heliosfery struktury falowej, zwanej falą uderzeniową albo szokiem. Powoduje ona wzrost gęstości i temperatury gazu międzygwiazdowego, który — oświetlony przez Słońce — emiteme słabe promieniowanie nadfioletowe. Już kilka lat temu za pomocą teleskopu kosmicznego Hubble'a udało się zarejestrować prawdopodobnie to właśnie świecenie. W identyfikacji jego źró-

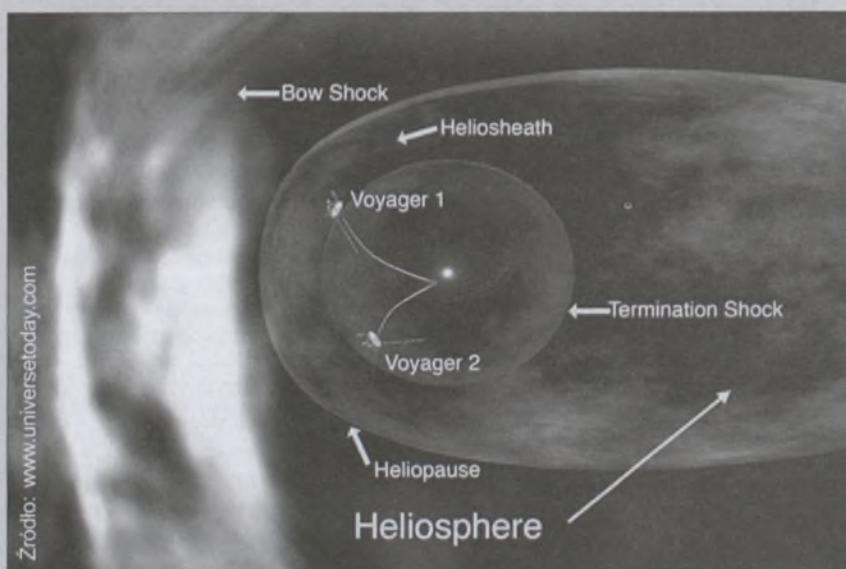
dła istotną rolę odegrały dane pomiarowe uzyskane za pomocą sond Voyager. Wprawdzie te pierwsze obserwacyjne ślady granic heliosfery nie mówiły jeszcze nic o ich odległościach od Słońca, ale potwierdzały teoretyczny model tej struktury. Warto podkreślić, że autorką trójwymiarowego i zależnego od czasu magnetohydrodynamicznego modelu heliosfery jest polska uczona Romana Ratkiewicz z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Przewidziane przez nią asymetrie obszaru granicznego heliosfery umożliwiły wyjaśnienie pewnych osobliwości wynikających z uzyskanych danych obserwacyjnych.

Zanim sondy Voyager, stale oddalaając się od Słońca, przetną falę uderzeniową frontu heliosfery, powinny napotkać inny jeszcze obszar nieciągłości związany ze zmianą szybkości wiatru słonecznego z nadzwiekuowej na podzwiekuową. Następuje ona wtedy, gdy wiatr słoneczny jest już tak rozrzedzony, że jego ciśnienie nie jest w stanie zrównoważyć ciśnienia materii międzygwiazdowej. Gwałtowne hamowanie wiatru słonecznego, zwane szokiem końcowym, powoduje zamianę części jego energii kinetycznej na energię cieplną, podnosząc temperaturę gazu międzygwiazdowego, lokalny wzrost natężenia pola magnetycznego oraz pojawienie się różnych nieregularności i ruchów turbulentnych. Wydaje się, że te wszystkie teoretycznie przewidywane zjawiska zostały zaobserwowane przez sondę Voyager 1 w połowie grudnia 2004 r. Dowiedziano się o tym później, gdy cały strumień danych pomiarowych z tego okresu został odebrany na Ziemi. Po opracowaniu uzyskanych danych i upewnieniu się, że rzeczywiście mogą

one wskazywać na przekroczenie przez sondę szoku końcowego, zdecydowano się na ogłoszenie tego faktu w końcu maja tego roku, podczas konferencji Amerykańskiej Unii Geofizycznej w Nowym Orleanie. Ostrożność, z jaką tym razem podchodziło do zaobserwowanych zjawisk, brała się przede wszystkim stąd, że już w 2003 r. opublikowano informację o osiągnięciu przez Voyagera 1 granic heliosfery, która nie wytrzymała jednak krytyki. Chodziło przede wszystkim o to, że nie zaobserwowano wtedy zmiany natężenia pola magnetycznego. Tym razem magnetometr sondy wskazał niemal trzykrotny wzrost natężenia pola magnetycznego w odległości około 94 jednostek astronomicznych od Słońca. Jest to jeden z najsilniejszych argumentów za tym, że zaobserwowany także wzrost temperatury i gęstości naładowanych cząstek oraz silne zakłócenia fal plazmowych świadczą o przekroczeniu przez sondę szoku końcowego heliosfery. Oczekuje się, że sonda Voyager 2, która obecnie znajduje się w odległości 76 jednostek astronomicznych od Słońca, dotrze do tej granicy za 3-5 lat.

Obie sondy Voyager są jeszcze ciągle sprawne technicznie i kontakt z nimi jest stale utrzymywany. Jest to możliwe przede wszystkim dzięki wyposażeniu ich w termojądrowe źródła energii, zapewniające funkcjonowanie sond przynajmniej do 2020 r. Do tego czasu nie powinno też zabraknąć paliwa niezbędnego do pracy silników korekcyjnych, służących do takiego ustawiania sondy w przestrzeni, aby jej główna antena była stale skierowana na Ziemię, co jest konieczne dla zapewnienia z nią łączności. Po przekroczeniu granic heliosfery sondy Voyager znajdą się w przestrzeni międzygwiazdowej. Wprawdzie długo jeszcze będą się poruszać pod decydującym wpływem oddziaływania grawitacyjnego Słońca, ale za kilkadziesiąt tysięcy lat i ono zmaleje do tego stopnia, że kontrolę nad ich ruchem przejmie pole grawitacyjne Galaktyki, a może też jakichś innych, mijanych po drodze gwiazd. Te dwa małe obiekty będą istnieć bardzo długo, pewnie tak długo jak nasza Galaktyka. Prawdopodobieństwo jakiegoś ich zniszczenia wydaje się znikome. Można sobie zatem wyobrazić, że za miliony czy nawet miliardy lat, kiedy nas już nie będzie, nie będzie Ziemi ani Słońca, Voyager pozostaną we Wszechświecie jedynymi świadkami naszego istnienia.

Krzysztof Ziolkowski



Źródło: www.universetoday.com

Narodziny gwiazdy

Korzystanie z ogromnego teleskopu stojącego na hawajskim wulkanie Mauna Kea to z pewnością marzenie niejednego amatora nocnego nieba. Ostatnio spełniło się ono dla grupy astronomów amatorów z kanadyjskiej prowincji Quebec. Uzyskali oni rzadką możliwość użycia jednego z największych teleskopów na Ziemi, 8-metrowego Gemini. Taka sposobność została przez nich wykorzystana do najbardziej wnikliwych obserwacji gwiezdnego matecznika, jakie były kiedykolwiek prowadzone. Całe przedsięwzięcie było rezultatem ogólnonarodowego konkursu przeprowadzonego w Kanadzie. Zadaniem uczestników było przygotowanie projektu obserwacji przy użyciu teleskopu Gemini. Powinny się w nim znaleźć szczegółowy opis projektu, uzasadnienie jego celowości oraz przedstawienie spodziewanych, istotnych wyników naukowych. Ponadto należy przedstawić szczegółowy plan obserwacji. Nasza grupa wiedziała, iż ten obiekt jest niezwykły i nie był wcześniej poddany szczegółowym obserwacjom przy pomocy dużego teleskopu w rodzaju Gemini — powiedział Gilbert St-Onge, członek klubu zgłoszającego projekt — Coś mi się zdaje, że nie tylko wykonaliśmy ładne zdjęcie, ale również dostarczyliśmy zawodowcom nieco nowych, wartościowych danych!

Astronom z projektu Gemini, Tracy Beck, która bada gwiazdowe inkubatory, zgadza się z takim stwierdzeniem. *Ten obiekt jest klasycznym i jednym z pierwszych, bezpośrednio poznanych przykładów tego typu młodych gwiazd — wyjaśnia — myślę, iż to najlepsze i najbardziej szczegółowe zdjęcie tego obiektu kiedykolwiek wykonane; naukowcy z całą pewnością wykorzystają w przyszłości te dane do szczegółowych badań.* Obserwowany obiekt, znany jako RY Tau, jest częścią grupy obiektów określanych mianem gwiazd T Tauri. Reprezentują one najmłodsze,

małomasywne gatunki gwiazd, które całkiem niedawno wydostały się z kokonów gazu i pyłu, w których się formowały. Nowe obrazy RY Tau wykonane przez Gemini przedstawiają uderzające obszary postrzępionych filamentów gazowych, które świecą, rozpraszaając promieniowanie pochodzące od najbliższej gwiazdy. Na przestrzeni najbliższych kilku milionów lat gaz ten zostanie odrzucony w przestrzeń przez centralną gwiazdę, w wyniku czego pozostałe zwykłe gwiazda i być może rodzina planet powstałych przy okazji z resztek materii.

Obserwacje, które zajęły w sumie około godziny, przeprowadzone zostały z wykorzystaniem spektrografu GMOS (ang. *Gemini Multi-Object Spectrograph*) i stanowiły prawdziwe wyzwanie. Gwiazda centralna jest bowiem tak jasna, iż jej blask przyćmiewa słabe świecenie otaczających ją obłoków. Aby przezwyciężyć te trudności, wykonano szereg krótkich ekspozycji, które następnie połączono, by uzyskać ostateczne zdjęcie. Wykorzystano również cztery filtry, aby wydobyć z obłoku kolory interesujących szczegółów.

Cały program był sponsorowany przez grupę uczonych koordynujących obserwacje Gemini prowadzone dla Kanady przez należący do kanadyjskiej Narodowej Rady Naukowej (ang. National Research Council) Astrofizyczny Instytut Herzberga (ang. *Herzberg Institute of Astrophysics*) znajdujący się w Victoria w prowincji Kolumbia Brytyjska. Konkurs, który wystartował w 2004 r., zgromadził projekty od ponad setki amatorskich klubów astronomicznych z całej Kanady. Był on formą podziękowania za ich pracę wspierającą edukację astronomiczną mieszkańców Kanady. Zwycięski projekt został wybrany przy zastosowaniu podobnych procedur, jakich przestrzega się w przypadku zawodowych astronomów, gdzie kryteriami są wartość naukowa oraz oszacowanie celowości i unikalności obserwacji. *Gdy po raz pierwszy pracowaliśmy nad zaplanowaniem tych obserwacji, żartowaliśmy, że*



Wykonany przez Gemini North obraz gwiezdnego matecznika RY Tau. Ukazuje on szczegółowo postrzępione resztki gazowego obłoku, z którego powstała jasna gwiazda widoczna poniżej centrum zdjęcia

bliwie określiliśmy ten program jako „godzinę dla amatora”, jako że pozwala on astronomom amatorom na uzyskanie godziny pracy z dużym teleskopem — powiedział Doug Welch, kanadyjski uczeń pracujący w projekcie Gemini — jednak kaliber zgłoszonych projektów i naukowy potencjał uzyskanych danych pokazuje, iż bardziej mamy do czynienia z czymś w rodzaju specjalnego turnieju golgowego, gdzie hobisi pracują bezpośrednio z zawodowcami!

Konkurs obejmował również godzinę pracy z sąsiadem Gemini — Kanadyjsko-Francusko-Hawajskim Teleskopem (ang. *Canada-France-Hawaii Telescope (CFHT)*). Przypadła ona grupie z prowincji Alberta w Kanadzie, która wykorzystała możliwości teleskopu do sporządzania obrazów większych obszarów nieba i przeprowadziła obserwacje gromady gwiazdowej Plejad. Obserwatorium Gemini jest wynikiem współpracy międzynarodowej, która zaowocowała wybudowaniem dwóch, identycznych, 8-m teleskopów. Teleskop im. Fredericka C. Gilleta znajduje się na Manua Kea na Hawajach (Gemini North), drugi teleskop umieszczono na górze Cerro Pachón w centralnym Chile (Gemini South). W ten sposób oba teleskopy umożliwiają obserwację całego nieba. Wykorzystują ponadto najnowsze technologie umożliwiające dużym, względnie cienkim zwierciadłom, przy wykorzystaniu aktywnego sterowania, na zbieranie i ogniskowanie zarówno światła widzialnego, jak i promieniowania podczerwonego.

Marek Weżgowiec



Gemini North. Fot. Gemini Observatory

na rozkładówce:

Maławica Carina (Kil)

Zdjęcie przedstawia obszar tzw. południowego filara maławicy. Na obrazie uzyskanym w zakresie widzialnym pyłowe kolumny są niewielkie i słabo widoczne (jako ciemne obszary pochłaniające światło), natomiast podczerwone odbiorniki kosmicznego teleskopu Spitzera umożliwiają wniknięcie do wnętrza tego kompleksu, ujawniając termiczną emisję „zarodków” gwiazd — rozgrzewających się zagęszczeń gazu i pyłu. Wszystko to dzieje się w bezpośrednim sąsiedztwie jednej z najślynniejszych gwiazd Drogi Mlecznej — η Carinae (p. „Urana-PA” 5/01, s.196). To właśnie jej promieniowanie i wiatr gwiazdowy w znacznym stopniu przyczyniły się do formowania całej fali zagęszczeń w otaczającej ją maławicy. Jest to obszar rozciągający się w przestrzeni na około 200 l.s. Do tej pory nie mieliśmy okazji w bezpośredni sposób poznać tego konglomeratu rodzących się i już istniejących gwiazd o ogromnej rozpiętości masy i wieku. To jakby poznawać od razu całe drzewo genealogiczne kilku pokoleń gwiazd powołanych do istnienia przez założycielkę „dynastii” — η Carinae.

Różnym barwom odpowiada promieniowanie różnych zakresów podczerwieni. Gwiazdy tła wyróżniają się barwą niebieską, rodzące się w maławicy można rozpoznać po barwie białej i żółtej. Czerwień ujawnia struktury pyłowe, zieleń — obszary gorącego gazu. Sama η Car leży ponad górną krawędzią zdjęcia — jest zbyt jasna, by mogły ją bezpośrednio badać czułe detektory teleskopu Spitzera.

Warto może wspomnieć, że łączny czas ekspozycji w czterech zakresach widma wyniósł zaledwie 1,2 s. Na niebie to obszar o rozmiarach około 1 stopnia. Wszystko rozgrywa się w odległości ok. 10 tys. l.s. od nas. (kr)

Obszar N 214 w Wielkim Obłoku Magellana

Maławica N 214 (fot. 1) to ogromny obłok gazu i pyłu położony na periferiach sąsiadki Mlecznej Drogi. To obszar powstawania masywnych gwiazd, którego główny składnik — N 214 C (znany też jako NGC 2103 lub DEM 293) — jest szczególnie interesujący ze względu na obecność bardzo rzadkiego typu gwiazdy (na całym niebie obserwujemy ich zaledwie tuzin) oznaczonej Sk-71 51. Korzystając z 3,5 m teleskopu NTT w La Silla (Chile, ESO) grupa astronomów z Francji i USA przeprowadziła szczegółowe badania tego obszaru.

N 214 C (fot. 2) rozciąga się na obszarze 170 na 125 lat świetlnych. Centralną pozycję zajmuje najjaśniejsza i najgorętsza w całej maławicy gwiazda (a w zasadzie bardzo gęste skupisko kilku gwiazd) Sk-71 51. Na północ od niej przebiega długi łuk silnie sprężonego gazu utworzonego przez wiatr gwiazdowy. Widać też około tuzina jasnych gwiazd rozsianych po całej maławicy i kilka innych kłaczkowatych oraz kolumnowych struktur. Na szczególną uwagę zasługuje swego rodzaju „bałka” (ang. blob) położona na północnym krańcu tej części maławicy (patrz komentarz do fot.5).

Aby dokładnie przebadać centralny obiekt Sk-71 51, astronomowie wykorzystali specjalną technikę dekonwolucji obrazu (fot. 3). Umożliwiła ona wyodrębnienie w gęstym jądrze gwiazdy, zajmującym obszar ok. 4 sekund łuku, co najmniej szesnastu składników. Analiza widmowa pozwoliła zidentyfikować najjaśniejszy z nich jako gwiazdę typu widmowego O2V. Byłaby to obiekt skrajnie gorący o masie około 80 mas Słońca i nie jest wykluczone, że stanowi on układ dwóch lub więcej obiektów.

Na podstawie dokonanych obserwacji uzyskano dane dla 2341 gwiazd obszaru N 214 C. Pozwoliło to na umieszczenie ich na tzw. diagramie barwa — jasność (rys. 4). Widać wyraźnie, że obiekty wchodzą w skład dwóch różnych grup: ciągu głównego oraz bardziej zaawansowanej ewolucyjnie populacji. Na ciąg głównego pokolenia (o wieku około miliona lat) składają się gwiazdy o masach początkowych z przedziałem od 2 do około 80 mas Słońca. Z kolei populację gwiazd zaawansowanych ewolucyjnie (o wieku rzędu miliard lat) tworzą głównie obiekty mniej masywne.

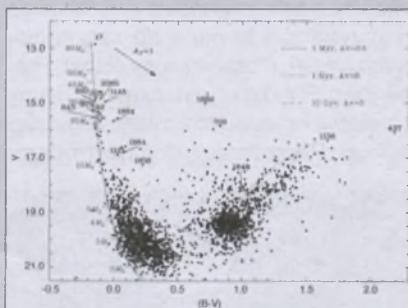
Na fot. 5 widzimy kulistą bałkę gorącego, zjonizowanego gazu odległą o około 60° (tj. jakieś 50 l.s.) od Sk-71 51. Ma ona średnicę około 4 l.s. i jest wyraźnie rozdzielona na dwie półkule włóknem pyłu układającym się prawie



Fot. 1. Mozaika przedstawiająca obszar zjonizowanego wodoru N 214 w Wielkim Obłoku Magellana. Uzyskano ją, składając kilka oddzielnych obserwacji teleskopem NTT przy użyciu sześciu różnych filtrów. Pole widzenia to 248° na 332°, co odpowiada przestrzennym rozmiarom 200 na 270 l.s.

dokładnie w kierunku północ — południe. Jej położenie na niebie pokrywa się z silnym źródłem podczerwonym, 05423-7120, odkrytym przez satelitę IRAS. Źródło jest 200 000 razy jaśniejsze od Słońca i wymaga obecności albo gwiazdy ciągu głównego typu O7 o masie ok. 40 mas Słońca, albo też powstającej jeszcze gwiazdy o masie rzędu 100 mas Słońca. To zupełnie nowy gatunek w astronomicznym ZOO, tzw. HEB (ang. High Excitation Blob) — gęsty i niewielki obszar HII o rozmiarach kilku l. św. (podobny zaobserwowano wcześniej w maławicy N 159, również w Wielkim Obłoku Magellana), położony na skraju większego obłoku zjonizowanego wodoru. Mechanizm jego formowania nie jest jeszcze do końca wyjaśniony.

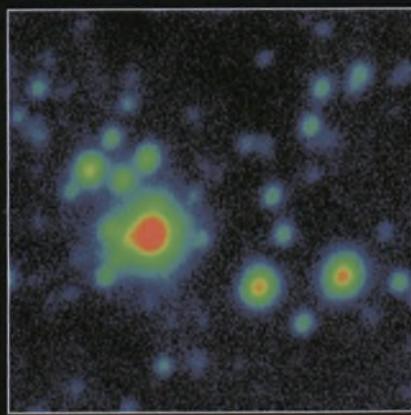
Praca opisująca obszar N 214 i procesy tam zachodzące ukazała się w *Astronomy & Astrophysics*, jest też dostępna w internecie (www.edpsciences.org/articles/aa/pdf/press-releases/PRAA200508.pdf). (kr)



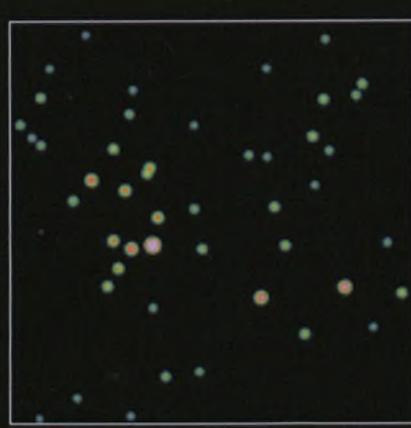
Rys. 4. Diagram barwa — jasność dla 2341 gwiazd obszaru N 214 C. Liniami oznaczono wynikające z modeli ewolucji pozycje gwiazd o wieku 1 mln, 1 mld i 10 mld lat (przyjęto skład chemiczny i odległość odpowiednią dla Wielkiego Obłoku Magellana). Obiekt oznaczony numerem 17 to główny składnik gromady Sk-71 51



Fot. 2. Fragment całego obszaru HII przedstawiający najwyraźniej widoczną część mgławicy — N 214 C. Pole widzenia 193" na 201", obszar: 160 na 170 l św.



Fot. 3. Niewielki, centralny fragment mgławicy N 214 C, otoczenie gwiazdy Sk-71 51 (filtr V). Po lewej surowy obraz uzyskany po odjęciu tła mgławicy (wartość seeingu to 0''.72, co odpowiada 8,5 pikselom), po prawej obraz po dekonwolucji (wyoszczleniu), rozdzielcość wzrosła do 3 pikseli (0''.25 na niebie). Całe pole widzenia ma rozmiary 21''.7 na 21''.7



Fot. 5. Bańka zjonizowanego gazu w północnej części mgławicy N 214 C. Obraz uzyskano przy użyciu filtrów wąskopasmowych: H_α (barwa czerwona), [O III] (zielona) i H_β (niebieska). Pole widzenia: 104" na 101", obszar: 85 na 82 l św.



Urania
Postępy Astronomii

XXI OMSA, Grudziądz 2005



Sylwetkę zmarłego prof. Roberta Głębockiego przypomina zebranym prof. Andrzej Woszczyk



Prof. Tadeusz Jarzębowski w trakcie wykładu inauguracyjnego



Publiczność uważnie słuchająca wygłaszań referatów



...i jurorzy



Nagrody i dyplom z rąk dra Henryka Brancewicza odbiera Joanna Drążkowska, zdobywczyni II miejsca



Gratulujący sobie zwycięzcy XXI OMSA Mateusz Szyszka i Ola Gumiła

Fot. Gerard Szukay

Najdalsza planeta pozasłoneczna

W końcu maja br. polskie media obiegła wiadomość, że Polacy odkryli nową planetę, krążącą wokół gwiazdy odległej od nas o ponad 15 tysięcy lat świetlnych, w centralnych obszarach naszej Galaktyki. Dokonali tego odkrycia nową metodą, która pozwoliła sięgnąć aż tak głęboko w czeluście Kosmosu. Wypada więc przybliżyć PT Czytelnikom „Uranię - Postępów Astronomii” to odkrycie, które nosi kryptonim OGLE-2005-BLG-071.

Na początku pragnę oddać honor wszystkim współodkrywcom — praca, która jest naukowym komunikatem o odkryciu i która została skierowana 20 maja br. do druku w „Astrophysical Journal Letters” ma 33 autorów: 10 Polaków, realizatorów programu OGLE i 23 innych astronomów z całego prawie świata (USA, UK, Chile, Australii, Korei Południowej, Japonii, Izraela i Nowej Zelandii), realizatorów podobnych programów noszących nazwy takie jak MicroFUN, MOA i PLANET/RoboNet. Wśród tej grupy współautorów byli też dwaj młodzi miłośnicy astronomii z Nowej Zelandii pracujący teleskopami 10- i 14-calowymi.

Dlaczego tak głośno było w mediach o tym odkryciu? Przecież odkryto już blisko 150 pozasłonecznych planet, a astronomowie polscy związani z programem OGLE odkryli już kilka (6) planet za pomocą tzw. tranzytu, czyli przechodzenia planety przed tarczą gwiazdy i powodującą osłabienie jej blasku. Inną metodą odkrywania planet pozasłonecznych jest metoda pomiaru prędkości radialnej gwiazd. Jeśli jest jakieś ciało obiegające gwiazdę, to ta gwiazda wykonuje cykliczne oscylacje, bo zgodnie z pierwszym prawem Keplera oba ciała krążą wokół wspólnego środka masy takiego układu. Obserwując z Ziemi, widzimy cykliczne zbliżanie się i oddalenie gwiazdy od nas. To jest podstawa metody pomiarów prowadzącej do odkrywania planet, ale prędkości (radialne) trzeba mierzyć z dokładnością do kilku metrów na sekundę. Trzeba więc używać dużych teleskopów i doskonałych spektrografów. Obydwie metody odkrywa się planety wokół gwiazd raczej jasnych, a więc bliskich, na ogół oddalonych od nas nie dalej niż kilkaset lat świetlnych.

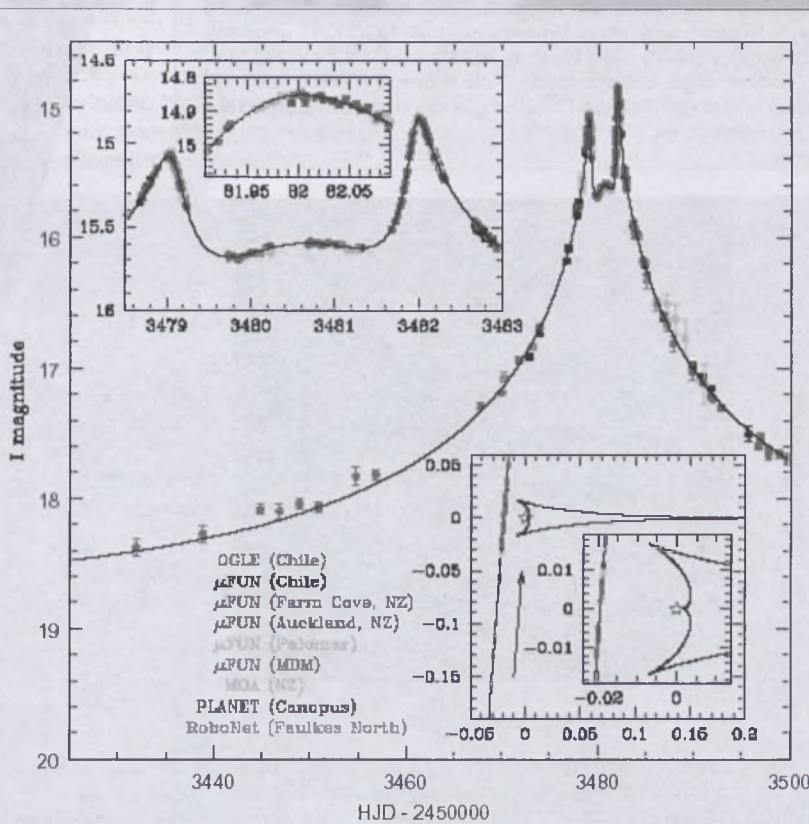
Metoda, przy pomocy której odkryto planetę, o której mówimy, jest obserwacją zjawiska mikrosoczewkowania gra-

witacyjnego. Teoria tego zjawiska i jego zastosowanie do poszukiwania ciemnej (nie świecącej lub słabo świecącej) materii została zaproponowana w połowie lat 80. przez Polaka, profesora Bohdana Paczyńskiego, aktualnie z Princeton w USA. To właśnie na jego koncepcji oparł się program OGLE realizowany przez astronomów z Uniwersytetu Warszawskiego wspólnie z astronomami amerykańskimi i inne podobne programy badawcze (patrz „Postępy Astronomii”, 1993, t. 43, z. 3, s. 100; z. 4, s. 171; 1995, t. 43, z. 3, s. 124 oraz <http://orion.pta.edu.pl/art/soczewki/index.html>). Gdy na drodze promieniowania gwiazdy znajdzie się jakiś niewidoczny obiekt (brązowy karzeł, planeta, ciemna materia), to światło tej gwiazdy ulegnie wzmacnieniu w charakterystyczny sposób. Rocznie, mierząc jasność milionów gwiazd, astronomowie w programie OGLE obserwują ok. 600 zjawisk mikrosoczewkowania. Zjawisko zauważone w dniu 17 marca 2005 r. na tyle zaintrygowało szefa programu OGLE prof. Andrzeja Udalskiego, że ogłosił alert obserwacyjny i wezwał bratnie programy do obserwacji tego obiektu.

Miesiąc później, zgodnie z przewidywaniami, gwiazda ta osiągnęła największy blask, rysując swą krzywą blasku ze strzelistymi dzióbkami, zgodnie z teoretycznym modelem dla gwiazdy, której światło zaburzone jest obecnością planety o masie kilku mas jowiszo-wych (rzeczywisty stosunek masy planety do masy gwiazdy jest 0,007) i znajdującej się w odległości 3-4 jednostek astronomicznych od swego słońca. Dotychczas odkrywane planety znajdowały się bardzo blisko swej gwiazdy centralnej.

Jest to drugi przypadek odkrycia planety przy pomocy zjawiska mikrosoczewkowania. A metoda ta pozwala na odkrywanie planet wokół bardzo odległych gwiazd, a masy planet powodujące zjawisko mogą być bardzo małe, nawet wielkości Marsa. Stanowi to wielką nadzieję na odkrywanie planet wielkości Ziemi, bez oczekiwania na przełom technologiczny przyszłej dekady (np. na wprowadzenie w przestrzeń kosmiczną satelity SIM i innych). Odkrycie to jest też wielkim sukcesem myśli i działań profesora Bohdana Paczyńskiego.

(aw)



Krzywa blasku zjawiska OGLE-2005-BLG-071. Widzimy całokształt przebiegu zjawiska w czasie ok. 3 miesięcy (skala na osi x to czas mierzony w Dniach Julianowskich) oraz powiększone krytyczne fragmenty krzywej blasku. Źródło: astro-ph/0505451

Najdalsza gromada galaktyk

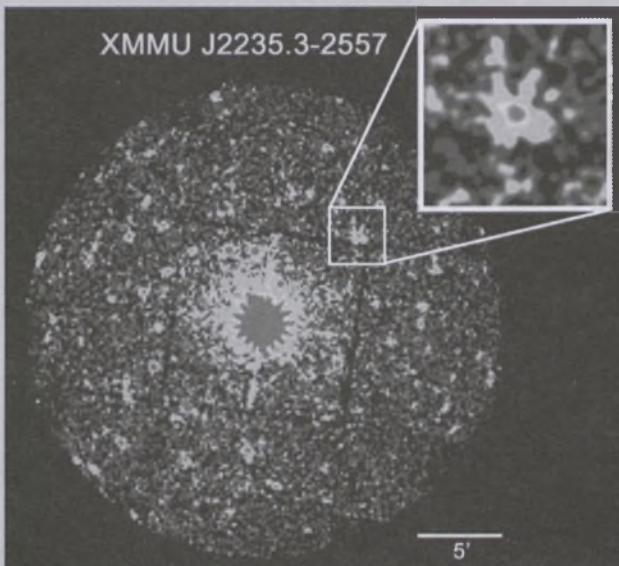
Połączone siły astronomów europejskich (ESA/ESO) umożliwiły odkrycie najodleglejszej formy zaliczanej do wielkoskalowej struktury Wszechświata. To gromada galaktyk XMMU J2235.3-2557 o masie kilka tysięcy razy większej od Mlecznej Drogi, odległa o około 9 mld lat świetlnych. Jak ujawnia obraz uzyskany za pomocą teleskopu VLT, gromada zawiera już niemłode, czerwone i eliptyczne galaktyki. Co ciekawe, i sama gromada wydaje się już być w całkiem zaawansowanym fazie rozwoju.

Musiała więc powstać na bardzo wczesnym etapie ewolucji Wszechświata.

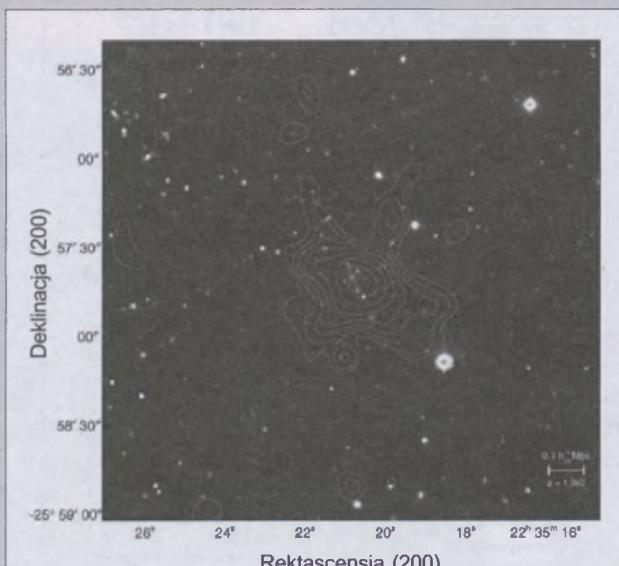
Gromady galaktyk to największe wyraźnie wyodrębnione i powszechnie występujące struktury Wszechświata, zawierające setki lub tysiące galaktyk. Mniej więcej jedną piątą ich masy stanowi rozproszony, bardzo gorący gaz (a właściwie: plazma) o temperaturze osiągającej kilkadziesiąt milionów stopni. Tak rozgrzany ośrodek emisję silne promieniowanie w dziedzinie X, toteż do poszukiwania gromad galaktyk często wykorzystuje się dane z satelitów rentgenowskich. Badając przy pomocy satelity XMM-Newton pobliską galaktykę aktywną NGC 7314, astronomowie natrafili w jej okolicy na ślad obecności odległej gromady (fot. 1) — było to bowiem rozległe, ale bardzo słabe źródło: w ciągu 12-godzinnej obserwacji zarejestrowano zaledwie 280 fotonów promieniowania X.

Znając położenie tajemniczego źródła, użyto teleskopu VLT do obserwacji w zakresie widzialnym.

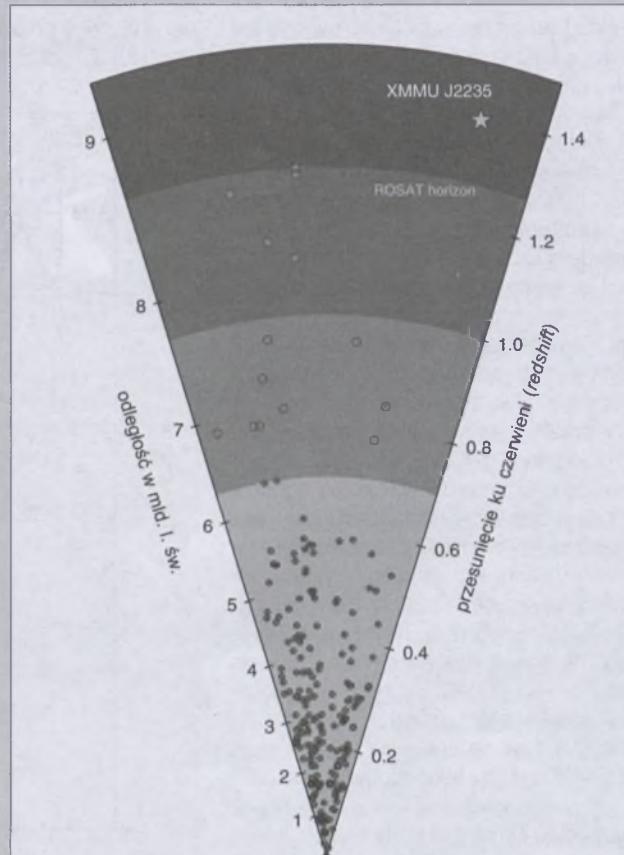
Zidentyfikowano 12 dość jasnych galaktyk (fot. 2), dla których późniejsze obserwacje spektroskopowe wykazały przesunięcie ku czerwieni o wartości 1,4 — co odpowiada odległości 9 mld l. św. (czyli o 0,5 mld l. św. więcej niż najdalsza znana dotąd gromada galaktyk, patrz rys. 3). Zaskakujące jest to, że gromada nie różni się specjalnie od obserwowanych w najbliższym otoczeniu Drogi Mlecznej. Można więc stwierdzić, że we wczesnych etapach swojego życia Wszechświat musiał ewoluować bardzo szybko i szybko uzyskał swą obecną strukturę.



Fot. 1. Rentgenowski obraz aktywnej galaktyki NGC 7314 uzyskany przy pomocy satelity XMM-Newton, na którym zidentyfikowano emisję dodatkowego, słabego źródła. Pole widzenia kamery obejmuje obszar o rozmiarach tarczy Księżyca (pół stopnia), powiększono obszar o krawędzi ok. 3'.



Fot. 2. Obraz gromady galaktyk XMMU J2235.3-2557 uzyskany kamerami teleskopu VLT z nałożonymi konturami natężenia promieniowania X. Mozaikę z zakresu optycznego i podczerwonego złożono na podstawie obserwacji w trzech pasmach: 2,2 mikrona (barwa czerwona, czas ekspozycji: 1 godz.), 910 nm (barwa zielona, 480 s) oraz 657 nm (barwa niebieska, 1140 s).



Rys. 3. Diagram ilustrujący rozkład odległości znanych gromad galaktyk. Nowa gromada lokuje się w obszarze do tej pory nie obserwowanym, poza tzw. horyzontem ROSAT-a (czyli poza zasięgiem czułości poprzedniego znanego satelity rentgenowskiego)

To dopiero pierwszy rezultat programu poszukiwania odległych gromad galaktyk, który podjęli astronomowie europejscy. Więcej szczegółów można znaleźć na stronie: www.astro.lsa.umich.edu/~cmullis/research/xmmuj2235

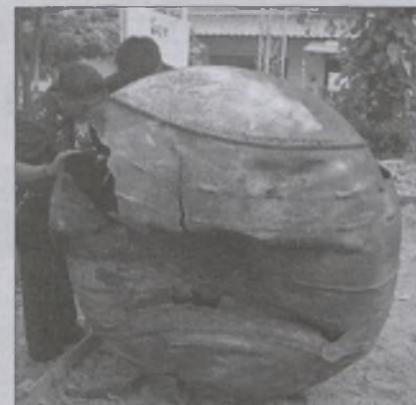
(kr)

Śmieci kosmiczne

Wprowadzaniu na orbityokołoziemskie satelity towarzyszy zaśmiecanie przestrzeni kosmicznej różnymi częściami ich rakiet, osłon i na końcu nimi samymi, gdy przestaną wypełniać swą misję. Tych niechcianych śmieci ciągle przybywa — pochodzą od nowych satelitów i stacji kosmicznych, ale też od wzajemnego rozbijania się wskutek przypadkowych zderzeń (zob. E. Wnuk, „Postępy Astronomii”, 1997, t. 45, z. 3, s. 8).

Kilkadziesiąt lat temu NASA powołała do życia specjalne Biuro ds. Orbitujących Śmieci (Orbital Debris Program Office), którego organem jest Amerykańska Sieć Kontroli Przestrzeni Kosmicznej SSN (US Space Surveillance Network). Sieć ta składa się z kilkunastu stacji obserwacyjnych, pracujących w zakresach widzialnych i radarowych zarówno na powierzchni Ziemi, jak i w przestrzeni kosmicznej. Jedną z najbardziej znanych stacji obserwacyjnych jest stacja radarowa Haystack na wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych, zdolna do śledzenia obiektów o rozmiarach do 1 cm. Do tych celów został też zaadaptowany słynny teleskop Schmidta im. Curtisa z Michigan, który pracuje obecnie w Chile i śledzi szybko poruszające się obiekty do 18 wielkości gwiazdowej. Sieć SSN śledzi generalnie obiekty większe od baseballowej piłeczki (10 cm) na niskich orbitach (czyli od 400 do 2000 km nad Ziemią) i 1 m na orbitach wysokich (geostacjonarnych, kilkadziesiąt tysięcy km nad Ziemią). Dotychczas obserwowała 26 tys. ciał na orbicie wokół Ziemi, ale znaczna ich część już spadła na Ziemię lub uległa rozbiciu i obecnie liczba śledzonych ciał to ok. 8500 na niskich orbitach i ok. 2500 obiektów na orbitach wysokich w rejonie satelitów geostacjonarnych. Około 7% tych ciał to aktywne satelity, 15% to części rakiet, a 78% to nieaktywne satelity lub ich szczątki. Badacze tych niechcianych obiektów niechętnie mówią o nich w liczbach, wolą mówić o ich gęstości przestrzennej. Obecnie, w rejonie niskich orbit przypada 1 obiekt na km^3 i ta liczba rośnie. Z rozpadu satelity „Cosmos 1813” powstała chmura złożona z 846 indywidualnych obiektów, z których tyl-

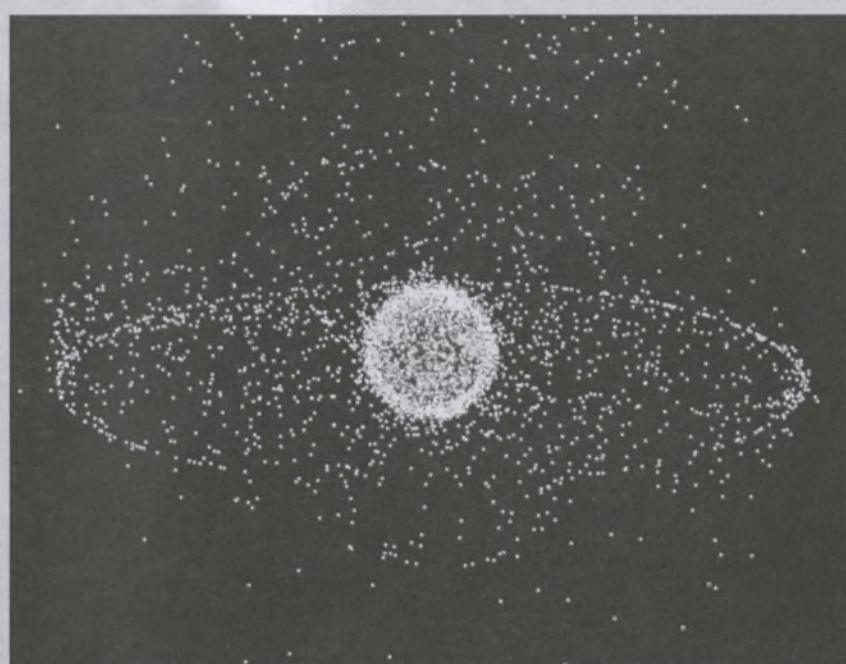
ko 146 jest oficjalnie skatalogowanych. Ciało te stanowią oczywiste duże bezpieczeństwo dla nowych misji kosmicznych, ale też i zagrożenie dla mieszkańców Ziemi, bo często po prostu spadają. Na przykład 13 stycznia 2005 r. spadł w okolicach Bangkoku fragment (średnica ok. 1,2 m, waga przeszło 50 kg) silnika rakiety STAR-48B, która wyniosła na orbitęokołoziemską jednego z satelitów systemu GPS (Global Positioning System). Podobne fragmenty spadały w poprzednich latach w Arabii Saudyjskiej i Argentynie. W dniu 17 stycznia br. przypadkowo zderzyły się na wysokości 88,5 km nad południowym biegunem Ziemi fragment rakiety amerykańskiej satelity 1974-015B i fragment rakiety chińskiego satelity CZ-4. Ostatnio zidentyfikowano też zderzenie, które nastąpiło w 1991 r. między fragmentami satelity „Cosmos 1934” a resztami z satelity „Cosmos 926”. Obecnie każdego dnia są setki tzw. bliskich przejść (w odległości mniejszej niż 1 km od siebie) obiektów, które nazywamy śmieciem kosmicznym. I jeśli nie znajdziemy sposobu na „samooczyszczanie” się tego pasa, to wkrótce nie tylko staną się problematyczne przyszłe misje kosmiczne, ale też, na skutek rozpraszania światła na tych „sztucznych ciałach niebieskich”, nocne niebo stanie się tak jasne, że trudno będzie nawet największym teleskopom sięgać do gwiazd i galaktyk odległego Wszechświata.



Fragment silnika rakiety STAR-48B, która wyniosła na orbitę w 2000 r. jednego z satelitów systemu GPS, a który spadł w Tajlandii, niedaleko Bangkoku, 13 stycznia 2005 r. Ten jajowaty obiekt mierzy ok. 1,2 m i waży więcej niż 50 kg

Radzą więc nad tym problemem odpowiednie gremia i komisje. Na przełomie lutego i marca br. odbyła się w Wiedniu doroczna „narada” w sprawie śmieci kosmicznych Komitetu Narodów Zjednoczonych ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej, a w kwietniu w Darmstadt Europejska konferencja na temat śmieci kosmicznych. Kolejne spotkania na szczeblach rządowych są przewidziane jeszcze w bieżącym roku i w latach następnych. Wszystko po to, aby chronić przestrzeń wokółziemską i zapewnić możliwość jej bezpiecznych i owocnych badań na przyszłość.

(aw)



Wirtualny obraz śmieci kosmicznych z odległością zapewniającą dobre spojrzenie na populację obiektów w rejonie orbity geosynchronicznej (35785 km nad Ziemią). Jasna, wąska obwódka globu ziemskiego to obiekty kosmiczne na niskiej orbicie (400–2000 km nad Ziemią). Źródło: NASA-JSCs

XXI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu

W dniach od 6 do 9 kwietnia odbyło się kolejne, już 31. Seminarium w Grudziądzu. Po dziesięciu Seminariach regionalnych rozpoczęto rachubę od jeden jako Seminaria Ogólnopolskie i stąd numer XXI. Seminarium było już w pełni przygotowane przez Małgorzatę i Mirosława Kubiaków oraz przez Kazimierza Schillinga, rozesłano zaproszenia i nagle świat obiegła wiadomość o śmierci Ojca Świętego Jana Pawła II. Pomimo chwil powagi, zadumy i żałoby uczestnicy zdecydowali się przyjechać.

W dniu przyjazdu postanowiono nieco zmienić harmonogram prac tak, by umożliwić uczestnikom udział w uroczystościach żałobnych. Postanowiono wydłużyć sesje przedpołudniową i południową 7 kwietnia oraz zawiesić sesję przedpołudniową 8 kwietnia tak, by uczestniczyć w pogrzebie Ojca Świętego.

Seminarium jest organizowane przez Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii oraz przez Polskie Towarzy-

stwo Astronomiczne, a patronat finansowy sprawowały Fundacja Astronomii Polskiej, władze Grudziądza oraz różne lokalne władze oświatowe. Praktycznie prace nad organizacją Seminarium prowadzili Małgorzata Śróbka-Kubiak, Mirosław Kubiak oraz Kazimierz Schilling.

W kraju napisano kilkaset referatów w 12 województwach (dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim, łódzkim, małopolskim, mazowieckim, pomorskim, śląskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, wielkopolskim, zachodniopomorskim oraz mieście Grudziądzu), z czego 26 zakwalifikowano do referowania w Grudziądzu. Każde województwo było reprezentowane w zasadzie przez autorów dwu referatów, „kibica” oraz nauczyciela. Tak więc przybyło kilkudziesięciu uczestników oraz jurorzy reprezentujący towarzystwa naukowe: przewodniczący dr Kazimierz Schilling z Planetarium i Obserwatorium Olsztyńskiego (PTMA), dr Henryk Branczewicz (PTMA), prof. Tadeusz Jarzębowski (PTMA), mgr Bogusław Kulesza (PTA), prof. Konrad Rudnicki

(PTMA) oraz prof. Andrzej Woszczyk (PTA).

7 kwietnia o godz. 10 oficjalnie rozpoczęto Seminarium, które zaszczycili swą obecnością wiceprezydent Grudziądza mgr Sławomir Szymański, wicedarosta grudziądzki mgr Marek Ostrowski, mgr Czesław Stawikowski reprezentujący Kuratorium Oświaty, mgr Ewa Czarnecka kierownik Wydziału Oświaty Kultury i Sportu oraz gospodarz szkoły dyrektor mgr Mirosława Wojtaszewska.

Po oficjalnych wystąpieniach, w powadze chwili, udzielono głosu H. Branczewiczowi, który swą krótką wypowiedzią uczcił pamięć zmarłego Ojca Świętego Jana Pawła II, podkreślając dwoma przykładami Jego konteksy astronomiczne (seminarium filozofii przyrody w Krakowskiej Kurii Biskupiej oraz Obserwatorium Watykańskie i zdjście Ojca Świętego w tym obserwatorium). Ponieważ przed sześcioma tygodniami zmarł stałý członek jury, profesor Robert Głębocki, zmarłych uczczono minutą milczenia.



Tradycyjne wspólne zdjęcie uczestników i organizatorów XXI OMSA w Grudziądzu. Fot. Gerard Szukay

Następnie głos zabrał prof. Andrzej Woszczyk, wspominając profesora Roberta Głębockiego. Wykład inauguracyjny pt. „100 lat teorii względności Einsteina” wygłosił prof. Tadeusz Jarzębowski. Potem przyszła kolej na referaty przedstawicieli województw.

Na pierwszej sesji wygłoszono 9 referatów, na drugiej również 9 oraz na trzeciej, piątkowej, 8. Usłyszeliśmy referat o zaćmieniu Księżyca, o wyznaczeniu długości miesiąca synodycznego wraz z dywagacjami na tematy historyczne, dwa referaty o zegarach słonecznych, o badaniu widma czy własnych badaniach rakietowych i różnych próbach wystrzeliwania rakiet. Ostatni referat wzbudził ożywioną dyskusję, szczególnie dotyczącą spraw bezpieczeństwa. Cztery referaty były związane z niedawnym przejściem Wenus przed tarczą Słońca, przy czym trzy zmierzały do wyznaczenia wielkości jednostki astronomicznej, a jeden (i ten wygrał) zajmował się wyznaczeniem promienia Wenus. Bardzo ciekawy był referat dotyczący rozważania teorii spadku meteorytu na terenie Wielkopolski (ten też wygrał). Dwa referaty dotyczyły badań kometarnych, inny opisywał Marsa. Wielkie zainteresowania wzbudził referat o charakterze modelowo turystyczno-poznawczym przedstawiający, jak w rejonie Lidzbarku Warmińskiego można utworzyć model Układu Słonecznego, przypisując planetom ciekawe pod względem turystycznym obiekty.

W części referatów przedstawiających ważne zagadnienia astrofizyczne, a pisanych na podstawie przeczytanej literatury wywiązała się dość ostra dyskusja. Niestety, często młodzi autorzy (a nawet nauczyciele) powołują się na prasę (nawet codzienną) pisana przez niekompetentnych autorów, usiłujących wzbudzać sensacje. Okazuje się, że uczestnicy i nauczyciele nie zawsze docierają do „URANII” czy innych właściwych pozycji. Może dyskusja dotycząca referatów niepoprawnych była nawet przykra, ale konieczna. Uczestnicy zyskali dzięki niej wypostrowanie wiadomości, zdobywając nie tylko właściwą wiedzę, ale również przykłady krytycznej oceny przeglądanych materiałów.

Posiedzenie
jury odbyło się w piątek, po zakończeniu referatów. Zwyczajem lat ubiegłych odbyła się wstępna dyskusja na temat wygłoszonych referatów, po czym każdy z jurorów podał swoje oceny w skali od 1 do 10. Maksymalna ocena mogła więc wynosić 60 punktów, a minimalna 6.

Jury wyróżniło referaty, które uzyskały co najmniej 37 punktów. Końcowa zatwierdzona kwalifikacja przedstawiła się, jak następuje:

1. Dwa równorzędne pierwsze miejsca po 57 punktach

— Aleksandra Gumiła, Wieliczki woj. Małopolskie, za referat *Dziura na Słońcu*,

— Mateusz Szyszka, Poznań woj. Wielkopolskie za referat *Linia Morasko-Przełęzy-Jankowo Dolne, Rozważenie spadku meteorytu na terenie Wielkopolski*,

2. Joanna Drążkowska, 55 punktów, Lidzbark Warmiński, woj. warmińsko-mazurskie, *Modele Układu Słonecznego w skali*,

3. Sylwia Babicz i Daniel Pieniążek, 53 punkty, Gdańsk, woj. pomorskie, *Konstrukcja zegara słonecznego*,

4. Karolina Brodzińska, 47 punktów, Toruń, woj. kujawsko-pomorskie, *Obserwacje komety na podstawie obserwacji C/2004 Q2*,

5. Łukasz Sęk, 46 punktów, Kraków, woj. małopolskie, *Miesiąc synodyczny*,

6. Damian Jabłeka, 44 punkty, Pszczyna, woj. śląskie, *Gdy bogini miłości spotyka tarczę najwyższego*,

7. Jacek Dargiel i Kamil Matuszewski, 42 punkty, Włodawa, woj. lubelskie, *Bogini po przejściach — tranzyt Wenus AD2004*,

8. Piotr Wawrzyniak, 40 punktów, Radziejów, woj. kujawsko-pomorskie, *Calkowite zaćmienie Księżyca*,

9. Bogdan Janus, 39 punktów, Łódź, woj. łódzkie, *Ciemna materia brakująca część Wszechświata*,



Laureaci XXI OMSA: Mateusz Szyszka i Aleksandra Gumiła

Fot. Gerard Szukay

10. Paweł Rolbiecki, 38 punktów, Gdańsk, woj. pomorskie, *Ciemna materia we Wszechświecie*,

11. Karol Gołuch, 37 punktów, Busko Zdrój, woj. świętokrzyskie, *Venus Transit — obliczanie jednostki astronomicznej*.

Wyniki te przedstawiono w sobotę, na uroczystości zakończenia. W uroczystości ponownie uczestniczyli nasi drodzy Goście. Po kilku krótkich przemówieniach sesja została podsumowana przez Prezesa PTMA dr Henryka Brancewicza. Następnie Przewodniczący ogłosił wyniki, wręczono dyplomy najpierw uczestnictwa w Seminarium (tym nie wymienionym, bo zajęły miejsca dalsze od jedenaściego), następnie Małgorzata Śróbka-Kubiak i Henryk Brancewicz wręczali dyplomy i nagrody. Wśród nagród znalazły się lornetki, radiomagnetofon, statwy do lornetek, kalkulator, encyklopedie, albumy, prenumerata „Uranii-Postępów Astronomii” itp. Po uhonorowaniu uczestników wręczono dyplomy niektórym nauczycielom.

Przewodniczący Kazimierz Schiling ogłosił termin kolejnego Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego: 15-18 marca 2006 r. Datę tak dobrano, by umożliwić zainteresowanym obserwacje zaćmienia Słońca. Przedstawiciel Politechniki Gdańskiej wręczył jurorom pamiątkową książkę Wydziału Elektrycznego i spotkanie zakończono. Uczestnicy rozpoczęli wyjazdy, które stają się coraz trudniejsze. Wszyscy jednak cekają na kolejne spotkanie.

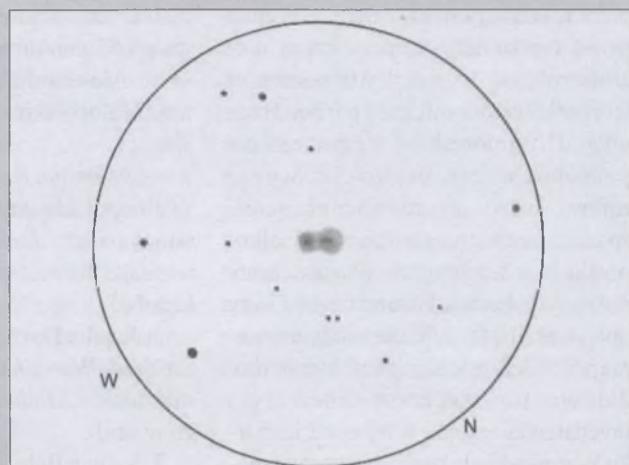
Henryk Brancewicz

NGC 2371/2

α (J2000)	07 ^h , 25,6 ^m
δ (J2000)	+29° 29'
Gwiazdozbiór	Bliźnięta
Typ	Mgławica planetarna
Jasność fotograficzna	13,0
Jasność wizualna	11,3
Jasność absolutna M _v	+0,2
Rozmiar	1' × 0,6'
Odległość	1,5 kpc
Prędkość radialna	+21 km/s

Pod tymi dwoma numerami katalogowymi kryje się jeden obiekt: niezbyt jasna mgławica planetarna, która swoim kształtem przypomina orzeszek ziemny albo hantle. Jej część południowo-zachodnia jest oznaczana jako NGC 2371 a część północno-wschodnia jako NGC 2372. Odkryta została przez Williama Herschela, który skatalogował ją pod dwa osobne obiekty pod numerami H II.316 i H II.317. W katalogu Dreyera znajdziemy taki oto opis jej obu części: „jasna, mała, zaokrąglona, pośrodku z jaśniejszym jądrem, poprzedzającą z podwójnej mgławicy”, przy czym w opisie NGC 2372 pojawiają się określenia: „dość jasna” i „następująca z...”. Dopiero w 1917 r. Pease odkrył, że obie mgławice stanowią w istocie jedną mgławicę planetarną.

Mgławica jest stosunkowo słaba i by ją zauważyc, trzeba dysponować teleskopem o średnicy co najmniej 15 cm. Widac ją wtedy jako słabą, nieregularną plamkę przy powiększeniu około 80 razy. Jednak niektórzy obserwatorzy donoszą, że udało im się zobaczyć NGC 2371/2 w lunetach o średnicy 8–10 cm! Prawdopodobnie dostrzegają jedynie jaśniejszą, południową część mgławicy. Przy obserwacjach tej mgławicy bardzo przydaje się filtr OIII oraz użycie dużych powiększeń (ponad 250 razy). Przez większy teleskop o średnicy 30–40 cm można zobaczyć o wiele więcej szczegółów: południowa część mgławicy jest bardziej skoncentrowana, w jej obrębie można zidentyfikować gwiazdopodobną kondensację mgławicy, północna część jest bardziej rozmyta, wydaje się też nieco większa, pomiędzy nimi można z trudem dostrzec słabą gwiazdę 15 wielkości gwiazdowej, która jest gwiazdą centralną. Obie części są zanurzone w słabym halo w kształcie orzeszka ziemnego, a prostopadle do kierunku łączącego obie części znajdują się dwa słabe pojaśnienia widoczne na zdjęciach tej mgławicy.

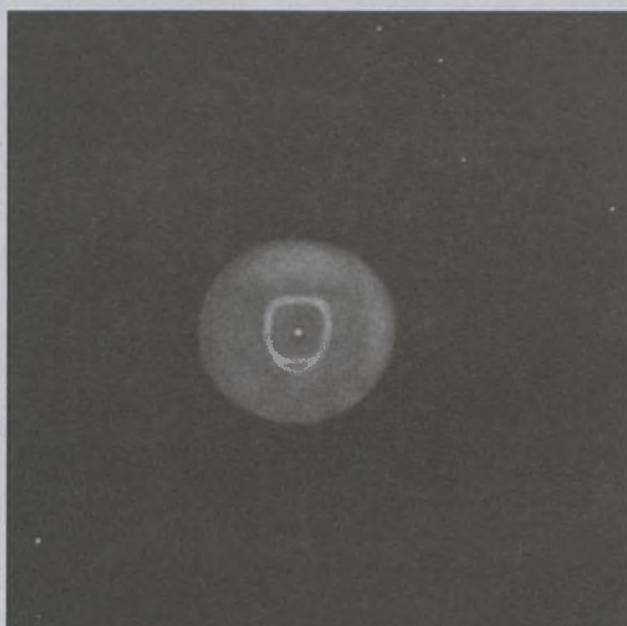


Mgławica pobudzana jest do świecenia przez bardzo gorącą gwiazdę centralną mającą temperaturę około 120 tys. K i jasność 5 tys. razy większą od Słońca. Jej typ jest określany jako WR i jest ona obecnie w fazie przejściowej pomiędzy jądrem mgławicy planetarnej i białym karłem. Temperatura w samej mgławicy wynosi aż 14 tys. K, co powoduje, że emituje ona niewiele energii w linii H α i kolor mgławicy jest niebieskawzielony.

NGC 2392

α (J2000)	07 ^h , 29,2 ^m
δ (J2000)	+20° 55'
Gwiazdozbiór	Bliźnięta
Typ	Mgławica planetarna
Jasność fotograficzna	9,9
Jasność wizualna	9,2
Jasność absolutna M _v	-1,0
Rozmiar	47" × 43"
Odległość	~ 1,2 kpc
Prędkość radialna	84,2 km/s

William Herschel odkrył tę piękną mgławicę planetarną 17 stycznia 1787 r. i skatalogował ją pod numerem H IV.45. W obrębie mgławicy można wyróżnić dwa sferyczne zagęszczenia materii, które widzimy jako koncentryczne pierścienie, nadające jej specyficzny wygląd. Stąd jej nazwy: mgławica Eskimos lub Klaun. W katalogu NGC jej opis jest następujący: „jasna, mała, okrąglą, gwiazda dziewiątej wielkości w środku i ósmej wielkości na północ od niej”. NGC 2392 łatwo zauważać nawet w małym teleskopie o średnicy 8–10 cm, przez który wraz z sąsiadującą z nią w odległości kątowej 1' gwiazdą SAO 79428 wygląda jak gwiazda podwójna. Mgławica ta doskonale „znosi” wielkie powiększe-



nia i najlepiej ją obserwować, korzystając w danych warunkach z maksymalnie dużych powiększeń. W teleskopie o średnicy około 20 cm przy powiększeniu około 200 razy można dostrzec w obrębie mgławicy jaśniejszy pierścień wokół centralnej gwiazdy oraz słabą zewnętrzną otoczkę mgławicy o średnicy około trzy razy większej niż pierścień – spójrz na zamieszczony obok rysunek NGC 2392 wykonyany z pomocą 100-cm teleskopu przy powiększeniu 125× i użyciu filtra OIII. Wokół centralnej gwiazdy jest ciemniejszy obszar o niejednolitej jasności.

Na zdjęciu wykonanym przez teleskop Hubble'a widać, że na skraju mgławicy znajduje się wiele kometarnych obiektów, z długimi, wystającymi poza nią „warkoczami”. Samo jasne centrum mgławicy jest wielkim bąblem materii wyrzuconej z centralnej gwiazdy, przy czym struktura tego bąbla jest bardzo skomplikowana i wynika z oddziaływanego materii wypływającej z jądra mgławicy z ośrodkiem materii międzygwiazdowej. Mgławica zaczęła formować się jakieś 10 tys.

lat temu. Wewnętrzne ze wspomnianych na początku sferycznych zagęszczeń materii rozszerzają się z prędkością około 90 km/s, a zewnętrzne obszary mgławicy z prędkością 20 km/s. Wyraźny niebieskawzielony kolor mgławicy jest związany z jej temperaturą szacowaną na około 13 tys. K i wysokim stopniem wzbudzenia gazu wchodzącego w jej skład. NGC 2392 jest pierwszą mgławicą planetarną, w której (rok 1985) dostrzeżono wąskie, biegunostronne strugi materii o prędkości około 200 km/s, wypływające z jej najbardziej wewnętrznych obszarów. Prawdopodobnie oddziaływanie tych strug z pozostałą materią mgławicy prowadzi do powstawania potężnych fal uderzeniowych, w których gaz jest podgrzewany do temperatury setek tysięcy stopni K, co tłumaczyłoby emisję rentgenowską z centralnych obszarów mgławicy, jaką zarejestrował teleskop XMM-Newton. Jądro mgławicy to gwiazda HD 59088 o typie widmowym O7f, przypuszczalnie zmienna.



NGC 2403

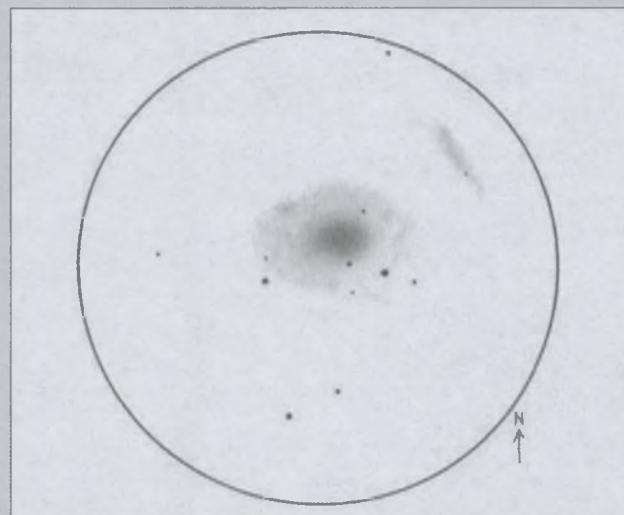
α (J2000)	07 ^h , 36,9 ^m
δ (J2000)	+65° 36'
Gwiazdozbiór	Żyrafa
Typ	Galaktyka spiralna Sc
Jasność fotograficzna	8,9
Jasność wizualna	8,4
Jasność absolutna M _v	-19,6
Rozmiar	18' × 11'
Odgległość	3,2 Mpc
Pędkość radialna	+134 km/s

Pod tym numerem kryje się jeden z najbardziej spektakularnych obiektów mgławicowych przeoczonych przez Charles'a Messiera, gdy kompilował swój katalog. NGC 2403 należy do najjaśniejszych galaktyk nieba, którą w sprzyjających warunkach można zobaczyć już przez lornetkę. Galaktykę tę odkrył William Herschel w 1788 r. i oznaczył ją jako H

V.44. Katalog NGC podaje taki jej opis: „wyjątkowy obiekt, o znacznej jasności, bardzo duży, silnie wydłużony, bardzo silnie jaśniejący w kierunku centralnego jądra”. Jeżeli niebo jest ciemne, to pomimo braku jasnych gwiazd w pobliżu, które ułatwiałyby orientację, łatwo ją znaleźć nawet przez mały teleskop, w którym można zauważać gwiazdopodobne jądro otoczone wydłużoną poświątą. Jednak należy pamiętać, że galaktyka ta ma niewielką jasność powierzchniową i na tle podmiejskiego nieba może być trudna do odnalezienia (o czym przekonał się kilkakrotnie autor tego artykułu). NGC 2403 świeci pomiędzy dwiema gwiazdami Drogi Mlecznej, mającymi jasność około 9 mag. Obiekt ten najlepiej oglądać przy niewielkich powiększeniach rzędu 100 razy. W większym instrumencie o średnicy ponad 30 cm można zauważać niewyraźny zarys fragmentów ramion spiralnych widzianych jako jaśniejsze łuki znajdujące się w różnych odległościach od jądra. Jednak nawet w dużym instrumentie nie widać wiele szczegółów, a galaktyka wygląda jak rozmyty, rozległy oval. Pomocny może okazać się filtr blokują-

cy poświatę nieba. Rysunek wykonany z pomocą takiego filtra przez 20-cm teleskop przy powiększeniu 122 razy jest zaprezentowany dalej.

NGC 2403 jest prawdopodobnie członkiem grupy galaktyk obejmującej między innymi galaktyki M81 i M82 w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy (patrz: U-PA 3/2001). Wskazuje na to zarówno odległość tej galaktyki, jej prędkość radialna, a także położenie na niebie. Grupa ta znajduje się w odległości około 10-12 mln lat świetlnych od nas i jest jedną z najbliższych nam grup galaktyk podobnych do naszej Grupy Lokalnej (poza grupą galaktyk w Rzeźbiarzu i grupą związaną z galaktyką eliptyczną Maffei 1). Płaszczyzna dysku NGC 2403 jest nachylona do kierunku widzenia pod kątem 62°. Obserwacje obszarów neutralnego wodoru (HI) wykonane w zakresie radiowym przez VLA wskazują, że poza normalnym cienkim geometrycznym dyskiem jest również gruby dysk o grubości około 5 kpc, w którym po obu stronach cienkiego dysku znajduje się wiele masywnych obłoków HI. Gruby dysk obraca się wolniej niż cienki i stopniowo opada w kierunku centrum galaktyki. Na zdjęciach tej galaktyki wykonanych w zakresie widzialnym widać wiele jasnych i rozległych obszarów zjonizowanego wodoru (HII), które wskazują na obecność młodych, gorących gwiazd. Nadaje to galaktyce nieco nieregularny wygląd. Uważa się obecnie, że właśnie przechodzi ona trwającą wiele milionów lat fazę wzmożonego powstawania gwiazd, co powtarza się w odstępach setek milionów lat. Analiza obserwacji wykonanych w zakresie bliskiej podczerwieni pokazała, że blisko jądra galaktyki znajdują się bardzo jasne czerwone nadolbrzymy, co wskazuje, że centralne obszary NGC 2403 przeszły stosunkowo niedawno – jakieś 100 mln lat temu – fazę silnej aktywności gwiazdotwórczej. Potwierdzać to zdają się również bardzo niebieskie kolory centralnych obszarów galaktyki. Jej łączna masa jest szacowana na około 100 mld mas Słońca, a jej średnica na około 45 tys. lat, czyli jest dwa razy mniejsza od naszej Galaktyki. Najjaśniejsze gwiazdy, które dają się w NGC 2403



roznóżnić, to niebieskie nadolbrzymy mające około 18 mag. Warto tu jeszcze dodać, że galaktyka ta była pierwszą poza Lokalną Grupą galaktyk, w której zidentyfikowano cefeidy i na tej podstawie wyznaczono do niej odległość. Obserwacje galaktyki za pomocą obserwatorium rentgenowskiego Chandra wykazały obecność w jej obrębie kilkudziesięciu dość jasnych i punktowych źródeł promieniowania. Co ciekawe, żadne z nich nie pokrywa się z gromadą kulistą, młodą masywną gromadą gwiazd ani optycznym jądrem galaktyki. Z nich tylko trzy mogą być związane z pozostałościami po supernowych.

31 czerwca ubiegłego roku japoński astronom amator Koichi Itagaki za pomocą niewielkiego teleskopu doniósł o odkryciu w tej galaktyce gwiazdy supernowej (patrz zdjęcie obok wykonane przez teleskop Hubble'a). Gwiazda ta osiągnęła jasność wizualną 11,2 mag., stając się w ten sposób najjaśniejszą supernową obserwowaną od czasu supernowej SN 1993j w M 81, która osiągnęła wizualnie

10,8 mag. i którą również odkrył astronom amator. Supernowa w NGC 2403 otrzymała oznaczenie SN 2004dj i stała się przedmiotem intensywnych badań we wszystkich zakresach widma. Supernowa ta została zaliczona do typu II, w którym wybuch powodowany jest przez implozję żelazo-niklowego jądra masywnej gwiazdy i następującą po niej eksplozję zewnętrznych warstw gwiazdy. Analiza obserwacji wykonanych przed pojawiением się supernowej wykazała, że wybuchła ona w zwartej, masywnej i młodej gromadzie gwiazd oznaczonej jako Sandage 96, a eksplozja dotyczyła nadolbrzyma o masie około 15 mas Słońca. W ciągu ostatniego półwiecza w NGC 2403 rozbłysły jeszcze dwie bardzo jasne gwiazdy oznaczone jako: SN 1954j i SN 2002kg. Należą one do bardzo rzadkiej grupy gwiazd zmiennych oznaczanych jako LBV (ang. Luminous Blue Variables). Jasność ich może się szybko zwiększyć w takim stopniu, że jest to często mylne brane za wybuch supernowej. Jednak obserwacje tych obiektów po wybuchu wskazują, że nie są to prawdziwe supernowe i mamy raczej do czynienia z potężnymi wybuchami bardzo masywnych gwiazd, podobnymi do tego, jaki obserwowano w gwiazdzie η Carinae w XIX w.

Dariusz Graczyk

Interesujące obiekty: Lew

Obiekt	Rodzaj Obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary Kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
M 66	G	11:20:14,4	+12:59:42	8,9	8,7'×4,4'		
NGC 2903	G	09:32:09,7	+21:30:02	9,0	13'×6,6'		
NGC 3521	G	11:05:48,9	-0:02:14	9,0	9,5'×5,0'		
M 105	G	10:47:49,8	+12:34:57	9,3	4,5'×4,0'	70-100/40-80×	80/800-1200
M 96	G	10:46:45,2	+11:49:15	9,3	7,1'×5,1'		
M 65	G	11:18:55,2	+13:05:35	9,3	10'×3,3'		
NGC 3628	G	11:20:16,2	+13:35:21	9,5	15'×3,6'		
M 95	G	10:43:58,0	+11:42:14	9,7	7,4'×5,1'		
NGC 3607	G	11:16:54,1	+18:03:11	9,9	3,7'×3,2'		
NGC 3384	G	10:48:17,2	+12:37:49	9,9	5,4'×2,7'		
UGC 5470	G	10:08:27,5	+12:18:27	10,2	10,7'×8,3'		
NGC 3227	G	10:23:31,4	+19:51:48	10,3	5,6'×4,0'		
NGC 3489	G	11:00:18,1	+13:54:08	10,3	3,7'×2,1'	100-150/100×	100-150/1500
NGC 3377	G	10:47:41,6	+13:59:00	10,4	4,4'×2,7'		
NGC 3640	G	11:21:06,7	+3:14:08	10,4	4,1'×3,4'		
NGC 3412	G	10:50:53,1	+13:24:46	10,5	3,6'×2,0'		
NGC 3608	G	11:16:58,7	+18:08:56	10,8	3,0'×2,5'		
NGC 3810	G	11:40:58,5	+11:28:16	10,8	4,3'×3,1'		
NGC 3193	G	10:18:25,0	+21:53:42	10,9	2,8'×2,6'		
NGC 3507	G	11:03:25,6	+18:08:14	10,9	3,5'×3,0'		
NGC 3593	G	11:14:36,1	+12:49:06	10,9	5,8'×2,5'		
NGC 3626	G	11:20:03,7	+18:21:30	11,0	3,1'×2,2'		
NGC 3190	G	10:18:05,7	+21:49:59	11,1	4,5'×1,7'		
NGC 3646	G	11:21:43,2	+20:10:16	11,1	3,9'×2,6'	170-200/100×	150-200/2000
NGC 3338	G	10:42:07,4	+13:44:52	11,1	5,5'×3,7'		
NGC 3705	G	11:30:06,8	+9:16:36	11,1	5,0'×2,3'		
NGC 3681	G	11:26:29,4	+16:51:51	11,2	2,5'×2,4'		
NGC 2964	G	09:42:53,9	+31:50:50	11,3	3,0'×1,7'		
NGC 3239	G	10:25:05,5	+17:09:35	11,3	4,5'×2,4'		
NGC 3686	G	11:27:44,1	+17:13:24	11,3	3,3'×2,6'		
NGC 3596	G	11:15:05,2	+14:47:16	11,3	4,2'×4,1'		
NGC 3226	G	10:23:27,3	+19:53:55	11,4	2,8'×2,5'		
NGC 3301	G	10:36:55,6	+21:52:58	11,4	3,6'×1,2'		
NGC 3900	G	11:49:08,9	+27:01:25	11,4	3,5'×1,9'		
NGC 3684	G	11:27:11,1	+17:01:49	11,4	3,2'×2,3'		
NGC 3041	G	09:53:06,9	+16:40:43	11,5	3,7'×2,5'		
NGC 2911	G	09:33:46,5	+10:09:08	11,5	1,9'×1,5'		
NGC 3367	G	10:46:34,5	+13:45:08	11,5	2,3'×2,1'		
NGC 3162	G	10:13:31,9	+22:44:23	11,6	3,1'×2,7'		
NGC 3370	G	10:47:03,6	+17:16:26	11,6	3,1'×1,9'		
NGC 3655	G	11:22:54,7	+16:35:27	11,6	1,6'×1,1'		
NGC 3433	G	10:52:03,5	+10:08:59	11,6	3,5'×3,2'		
NGC 2968	G	09:43:12,0	+31:55:40	11,7	2,2'×1,5'	200-250/120×	200-250/2000
NGC 3346	G	10:43:38,7	+14:52:18	11,7	2,8'×2,5'		
NGC 3872	G	11:45:49,0	+13:45:58	11,7	2,2'×1,5'		
NGC 3842	G	11:44:02,0	+19:57:01	11,8	1,2'×1,0'		
NGC 3485	G	11:00:02,4	+14:50:36	11,8	2,5'×2,2'		
NGC 3691	G	11:28:08,5	+16:55:14	11,8	1,3'×1,0'		
NGC 3968	G	11:55:28,8	+11:58:13	11,8	2,9'×1,9'		
NGC 3495	G	11:01:15,8	+3:37:35	11,8	4,6'×1,3'		
NGC 3020	G	09:50:06,6	+12:48:53	11,9	3,2'×1,8'		
NGC 2872	G	09:25:42,9	+11:25:56	11,9	2,1'×1,9'		
NGC 3599	G	11:15:27,3	+18:06:46	11,9	2,8'×2,8'		
NGC 3389	G	10:48:27,8	+12:32:01	11,9	2,7'×1,5'		
NGC 3630	G	11:20:16,5	+2:57:56	11,9	2,3'×0,9'		

G – galaktyka

Wiesław Skórzyński

Wyznaczanie odległości, promienia orbity i rozmiarów Jowisza

Astronomia postrzegana poprzez treść zajęć w szkołach różnych szczebli lub treści książek popularnonaukowych jawi się zazwyczaj — w odróżnieniu od fizyki lub chemii — jako nauka abstrakcyjna: nietknięta wzrokiem pozostaje większość obiektów i zjawisk będących przedmiotem jej zainteresowania, nieznane pozostają również metody badań. Nie ulega chyba wątpliwości, iż nieodłącznym elementem edukacji astronomicznej, na każdym jej szczeblu, powinny być obserwacje astronomiczne, a ich tematyka nie powinna — i nie musi — ograniczać się do rozpoznawania znanych gwiazdozbiorów czy gwiazd lub poleceń typu „zobacz”. Propozycje takich właśnie „badawczych” obserwacji, o różnym stopniu trudności, zawiera książka pt. „*Obserwacje i pomiary astronomiczne dla studentów, uczniów i miłośników astronomii*”, przygotowywana do wydania w bieżącym roku przez Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. Z niej to właśnie pochodzi poniższy, nieco skrócony, opis jednego z zadań obserwacyjnych.

Wszystkim planetom i ich księżycom, tak jak każdemu oświetlanemu przedmiotowi, towarzyszy cień. O obecności cienia Ziemi i cienia Księżyca przekonują zjawiska zaćmień Księżyca i Słońca. Cień Saturna bywa widoczny na tle pierścieni. O obecności cienia Jowisza przekonuje nas obserwacja jego księżyców, które pojawiają się lub znikają w pewnym oddaleniu od jego tarczy. Jak się dalej okaże, możliwość zaobserwowania położenia cienia planety pozwala wyznaczyć jej odległość. Naszą uwagę skupmy na Jowiszu i jego księżycach.

Opis metody

W oparciu o proste, lecz długotrwałe obserwacje moglibyśmy się przekonać, że płaszczyzna orbity Jowisza niemal dokładnie pokrywa się z płaszczyzną orbity Ziemi. W dalszych rozważaniach wzajemne nachylenie tych płaszczyzn będzie zaniedbywane. Nieco krótsze obserwacje, bo kilkunastodniowe, przekonałyby nas, że również płaszczyzny orbit najbliższych księżyców Jowisza (tzw. „galileuszowych”): Io, Europa, Ganimedes, Callisto są nachylone do płaszczyzny orbity Ziemi pod bardzo małymi kątami. Kąty te są tak małe, że trzy księżyce najbliższe Jowisza (Io, Europa, Ganimedes) przy każdym obiegu przechodzą przez cień Jowisza oraz przed jego tarczą, niemal dokładnie wzdłuż średnicy. Spójrzmy na rysunek 1, którego płaszczyzna pokrywa się z płaszczyzną orbity Ziemi (Z) i Jowisza (J). Punkt S oznacza położenie Słońca. Jeśli długość boku SZ w trójkącie SJZ, (oznaczoną jako r_Z), będącą promieniem orbity Ziemi będziemy traktować jako wielkość znaną, to do wyznaczenia odległości do Jowisza $r = |SJ|$ lub promienia jego orbity $r_J = |SJ|$, jest niezbędne obserwacyjne określenie dwóch kątów w trójkącie SJZ. Spośród kątów tego trójkąta: θ , β , γ z pewnością najłatwiejszy do wyznaczenia jest kąt θ ,

gdyż obserwator znajduje się w jego wierzchołku, więc może zmierzyć go bezpośrednio. Zastanawiając się nad wyborem drugiego kąta, którego wartość musimy wyznaczyć, może się wydawać, że łatwiejszy do wyznaczenia będzie kąt γ . Jeśli obserwacje pokazałyby, że prędkości orbitalne Ziemi i Jowisza (ω_Z , ω_J) są w przybliżeniu stałe i wyznaczalibyśmy czas wystąpienia opozycji Jowisza t_0 , to w dowolnej chwili t kąt γ byłby równy $|\gamma| = (\omega_Z - \omega_J)t - t_0$. Poważnym mankamentem takiego postępowania byłaby konieczność długotrwałych obserwacji i niepewność ich rezultatu: przed rozpoczęciem obserwacji nie byłibyśmy bowiem pewni, czy $\omega_Z \equiv \text{const}$, $\omega_J \equiv \text{const}$. Sprawdźmy wobec tego możliwość wyznaczenia kąta β .

Na rysunku 2 jest pokazany fragment rysunku 1, przedstawiający Jowisza (J), jego cień oraz księżyc (K) i jego orbitę wokół planety. Płaszczyzna tego rysunku, tak jak rysunku 1, pokrywa się z płaszczyzną orbity Ziemi i orbity Jowisza. Rysunek dotyczy chwili, gdy księżyc (K) wynurza się lub zanurza w cień planety. Widok planety i księżyca z Ziemi, odpowiadający temu zdarzeniu, jest pokazany na rysunku 3. Z trójkątów KBO i JKO widocznych na rysunku 2 wynikają następujące zależności:

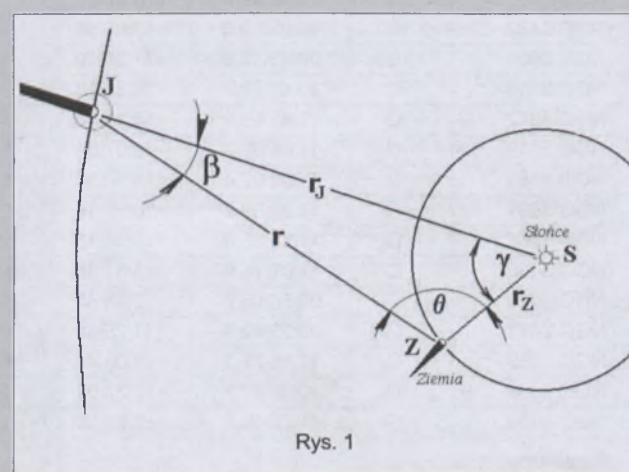
$$\beta = \beta' + \varepsilon + \rho, \quad \operatorname{tg} \beta' = \frac{r \cdot \varepsilon}{|KO|},$$

$$|KO| = r \cdot \sqrt{\eta^2 - (\rho + \varepsilon)^2}.$$

Łącząc drugą i trzecią z nich, otrzymamy związek

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{r \cdot \varepsilon}{|KO|} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{\eta^2 - (\rho + \varepsilon)^2}}, \quad (1)$$

który w połączeniu z zależnością $\beta = \beta' + \varepsilon + \rho$ umożliwia wyznaczenie kąta β : kąty ε , η , ρ występujące po prawej stronie obu zależności można bowiem zmierzyć, obserwując Jowisza i jego księżyc w chwili, gdy znajduje się on na granicy cienia Jowisza oraz wtedy, gdy jest położony naj-



dalej od planety (patrz: „Wskazówki praktyczne” na końcu tekstu).

Teraz można już dokonać ostatecznego rozwiązania problemu. Stosując twierdzenie sinusów do trójkąta SJZ (rys. 1), otrzymamy zależność

$$r = \frac{r_z \sin \gamma}{\sin \beta} = \frac{r_z \sin \gamma}{\sin(\beta' + \epsilon + \rho)},$$

a po uwzględnieniu równości $\gamma = 180 - \theta - \beta'$ (patrz rys. 1), otrzymamy ostateczną formułę, pozwalającą wyznaczyć aktualną odległość planety

$$r = r_z \frac{\sin(\theta + \beta' + \epsilon + \rho)}{\sin(\beta' + \epsilon + \rho)}. \quad (2)$$

W podobny sposób, z tego samego trójkąta SJZ, możemy wyznaczyć promień orbity Jowisza

$$r_j = \frac{r_z \sin \theta}{\sin \beta} = \frac{r_z \sin \theta}{\sin(\beta' + \epsilon + \rho)}. \quad (3)$$

Występujący w obu wyrażeniach kat β' należy obliczać z zależności (1)

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{\epsilon}{\sqrt{\eta^2 - (\rho + \epsilon)^2}}.$$

Znajomość odległości Jowisza r oraz wartości ρ i η pozwala obliczyć promień Jowisza: $R_j = r\rho$ oraz promień orbity obserwowanego księżyca: $r_{\text{orbity księżyca}} = r\eta$.

Jeśli obserwator potrafi wyznaczyć różnicę jasności dwóch obiektów (co jest szczególnie łatwe w przypadku, gdy obraz jest rejestrowany za pomocą kamery CCD), to możliwe będzie także oszacowanie rozmiarów wszystkich księżyców Jowisza zarejestrowanych na obrazie. Jeśli E_j , E_k oznaczać będą obserwowane na Ziemi oświetlenie od Jowisza i jego księżyca, zaś m_j , m_k — ich jasności instrumentalne, to zgodnie z definicją jasności:

$$E_k/E_j = 10^{0,4(m_j-m_k)}$$

Znikoma wartość kątowego promienia orbity księżyca (η) upoważnia do przyjęcia jednakowej odległości z Ziemią do Jowisza i do jego księżyca (równiej r). W takim wypadku stosunek obserwowanych oświetleń jest równy stosunkowi mocy świecenia obiektów: $E_k/E_j = L_k/L_j$, a w konsekwencji

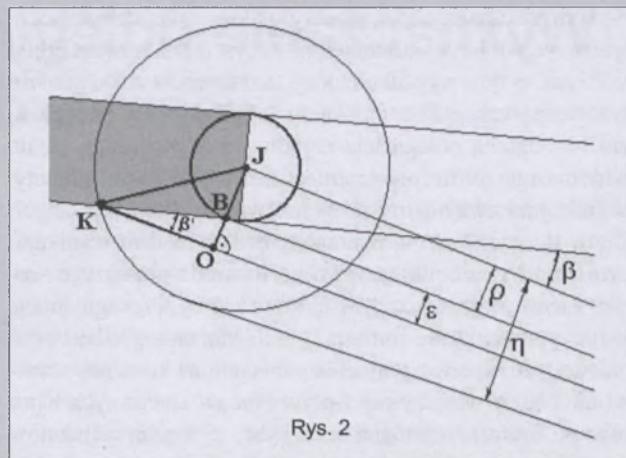
$$L_k/L_j = 10^{0,4(m_j-m_k)}. \quad (4)$$

Moc świecenia Jowisza (L_j) lub jego księżyca (L_k) jest równa oświetleniu od Słońca w odległości Jowisza ($L_\odot/4\pi r_j^2$, gdzie: L_\odot jest mocą promieniowania Słońca, r_j — odlegością Jowisza i księżyca od Słońca), pomnożonemu przez powierzchnię przekroju globu odbijającego światło (πR_j^2 lub πR_k^2) oraz przez współczynnik odbicia światła od ich powierzchni (θ_j lub θ_k) — tzw. albedo:

$$L_j = (L_\odot/4\pi r_j^2) \cdot \pi R_j^2 \cdot \theta_j,$$

$$L_k = (L_\odot/4\pi r_j^2) \cdot \pi R_k^2 \cdot \theta_k.$$

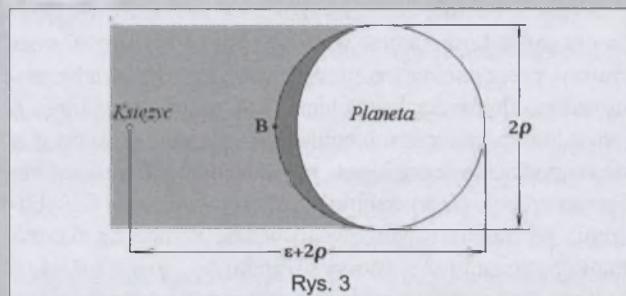
Po uwzględnieniu tych związków, zależność (4) przyjmie następującą postać:



Rys. 2

$$R_j = R_\odot \sqrt{\frac{\theta_j}{\theta_k}} 10^{0,4(m_j-m_k)} = r\rho \sqrt{\frac{\theta_j}{\theta_k}} 10^{0,4(m_j-m_k)}. \quad (5)$$

Odwołując się do wcześniejszych rozważań, wartości r i ρ możemy uważać za znane. Wartości współczynników odbicia światła od Jowisza i księżyków można znaleźć w wielu publikacjach: $\theta_{\text{J}} \approx 0,5$, $\theta_{\text{Io}} \approx 0,5$, $\theta_{\text{Europa}} \approx 0,7$, $\theta_{\text{Ganimedes}} \approx 0,3$, $\theta_{\text{Callisto}} \approx 0,1$. Listę parametrów niezbędnych do określenia promienia księżyca zamyka wartość różnicy jasności Jowisza i badanego księżyca ($m_j - m_k$), którą należy określić samodzielnie. Ambitny obserwator, pragnący polegać w jak największym stopniu na własnych obserwacjach, mógłby postąpić w sposób następujący. Opierając się na samodzielnie wykonanych obserwacjach wyznaczyć albedo Jowisza θ_j ¹, a następnie podstawiając za θ_k graniczne wartości albedo, jakimi są obdarzone ciała Układu Słonecznego: 0,05 (Mercury), 0,75 (Venus), określić prawdopodobny zakres rozmiarów badanego księżyca. Chociaż rozpiętość otrzymanych wartości nie wzbudzi zachwytu, to mimo wszystko będzie to informacja istotna.



Rys. 3

Jeśli obserwator będzie dysponował instrumentem optycznym o ogniskowej $f \geq 3$ m pozwalającym uzyskiwać ostre obrazy obiektów, to wyprowadzone zależności 1, 2, 3 można, z pewnym przybliżeniem, wykorzystać np. do oszacowania odległości Saturna. W tym wypadku do wyznaczenia kąta β

¹ Opierając się na tych prostych zależnościach przywoływanych w tekście oraz związku pomiędzy jasnością absolutną, widomą i odległością obiektu ($m = M + 5 \log r - 5$), można otrzymać zależność: $\alpha = 4(r/\rho)^2 \times 10^{0,4(M_\odot - m_j - 5)}$, w której r , ρ , m_j oznaczają te same wielkości co poprzednio, zaś M_\odot jest jasnością absolutną Słońca ($M_\odot \approx 4,8''$). Skorzystanie z tej zależności wymaga jednak, by wartości M_\odot , m_j były wyznaczone w tym samym lub zbliżonym systemie fotometrycznym.

wykorzystać należy cień planety widoczny na tle pierścieni (patrz rys. 4). Linię, która na rys. 1 i rys. 2 obrazowała orbitę księżyca, w tym wypadku należy utożsamiać z zewnętrznym brzegiem pierścieni, kąt η z kątowym promieniem pierścieni, zaś ε z kątową odlegością najodleglejszego punktu cienia widocznego na tle pierścieni od krawędzi globu planety. Wynik, jaki otrzymamy po podstawieniu wyżej opisanych kątów do wyrażenia 4, obarczony będzie błędem wynikającym z nachylenia płaszczyzny pierścieni do płaszczyzny orbity Ziemi (wynoszącym 27°), które nie było uwzględniane przy wyprowadzaniu formuł: 1, 2, 3. Można się jednak spodziewać, że wpływ nachylenia pierścieni na końcowy rezultat nie będzie większy niż wpływ błędów związanych z pomiarem kątów ε, ρ (można oczekiwać, że pomiar tych kątów — zwłaszcza ε — przy wykorzystaniu amatorskich teleskopów będzie obarczony znacznym błędem). W przypadku Saturna, tak jak w przypadku Jowisza, konieczne będzie uwzględnienie spłaszczenia tarczy. Ponieważ obserwacyjne wyznaczenie spłaszczenia jest możliwe tylko wtedy, gdy Saturn jest w opozycji, dlatego koniecznością będzie skorzystanie z publikowanych danych: $\rho_{\text{bieg}}/\rho_{\text{równ.}} = 0,90$.

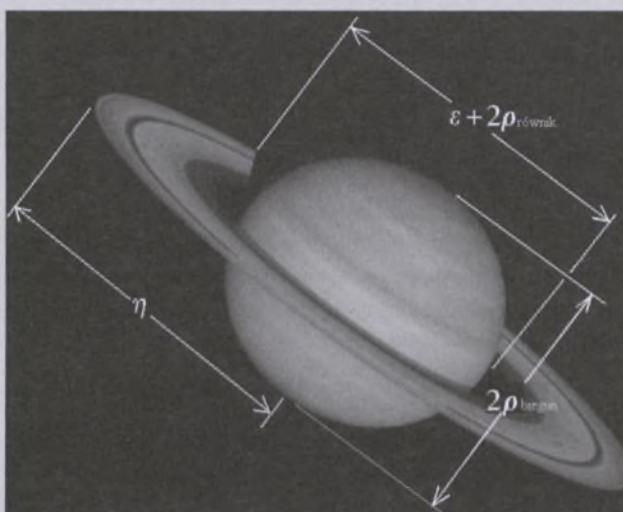
Wskazówki praktyczne

Poniższe wskazówki są przeznaczone dla osób mających niewielkie doświadczenie w prowadzeniu obserwacji astronomicznych. Pominieto w nich jednak (ze względu na brak miejsca) opis metody wyznaczenia jasności instrumentalnej Jowisza i jego księżyca — wielkości potrzebnych do wyznaczenia rozmiarów księżyca. Wyznaczenie odległości Jowisza i promienia jego orbity z pomocą zależności 1, 2, 3 wymaga zmierzenia czterech kątów: $\theta, \varepsilon, \rho, \eta$.

Wyznaczanie ε, ρ, η . Ze względu na fakt, iż krawędź tarczy Jowisza od strony księżyca jest terminatorem, kąty ε, ρ powinny być mierzone tak, jak pokazuje to rys. 3. Jeśli pomiar byłby wykonywany tak, jak pokazuje rys. 5, to zaniona zostanie wartość ρ , a zawyżona wartość ε . Ze względu na obecność terminatora, wartość ρ powinna być wyznaczana poprzez pomiar średnicy planety (2ρ), w kierunku prostopadłym do rozciętości cienia. Tak zmierzona wartość ρ jest jednak promieniem biegowym planety, podczas gdy we wszystkich zależnościach, na podstawie których jest obliczana odległość, występuje promień równikowy. Do obliczenia promienia równikowego będzie konieczne skorzystanie ze znanej już wartości stosunku $\rho_{\text{bieg}}/\rho_{\text{równ.}} = 0,94$.

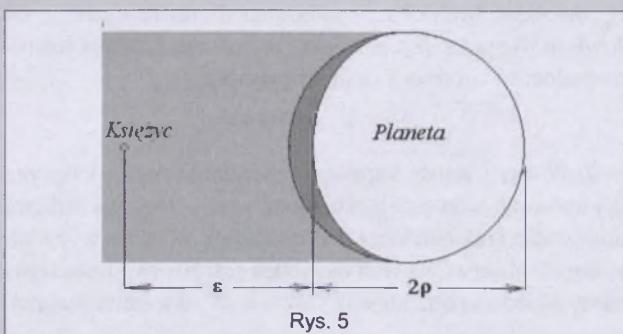
Kąty ε, ρ, η można zmierzyć podczas bezpośredniej wizualnej obserwacji za pomocą mikrometru² albo opierając się na zarejestrowanych obrazach Jowisza i księżyca. Obserwacje muszą być dokonane w chwili, gdy księżyc znajduje się na granicy cienia planety oraz wtedy, gdy jego kątowa odległość od planety jest największa. Na podstawie odrębnych obserwacji konieczne będzie wyznaczenie kątowej skali użytego mikrometru lub skali obrazu tworzonego przez wykorzystywany układ optyczny.

Najłatwiejszy do przeprowadzenia wydaje się pomiar wizualny za pomocą mikrometru. Wykorzystanie kliszy fotograficznej będzie trudne ze względu na ogromną różnicę jasności Jowisza i jego księżyców, która uniemożliwiała będzie



Rys. 4

dobór takiego czasu naświetlania, by na jednym zdjęciu otrzymać dobry obraz tarczy Jowisza i księżyca (zdjęcie takie będzie potrzebne do wyznaczenia kątów ε, ρ). Jeden z możliwych sposobów ominięcia tej trudności polega na wykonaniu dwóch zdjęć. Jedno z nich powinno być wykonane z takim czasem ekspozycji, by uzyskać dobry obraz tarczy Jowisza, a drugie, naświetlane znacznie dłużej, zarejestruje położenie księżyca (na tym zdjęciu obraz Jowisza będzie prześwietlony i powiększony w stosunku do rozmiarów rzeczywistych). Pierwsze zdjęcie umożliwi zmierzenie średnicy planety 2ρ , a drugie — ε (na tym zdjęciu należy zmierzyć odległość pomiędzy księżykiem i centrum powiększonego obrazu tarczy Jowisza: $\varepsilon + \rho$). Do wyznaczenia kąta η wystarczy jedno zdjęcie pokazujące położenie księżyca. Kamera CCD może prawidłowo rejestrować znacznie szerszy zakres oświetleń niż



Rys. 5

² Prosty mikrometr można wykonać samodzielnie, jeśli tylko okular lunety lub teleskopu pozwala się wysunąć i jest zakończony pustą tulejką. Należy wykonać z papieru rurkę o średnicy pasującej do wewnętrznzej średnicy tulejki okularu i nieco od niej dłuższą. Na jedną z podstawa rurki nakleić mniej więcej równolegle kilkanaście cienkich włókien (np. najcięńsze fragmenty włókien z tkanin syntetycznych). Tak wykonaną rurkę należy wsunąć do tulejki okularu, na taką głębokość, by patrząc w okular włókna były ostro widoczne. Po wykonaniu takiej wkładki i skierowaniu okularu na jasne tło należy wykonać dokładny rysunek widocznych włókien — narysować je dokładnie tak, jak je widać, zachowując skalę odstępów, nierównoleglosci i widoczne na nitkach zanieczyszczenia (ważne jest bowiem, by nitki widoczne przez okular i na rysunku można było identyfikować). Wyznaczenia odległości kątowej pomiędzy nitkami (skalowania mikrometru) można dokonać, kierując lunetę (z mikrometryczną wkładką) na prowizoryczną latę mierniczą.

klisza. Jej użycie umożliwi dobór takiego czasu naświetlania, by na tym samym obrazie był widoczny księżyc i nie przesaturowany obraz Jowisza. Położenie księżyca i krawędzi obrazu tarczy Jowisza będzie można zobaczyć poprzez odpowiednie wyskalowanie obrazu (pod względem jasności) lub analizę wartości sygnału w pikselach położonych wzduż średnicy obrazu tarczy.

Wyznaczanie kąta θ . Jeśli przed zachodem Słońca lub po jego wschodzie na niebie jest widoczny Księżyc, to kąt θ można zmierzyć bezpośrednio (za pomocą kątomierza zbudowanego z dwóch listew, połączonych tak, by przypominały długie cyrkiel). Wiadomo bowiem, że kierunek obserwator-Księżyc jest położony niemal dokładnie w płaszczyźnie utworzonej przez kierunki obserwator-Słońce i obserwator-Jowisz (można się o tym przekonać, wykonując proste, lecz długotrwałe obserwacje). Dzięki tej własności kąt pomiędzy Słońcem i Jowiszem będzie równy sumie kąta pomiędzy Słońcem i Księżykiem (ten kąt trzeba zmierzyć przed zachodem Słońca lub po jego wschodzie) oraz kąta pomiędzy Księżykiem a Jowiszem (ten kąt trzeba zmierzyć w chwili, gdy ponad horyzontem będzie widoczny Księżyc i Jowisz). W tak przeprowadzonym pomiarze zaniedbywane jest przesunięcie Księżyca względem Słońca i Jowisza w okresie pomiędzy obydwooma pomiarami. Jednak wpływ tego zaniedbania na dokładność końcowego rezultatu będzie znacznie mniejszy

niż wpływ błędów związanych z pomiarem innych wielkości

Kąt θ można również obliczyć, jeśli zostaną określone deklinacje obu obiektów (δ_{\odot} , δ_J) i różnica ich rektascensji ($\Delta\alpha_{\odot J}$). Z trójkąta sferycznego, którego wierzchołkami są biegun niebieski, Słońce i Jowisz, wynika bowiem, że $\cos(\alpha) = \sin\delta_{\odot} \sin\delta_J + \cos\delta_{\odot} \cos\delta_J \cos\Delta\alpha_{\odot J}$. Wartości δ_{\odot} , δ_J , $\Delta\alpha_{\odot J}$ można wyznaczyć na wiele sposobów. Deklinację Słońca lub Jowisza można wyznaczyć np. z zależności $\delta = h_g + \varphi - 90^\circ$, po wyznaczeniu wysokości górowania obiektu h (φ jest szerokością geograficzną miejsca obserwacji). Deklinację i rektascensję Słońca można również oszacować na podstawie daty obserwacji i mapy nieba (data pozwala określić położenie Słońca na ekleptyce, a mapa wyznaczyć jego współrzędne: α_{\odot} , δ_{\odot}). Deklinację i rektascensję Jowisza można wyznaczyć, ustalając jego położenie względem gwiazd (do tego będzie przydatna lornetka) i korzystając z mapy nieba. Różnicę rektascensji Słońca i Jowisza ($\Delta\alpha_{\odot J}$) można również wyznaczyć, notując momenty górowania Słońca i Jowisza t_{\odot} , t_J . Jeśli ω_{\odot} będzie oznaczało kątową prędkość ruchu dziennego Słońca ($\omega_{\odot} = 15^\circ/\text{godz.}$), to $\Delta\alpha_{\odot J} = \omega_{\odot}|t_{g\odot} - t_g|$. Ten sposób obliczenia $\Delta\alpha_{\odot J}$ zakłada stałą pozycję Jowisza względem gwiazd. Tak oczywiście nie jest, lecz powolność ruchu Jowisza względem gwiazd ($\omega_J < 0,5'/\text{godz.}$), usprawiedliwia taki sposób obliczania $\Delta\alpha_{\odot J}$.

Andrzej Branicki

XLVIII Olimpiada Astronomiczna zakończona

Tegoroczne finały XLVIII Olimpiady Astronomicznej odbyły się w dniach 11–13 marca 2005 r. Po przeprowadzonych 10 marca konsultacjach pod sztucznym niebem planetarium, w dwóch następnych dniach 11 i 12 marca finaliści rozwiązywali zadania w trzech turach — w piątek pisali rano i późnym popołudniem, by możliwe było przeprowadzenie obserwacji astronomicznej (niestety, tak jak w ubiegłym roku, pogoda nie dopisała) oraz następnego dnia w sobotę rano. Na sprawdzenie rozwiązań i ich ocenę pozostało więc niewiele czasu, bo już w niedzielę zaplanowano uroczystość zakończenia olimpiady.

Klasyfikacji dokonano na podstawie rozwiązań sześciu zadań finałowych. W jednym z czterech zadań teoretycznych uczniowie badali możliwości uratowania astronauty, który w czasie kosmicznego spaceru oddzielił się od macierzystej stacji. W innym próbowali określićczęstość zachodzenia zakrycia gwiazd przez Jowisza. Z powodzeniem podeszli też do problemu oszacowania stosunku wodoru do helu we Wszechświecie. Zajmowali się też określeniem odległości do jednej z gwiazd gromady ruchomej. Tradycyjnie odpowiadali na pytania związane z wyglądem nieba — sztucznego — w niesamowitej scenierii, pod kopułą nocnego nieba planetarium, rozświetlanego czerwoną luną latarek umożliwiających robienie notatek. Pogoda, niestety, uniemożliwiła kontakt z prawdziwym niebem; przy okazji rozwiązywania zadania w obserwatorium astronomicznym na niebie były gęste chmury, a pod nogami zaśnieżony i oblodzony taras obserwacyjny. W zamian finaliści stanęli przed problemem określenia ele-

mentów orbity Marsa z analizy 19 mapek przedstawiających kolejne pętle zakreślone przez tę planetę.

Uczestnikom, którzy doszli do finału na wszystkich poziomach eliminacji ogółem, przedstawiono 20 zadań do rozwiązania. Były to zadania teoretyczne, praktyczne i obserwacyjne.

Uroczystość kończącą XLVIII Olimpiadę Astronomiczną uświetnił bogato ilustrowany wykład pana dra Krzysztofa Ziołkowskiego, który bardzo interesująco przedstawił najświeższe wyniki badań misji Cassini / Huygens.

Końcową klasyfikację ogłosił prof. Jerzy Kreiner, Przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej.

Diplomy laureata otrzymali: Radosław Chrapkiewicz z V Liceum Ogólnokształcącego w Bielsku-Białej, Szymon Jędrzejewski z VI Liceum Ogólnokształcącego im. Jana Kochanowskiego w Radomiu, którzy zajęli ex aequo pierwsze miejsce oraz Piotr Czarnik z II Liceum Ogólnokształcącego im. płk Leopolda Lisa-Kuli w Rzeszowie, Marcin Gronowski z II Liceum Ogólnokształcącego im. Króla Jana III Sobieskiego w Grudziądzu, Karol Wędołowski z I Liceum Ogólnokształcącego im. Ziemi Kujawskiej we Włocławku.

Diplomy finalistów i wyróżnienia otrzymali: Daniel Hans z L LO im. Ruy Barbosa w Warszawie, Jacek Rondio z I LO im. Mikołaja Kopernika w Łodzi, Radosław Konieczny z V LO im. Adama Asnyka w Szczecinie, Krzysztof Gawryluk z II LO im. Hetmana Jana Zamoyskiego w Lublinie, Michał Januszewski z VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie w Katowicach, Anna Szarla z VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie w Katowicach, Krystyna Macioszek z V LO im. Krzysztofa Kieślów-

skiego w Zielonej Górze, Rafał Szepietowski z III LO im. Marynarki Wojennej w Gdyni, Kamil Konera z I LO im. Bolesława Chrobrego w Piotrkowie Trybunalskim, Łukasz Mejłun z LO im. K. K. Baczyńskiego we Włocławku, Karolina Sołtys z I LO im. Stanisława Staszica w Lublinie i Paweł Żuk z XIV LO im. Polonii Belgijskiej we Wrocławiu.

Wszyscy uczestnicy finału odebrali dyplomy i nagrody. Zwycięzcy otrzymali ufundowane przez firmę Uniwersał lornetki 15/70 oraz translatory angielsko-niemiecko-polskie. Wśród pozostałych nagród dla uczestników finału znalazły się również translatory oraz markowe wieczne pióra, talony pieniężne do zrealizowania w EMPiK-ach oraz książki.

Po raz kolejny zanotowano w zawodach I stopnia wzrost liczby uczestników w porównaniu z ubiegłoroczną olimpiadą o 24%.

Spośród 17 uczestników zawodów finałowych co najmniej raz w przeszłości startowało już w naszej olimpiadzie sześciu: jeden z nich dwukrotnie, a jeden aż trzykrotnie. Dziesięciu tegorocznych finalistów równolegle startowało w innych olimpiadach (Olimpiada Fizyczna — 8, Olimpiada Matematyczna — 2, Olimpiada Chemiczna — 2, Olimpiada Wiedzy Technicznej — 2, Olimpiada Geograficzna — 1, Olimpiada Ekonomiczna — 1). Rekordzista startował aż w czterech olimpi-

dach organizowanych w roku szkolnym 2004/2005 — astronomicznej, chemicznej, fizycznej i wiedzy technicznej.

Przygotowanie uczestników do wszystkich stopni zawodów było nieco słabsze niż w poprzedniej olimpiadzie. Zwracały uwagę, szczególnie na poziomie zawodów I stopnia, rozwiązania pozbawione jakiegokolwiek komentarza słownego, błędne przekształcenia w rozważaniach ogólnych i pomyłki w obliczeniach liczbowych (nawet wykonywanych w warunkach pracy domowej), brak objaśnień używanych oznaczeń i brak przeliczeń jednostek.

Wśród planowanych kierunków studiów czterech finalistów wymieniło astronomię. Trzy osoby wymieniły fizykę, dwie — kosmonautykę, informatykę, medycynę, międzywydziałowe studia matematyczno-przyrodnicze, jedna — matematykę i telekomunikację. Dwóch uczniów nie było jeszcze zdecydowanych.

Gorące podziękowania należą się sponsorom Olimpiady Astronomicznej: Ministerstwu Edukacji Narodowej i Sportu, Komitetowi Astronomii PAN, Fundacji Astronomii Polskiej, Polskiemu Towarzystwu Miłośników Astronomii i Firme *Uniwersał z Żywca*. Olimpiadę sponsorowała również Planetarium Śląskie.

Henryk Chrupała

Rozkład terytorialny uczestników XLVIII Olimpiady Astronomicznej, rok szkolny 2004/2005

Lp.	Województwo	Liczba uczestników eliminacji			Liczba laureatów
		I stopień	II stopień	centralne	
1.	Dolnośląskie	10	4	1	0
2.	Kujawsko-Pomorskie	18	7	3	2
3.	Lubelskie	16	8	2	0
4.	Lubuskie	7	1	1	0
5.	Łódzkie	17	6	2	0
6.	Małopolskie	20	2	0	0
7.	Mazowieckie	16	5	2	1
8.	Opolskie	3	1	0	0
9.	Podkarpackie	13	2	1	1
10.	Podlaskie	4	0	0	0
11.	Pomorskie	7	4	1	0
12.	Śląskie	22	13	3	1
13.	Świętokrzyskie	2	1	0	0
14.	Warmińsko-Mazurskie	3	1	0	0
15.	Wielkopolskie	5	0	0	0
16.	Zachodniopomorskie	10	2	1	0
Razem		173	57	17	8
					5

Dokończenie ze s. 146.

Następnie, korzystając z zależności $T=2\pi/n$, wyznaczyć okres T . Należy pamiętać, iż formuła, którą znamy ze szkoły średniej (III prawo Keplera) jest prawdziwa w pewnym przybliżeniu (punktowe ciała o masie m oddziałują grawitacyjnie jedynie z punktowym ciałem centralnym M). Dwa obiekty, które znajdowałyby się teoretycznie na orbi-

cie o identycznej półosi, ale miałyby inne masy, poruszałyby się po niej z różnymi okresami. Pewnego rodzaju „paradoksem” jest to, że obiekt cięższy miałby krótszy okres obiegu.

Elementy publikowane są elementami średnimi wyznaczonymi na daną epokę. Może tak być i często jest tak, że elementy średnie jednego obiektu wyznaczone zostały dla okre-

sionej epoki, inne zaś dla innej. Bez odpowiednich przeliczeń jest niemożliwe bezpośrednie porównanie elementów orbitalnych tych ciał. Ważną wiedzą niezbędną przy porównywaniu wartości wyznaczonych elementów orbitalnych jest zaznajomienie się z modelem matematycznym teorii ruchu i jego dokładnością.

Tabela zamieszczona w arty-

kule ma raczej charakter ogólny.

W publikacji Jacobson R.A. (2005) SAT210-JPL satellite ephemerise można odnaleźć okres obiegu dla Mundilfari (w dniach) cytowany w tabeli i równy 951,56, przy czym wielkość dużej półosi jest nieco mniejsza i wynosi 18 418 000 km (http://ssd.jpl.nasa.gov/sat_elem.html).

Piotr Wąż

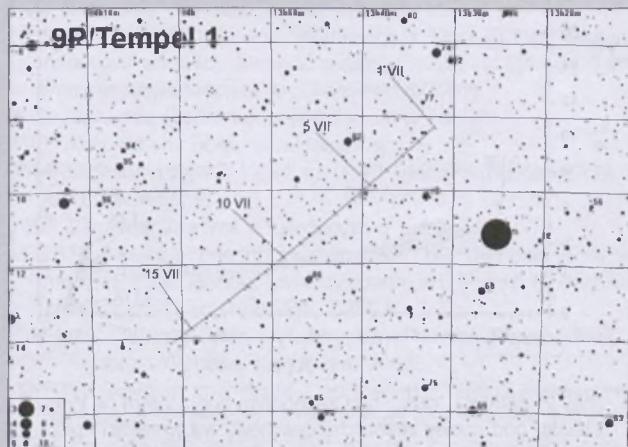
Możliwy rozbłysk komety 9P/Tempel 1

W dniu 4 lipca br., w godzinach porannych, 372 kg penetrator wystrzelony z sondy kosmicznej Deep Impact (NASA) uderzy z prędkością 37 tys. km/h w oświetloną przez Słońce powierzchnię 14 km jądra komety krótkookresowej 9P/Tempel 1, wypalając energię równą ok. 5 tonom TNT. Uderzenie to powinno utworzyć na powierzchni jądra sporych rozmiarów krater, odsłaniając świeżą materię, składającą się z lodu wodnego i zamrożonych gazów. Przed uderzeniem kometa będzie miała jasność zaledwie ok. 10^m, jednak gwałtowna sublimacja wspomnianej materii powinna wywołać wzrost jasności nawet o kilka wielkości gwiazdowych. Przypuszcza się, że kometa może stać się widoczna gołym okiem, a przynajmniej przez niewielkie lornetki, zwłaszcza że w obserwacjach nie będzie przeszkadzać zbliżający się do nowiu Księżyca. Wprawdzie uderzenie nastąpi w czasie dnia w Polsce, jednak już wieczorem będzie można prawdopodobnie i u nas zobaczyć jego efekty.

Poniżej załączono efemerydę i mapkę trasy komety Tempel 1 na tle gwiazd gwiazdozbioru Panny w okresie od 1 do 15 lipca. W okresie tym, wieczorem, po zapadnięciu zmroku, czyli ok. 22:40 CWE („czasu letniego” w Polsce), kometa będzie znajdować się na wysokości kilkunastu stopni nad południowo-zachodnim horyzontem.

Data	α_{2000}	δ_{2000}
1.07.2005	13 ^h 32 ^m 07,6 ^s	-08° 16' 57"
2.07.2005	13 ^h 33 ^m 51,4 ^s	-08° 40' 41"
3.07.2005	13 ^h 35 ^m 37,0 ^s	-09° 04' 23"
4.07.2005	13 ^h 37 ^m 24,4 ^s	-09° 28' 03"
5.07.2005	13 ^h 39 ^m 13,7 ^s	-09° 51' 41"
6.07.2005	13 ^h 41 ^m 04,7 ^s	-10° 15' 17"
7.07.2005	13 ^h 42 ^m 57,4 ^s	-10° 38' 49"
8.07.2005	13 ^h 44 ^m 51,9 ^s	-11° 02' 17"
9.07.2005	13 ^h 46 ^m 48,2 ^s	-11° 25' 42"
10.07.2005	13 ^h 48 ^m 46,1 ^s	-11° 49' 02"
11.07.2005	13 ^h 50 ^m 45,7 ^s	-12° 12' 18"
12.07.2005	13 ^h 52 ^m 46,9 ^s	-12° 35' 29"
13.07.2005	13 ^h 54 ^m 49,8 ^s	-12° 58' 34"
14.07.2005	13 ^h 56 ^m 54,2 ^s	-13° 21' 33"
15.07.2005	13 ^h 59 ^m 00,3 ^s	-13° 44' 26"
16.07.2005	14 ^h 01 ^m 07,9 ^s	-14° 07' 12"

Zachęcamy do obserwacji efektów tego niezwykłego wydarzenia! Oczekujemy na relacje, zwłaszcza że tak naprawdę nikt nie wie, jakie będą skutki uderzenia i jak długo będzie można je obserwować.



Tomasz Ścieżor, przewodniczący SOK PTMA

VII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA „Struktura i ewolucja komet i innych drobnych ciał Układu Słonecznego”

14—16 X 2005

w 80 rocznicę odkrycia pierwszej polskiej komety

Informujemy, że w dniach 14—16 października br. w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym (MOA) w Niepołomicach, ul. Kopernika 2 odbędzie się VII Konferencja Sekcji Obserwatorów Komet PTMA.

Członkowie SOK (z opłaconą składką PTMA i 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. Istnieje możliwość noclegów w domkach letniskowych MOA w cenie 25 zł/noc od osoby. Posiadacze śpiworów mogą nocować w sali zbiorowej w cenie 15 zł/noc.

Ponadto istnieje też możliwość opłacenia całodziennego wyżywienia w cenie 27 zł/dobę.

Przewidziany porządek konferencji:

14 października (piątek)

- przyjazd uczestników
- odczyt inauguracyjny
- otwarcie sesji zdjęciowej

15 października (sobota)

- odczyty zaproszonych prelegentów (krajowych i zagranicznych)
- dyskusja nad problemami obserwacji komet
- kolacja przy ognisku
- obserwacje nieba

16 października (niedziela)

- odczyty referatów zgłoszonych
- omówienie stanu bieżącego i przyszłości SOK

Osoby pragnące w ramach konferencji wygłosić referat są proszone o dostarczenie jego pisemnej wersji do końca września br. Sam tekst nie powinien przekraczać 1/4 arkusza autorskiego, to jest 10000 znaków (w pliku czysto tekstowym jest to równowartość ilości bajtów) lub około 6 stron maszynopisu znormalizowanego (30 linii po 60 znaków). Zapewniamy dobrą jakość grafiki wykresów i rysunków, jeśli zostaną przesłane w postaci wektorowej (pliki postscriptowe PS i EPS) albo na papierze w możliwie dużym formacie (najlepiej A4, lecz nie większym).

Wszystkie prezentowane referaty zostaną następnie opublikowane w Biuletynie Naukowym SOK PTMA „Komeciarz” (ISSN 1644-1303).

Pytania natury technicznej najlepiej kierować do redaktora technicznego Biuletynu na jego adres elektroniczny qmq@vistula.wis.pk.edu.pl lub na adres SOK PTMA.

Zgłoszenia udziału w konferencji wraz z rezerwacją miejsca noclegowego oraz wyżywienia prosimy przesyłać na adres:

Sekcja Obserwatorów Komet PTMA

ul. Miodowa 13/35

31-055 Kraków

oraz e-mail: SOK@vistula.wis.pk.edu.pl

Na zgłoszenia oczekujemy do 30 września 2005.

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^h czasu UT)

Data 2005	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
IX 1	21,08	7,19	45,17
3	21,58	7,22	18,75
5	22,05	7,24	352,33
7	22,50	7,25	325,92
9	22,93	7,25	299,51
11	23,33	7,24	273,10
13	23,71	7,23	246,69
15	24,06	7,20	220,29
17	24,39	7,17	193,88
19	24,70	7,13	167,48
21	24,98	7,08	141,08
23	25,23	7,03	114,68
25	25,46	6,96	88,28
27	25,66	6,89	61,89
IX 29	25,83	6,81	35,50
X 1	25,98	6,72	9,10

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

B₀, L₀ — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

4^d10^h04^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyc

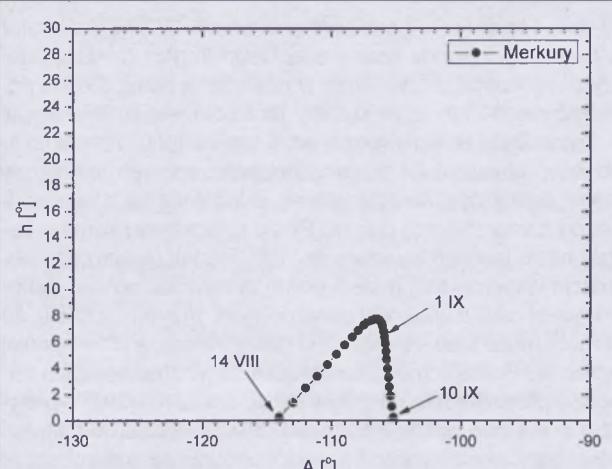
Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku i pod koniec września, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów $3^{\text{d}}18^{\text{h}}45^{\text{m}}$, pierwsza kwadra $11^{\text{d}}11^{\text{h}}37^{\text{m}}$, pełnia $18^{\text{d}}02^{\text{h}}01^{\text{m}}$ i ostatnia kwadra $25^{\text{d}}06^{\text{h}}41^{\text{m}}$. W apogeum Księżyca znajdzie się 1 września o $2^{\text{h}}35^{\text{m}}$, w perigeum 16 września o $13^{\text{h}}54^{\text{m}}$ i ponownie w apogeum 28 września o $15^{\text{h}}22^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

Na początku września nisko nad wschodnim horyzontem można jeszcze próbować odnaleźć zbliżającego się na niebie do Słońca Merkurego, jednak w pierwszym dniu miesiąca, na początku święta cywilnego (ok. godzinę przed wschodem Słońca) wznoси się on na wysokość zaledwie 6° nad horyzontem i w kolejnych dniach wielkość ta maleje.

Wieczorem istnieje teoretyczna możliwość obserwacji Wenus, świecącej z jasnością $-4,0^{\text{m}}$, jednak przez cały miesiąc jej wysokość nad zachodnim horyzontem, mierzona w godzinę po zachodzie Słońca, nie przekracza 3°, co praktycznie uniemożliwia dostrzeżenie planety.

Przez całą noc wysoko na niebie możemy dostrzec



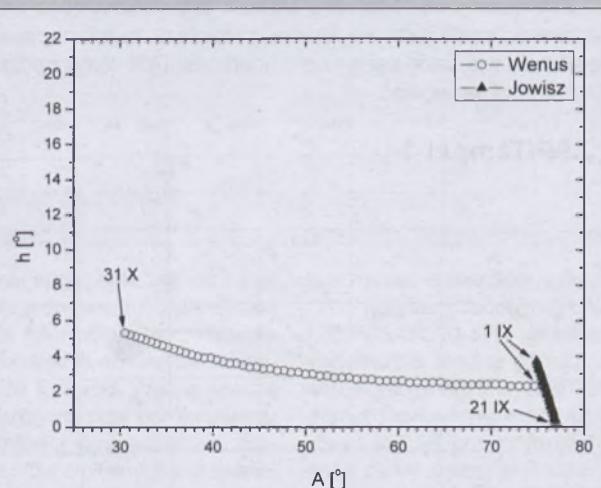
Rys. 1. Merkury nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku święta cywilnego w sierpniu i wrześniu 2005 (około godzinę przed wschodem Słońca)

Marsa, świecącego na granicy gwiazdozbiorów Barana i Byka. W związku ze zbliżaniem się planety do opozycji, w ciągu miesiąca jej jasność rośnie od -1^{m} do prawie -2^{m} . Jednocześnie rośnie także średnica tarczy Marsa, osiągając pod koniec września 18'', co umożliwia dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych planety nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie. Ułatwiać obserwacje będzie także wysokie położenie planety na nocnym niebie.

Na początku września, wieczorem, tuż obok Wenus, bardzo nisko nad zachodnim horyzontem, świeci z jasnością $-1,7^{\text{m}}$ Jowisz, jednak jego dostrzeżenie będzie jeszcze trudniejsze. Wysokość planety nad horyzontem będzie się szybko zmniejszać i już w połowie miesiąca jej obserwacja stanie się niemożliwa.

Nad ranem coraz wyżej na niebie wznoси się Saturn, świecący w gwiazdozbiorze Raka z jasnością $0,5^{\text{m}}$. Przez teleskop możemy obserwować tarczę planety o średnicy 17'' oraz układ jej pierścieni.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Wodnika widoczny jest Uran (o jasności $5,7^{\text{m}}$), a w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Koziorożca możemy obserwować Neptu-



Rys. 2. Wenus i Jowisz nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego we wrześniu i październiku 2005 (około godzinę po zachodzie Słońca)

na ($7,9^m$). Małe średnice tarcz tych planet (odpowiednio $3,7''$ i $2,3''$) utrudniają dostrzeżenie jakichkolwiek szczegółów powierzchniowych nawet przez większe teleskopy amatorskie, jednak już teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100 \times pozwoli na dostrzeżenie tarczy Urania oraz odróżnienie obrazu Neptuna od obrazów dyfrakcyjnych sąsiednich gwiazd o podobnych jasnościach.

Wieczorem na południowo-zachodnim niebie można jeszcze próbować zaobserwować **Plutona** ($13,9^m$), jednak potrzebny jest do tego teleskop o średnicy obiektywu przynajmniej 15 cm.

We wrześniu w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida (3) **Juno**, (jasność $8,6^m$). 8 IX: $4^h44,2^m$, $+10^\circ02'$; 18 IX: $4^h58,9^m$, $+8^\circ59'$; 28 IX: $5^h11,5^m$, $+7^\circ41'$.

Meteory

Od 25 sierpnia do 8 września promienią meteory z roju **alfa Aurigidów [AUR]**. Należą one do kompleksu mało aktywnych rojów związanych z kometą Kiesa (1911 II). Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Woźnicy i ma współrzędne: rekt. $5^\circ36^m$, dekl. $+42^\circ$. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada o północy 1 września. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo dobre w związku ze zbliżającym się do nowiu Księzcem.

Od 5 września do 10 października promienią meteory z roju **delta Aurigidów [DAU]**, także związane z kometą Kiesa (1911 II). W latach 1935, 1986 i 1994 odnotowano zwiększenia aktywności roju ($ZHR = 40$). Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Woźnicy i ma współrzędne: rekt. $4^\circ00^m$, deki. $+47^\circ$. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 9 września. Warunki jego obserwacji w drugiej połowie nocy są dobre w związku ze zbliżającym się do pierwszej kwadraty Księzcem.

1^d12^h Uran w opozycji do Słońca.

1^d22^h Złączenie Wenus z Jowiszem w odł. 1° .

1^d23^h54^m Gwiazda zmienia zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

2^d13^h Złączenie Merkurego z Księzcem w odł. 2° .

2^d23^h Pluton nieruchomy w rektascensji.

4^d14^h Minimalna libracja Księzcza ($4,0^\circ$) w kierunku krateru Schickard (zaciemiony).

6^d22^h Złączenie Jowisza z Księzcem w odł. 2° .

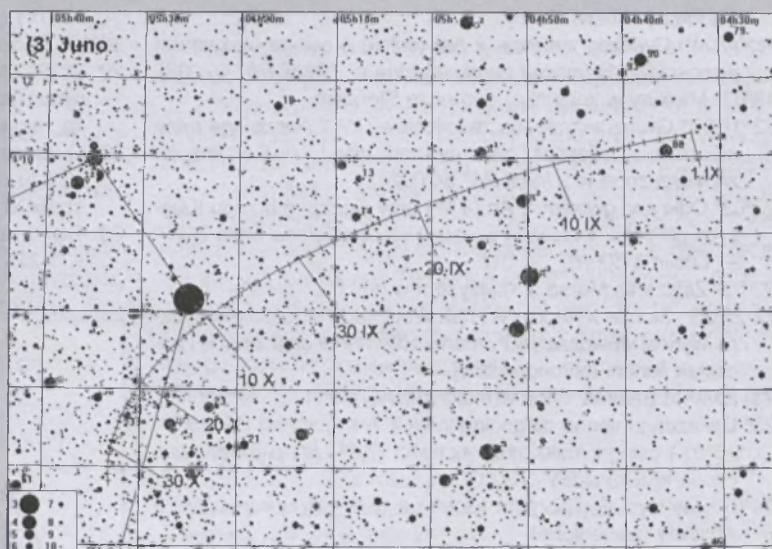
6^d22^h11^m Gwiazda zmienia zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

7^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

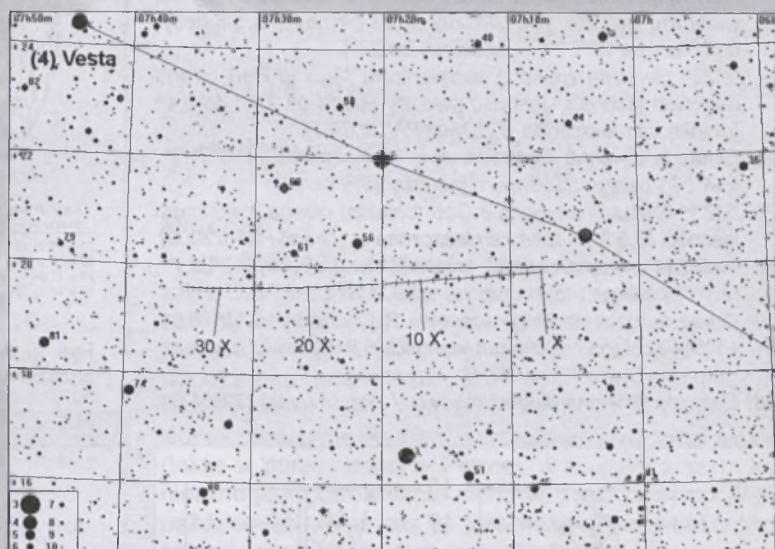
7^d07^h Złączenie Wenus z Księzcem w odł. 1° .

9^d20^h01^m Gwiazda zmieniała (δ Cep (cefeida)) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

9^d20^h15^m Gwiazda zmieniała zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].



Rys. 3. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Oriona we wrześniu i październiku 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 4. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Bliźniąt w październiku 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

ka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

10^d20^h10^m Gwiazda zmieniała η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

11^d16^h Maksymalna libracja Księzcza ($8,8^\circ$) w kierunku Sinus Iridium (zaciemionego).

11^d23^h18^m Gwiazda zmieniała zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

14^d00^h39^m Gwiazda zmieniała zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

15^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

15^d09^h Złączenie Neptuna z Księzcem w odł. 5° .

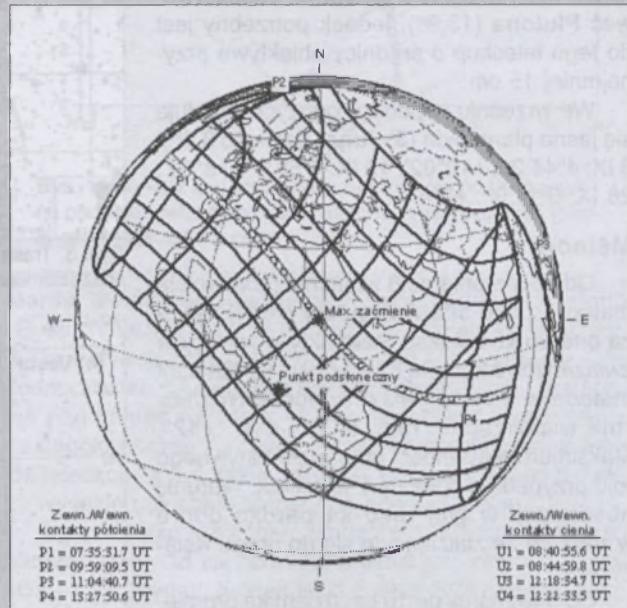
15^d20^h Zakrycie gwiazdy κ Cap (4,7 m) przez ciemny brzeg Księzcza przed pełnią, widoczne w całej Polsce (Wrocław $20^\circ13' - Olsztyn 20^\circ18'$).

16^d23^h56^m Gwiazda zmieniała zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

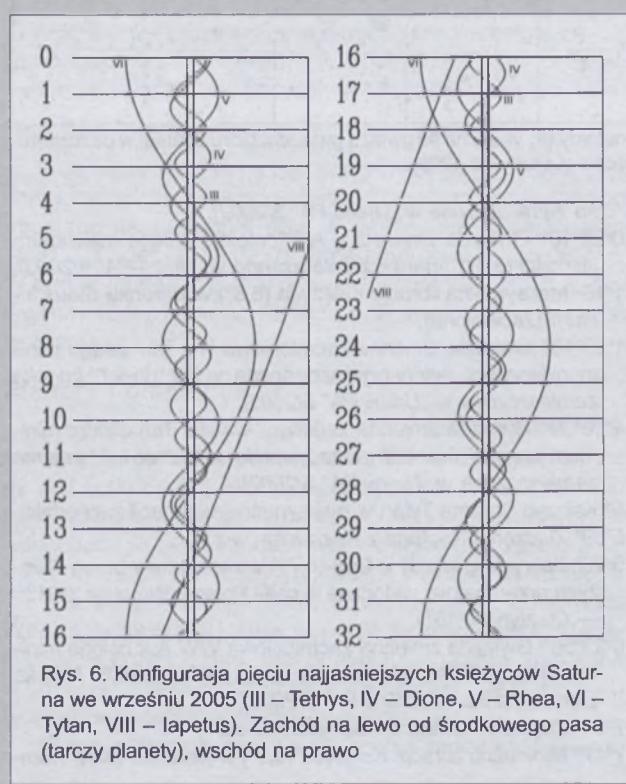
17^d01^h Złączenie Urania z Księzcem w odł. 3° .

17^d17^h Minimalna libracja Księzcza ($3,9^\circ$) w kierunku Mare Hum-

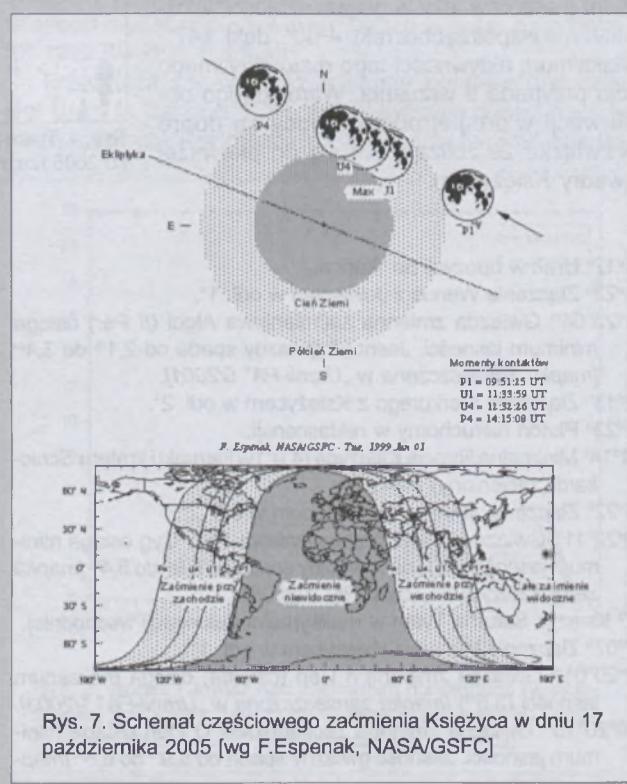
- boldtianum* (oświetlone).
- 18^d00^h24^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 18^d03^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.
- 22^d01^h08^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 22^d03^h Odkrycie gwiazdy ζ Ari (4,9^m) przy ciemnym brzegu Księżyca po pełni, widoczne w całej Polsce (Zielona Góra 3^h41^m — Lublin 3^h50^m).
- 22^d03^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odl. 5°.
- 22^d22^h23^m Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekiptyczna wynosi wówczas 180°, mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.
- 23^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
- 23^d Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (miryda) (20^h49,9^m, -5°09') osiąga maksimum jasności (7,7^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].
- 24^d03^h Maksymalna libracja Księżyca (8,9°) w kierunku *Mare Australis* (zaciemnione).
- 24^d22^h Zakrycie brzegowe gwiazdy 136 Tau (4,6^m) przez ciemny brzeg Księżyca w ostatniej kwadrze, widoczne w pasie przechodzącym m.in. przez Łódź i Opole. Na zachód od tej linii widoczne jako zakrycie gwiazdy przez ciemny brzeg Księżyca (Wrocław 22^h21^m — Szczecin 22^h32^m).
- 24^d22^h25^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].
- 25^d Gwiazda zmienna długookresowa S Her (miryda) (16^h51,9^m, +14°57') osiąga maksimum jasności (7,6^m).
- 25^d22^h23^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
- 26^d Gwiazda zmienna długookresowa R Hya (miryda) (13^h29,7^m, -23°17') osiąga maksimum jasności (4,5^m).
- 26^d Gwiazda zmienna długookresowa R Cnc (miryda) (8^h16,6^m, +11°44') osiąga maksimum jasności (6,8^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2004].
- 28^d Gwiazda zmienna długookresowa V Peg (miryda) (22^h01,0^m, +6°07') osiąga maksimum jasności (8,7^m).
- 28^d10^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 4°.
- 29^d20^h19^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].
- 30^d Gwiazda zmienna długookresowa V Mon (miryda) (6^h22,7^m, -2°11') osiąga maksimum jasności (7,0^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2003].
- 30^d Gwiazda zmienna długookresowa S CrB (miryda) (15^h21,4^m, +31°22') osiąga maksimum jasności (7,3^m).



Rys. 5. Schemat obrączkowego zaćmienia Słońca w dniu 3 października 2005 [wg F.Espenak, NASA/GSFC]



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna we wrześniu 2005 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 7. Schemat częściowego zaćmienia Księżyca w dniu 17 października 2005 [wg F.Espenak, NASA/GSFC]

Październik

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca. W Warszawie 1 października Słońce wschodzi o $4^{\text{h}}37^{\text{m}}$, zachodzi o $16^{\text{h}}13^{\text{m}}$, a 31 października wschodzi o $5^{\text{h}}30^{\text{m}}$, zachodzi o $15^{\text{h}}09^{\text{m}}$.

W dniu 3 października wystąpi obrączkowe zaćmienie Słońca (widoczne w Polsce jako częściowe), a 17 października częściowe zaćmienie Księżyca (niewidoczne w Polsce).

W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona.

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

Data 2005	P [$^{\circ}$]	B ₀ [$^{\circ}$]	L ₀ [$^{\circ}$]
X 1	25,98	6,72	9,10
3	26,10	6,62	342,71
5	26,19	6,51	316,33
7	26,25	6,40	289,94
9	26,28	6,28	263,55
11	26,29	6,15	237,17
13	26,26	6,01	210,79
15	26,20	5,87	184,40
17	26,12	5,72	158,02
19	26,00	5,56	131,64
21	25,85	5,39	105,26
23	25,68	5,22	78,88
25	25,47	5,04	52,51
27	25,23	4,86	26,13
29	24,96	4,67	359,76
X 31	24,65	4,47	333,38

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

B₀, L₀ — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$1^{\text{d}}16^{\text{h}}33^{\text{m}}$ i $28^{\text{d}}23^{\text{h}}34^{\text{m}}$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0° .

Książyc

Bezksiążycowe noce będącymi mieli na początku i pod koniec października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: now 3^d10^h28^m, pierwsza kwadra 10^d19^h01^m, pełnia 17^d12^h13^m i ostatnia kwadra 25^d01^h17^m. W perigeum Księżyca znajdzie się $14^{\text{d}}14^{\text{h}}01^{\text{m}}$, a w apogeum $26^{\text{d}}09^{\text{h}}34^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

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

Nieznacznie poprawiają się warunki wieczornej widzialności **Wenus**, jednak pod koniec miesiąca (ok. godzinę po zachodzie Słońca) można próbować ją odnaleźć na wysokości jedynie 5° nad południowo-zachodnim horyzontem. Pomimo dużej jasności planety wynoszącej $-4,4^{\text{m}}$ jej dostrzeżenie może być trudne.

Przełom października i listopada jest okresem opozycji **Marsa**, w związku z czym świecąca całą noc w gwiazdozbiorze Barana planeta osiąga największą w roku bieżącym

cym jasność, równą aż $-2,3^{\text{m}}$. W tym samym okresie nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie można obserwować szczegóły powierzchniowe tarczy Marsa, która osiąga średnicę ponad $20''$. Tegoroczna opozycja jest wyjątkowo korzystna, gdyż około północy planeta góruje na wysokości aż 54° nad horyzontem, co zdecydowanie zmniejsza wpływ turbulencji atmosferycznych na widzialność szczegółów powierzchniowych. Posiadacze teleskopów o średnicach przynajmniej 20 cm mogą podjąć próbę dostrzeżenia księżyców Marsa: Phobosa ($10,9^{\text{m}}$) i Deimosa ($12,0^{\text{m}}$), zwłaszcza że okres ich największej jasności pokrywa się z nowiem Księżyca. Należy jednak pamiętać o zasłonięciu oślepiającej tarczy samej planety!

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

Wysoko na niebie w drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Raka świeci **Saturn** jako „gwiazda” $0,5^{\text{m}}$.

Warunki obserwacji **Urana** i **Neptuna** w stosunku do września nie zmieniają się.

Pluton zachodzi wieczorem i jego obserwacja jest już raczej niemożliwa.

W październiku w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność $8,1^{\text{m}}$). 8 X: $5^{\text{h}}21,6^{\text{m}}, +6^{\circ}11'$; 18 X: $5^{\text{h}}28,7^{\text{m}}, +4^{\circ}32'$; 28 X: $5^{\text{h}}32,6^{\text{m}}, +2^{\circ}49'$.

(4) **Vesta**, (jasność $7,8^{\text{m}}$). 8 X: $7^{\text{h}}15,0^{\text{m}}, +19^{\circ}48'$; 18 X: $7^{\text{h}}24,2^{\text{m}}, +19^{\circ}40'$; 28 X: $7^{\text{h}}31,4^{\text{m}}, +19^{\circ}35'$.

Meteory

Od 6 do 10 października promieniują wolne meteory z roju **Drakonidów [GIA]**, związanego z kometą 21P/Giacobini-Zinner (dlatego zwane są również Giacobinidami). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne: rekt. $17^{\text{h}}28^{\text{m}}$, dekl. $+54^{\circ}$. W roku bieżącym przewidywane jest maksimum w dniu 8 października o 16^{h} , jednak bardzo możliwe jest wystąpienie innych maksimów (także w porze nocnej w Polsce), w związku z czym konieczne jest patrolowanie nieba w ciągu całej nocy 8/9 października, szczególnie że jest możliwy wzrost aktywności roju w związku z powrotem w bieżącym roku macierzystej komety. Warunki obserwacji w tym roku, zwłaszcza w drugiej połowie nocy, są dobre w związku z Księżykiem zbliżającym się do pierwszej kwadry.

Od 2 października do 7 listopada promieniują szybkie, białe meteory ze śladami z roju **Orionidów [ORI]**, związanego z kometą 1P/Halley. Radiant meteorów leży na granicy gwiazdozbiorów Oriona i Bliźniąt i ma współrzędne: rekt. $6^{\text{h}}20^{\text{m}}$, dekl. $+16^{\circ}$. W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 21 października, jednak odnotowywano już także inne maksima. W 1993 i 1998 r. wystąpiło również wyraźne maksimum w dniach 17–18 października, tak więc można się go spodziewać także i w roku bieżącym. Warunki obserwacyjne w tym roku są złe, gdyż w porannych obserwacjach będzie przeszkadzał Księżyca po pełni.

* * *

$1^{\text{d}}00^{\text{h}}40^{\text{m}}$ Księżyca Marsa Deimos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości $62''$.

$1^{\text{d}}10^{\text{h}}$ Mars nieruchomy w rektascensji.

$2^{\text{d}}06^{\text{h}}$ Minimalna libracja Księżyca ($3,6^{\circ}$) w kierunku krateru Schicard (oświetlony).

3^d Obrączkowe zaćmienie Słońca. Pas fazy obrączkowej przechodzi wzduż granicy portugalsko-hiszpańskiej, przez Hiszpanię (Madryt i Walencja), Algierię (Algier), Tunezję, Libię, północno-wschodni Czad, Sudan, południowo-zachodnią Etiopię, Kenię i Somalię. Faza maksymalna równa 0,958 nastąpi o godzinie 10^h31^m w punkcie o współrzędnych $\varphi = 13^\circ\text{N}$, $\lambda = 29^\circ\text{E}$. Maksymalny czas trwania fazy obrączkowej dla obserwatora na Ziemi będzie wynosił 4^m31^s. Częściowe fazy zaćmienia będą widoczne w całej Europie (także w Polsce), południowo-zachodniej Azji, w całej Afryce (z wyjątkiem południowych krańców) oraz zachodniej części Oceanu Indyjskiego.

W Polsce zaćmienie widoczne jako częściowe o fazie maksymalnej równej około 0,5, która wystąpi w godzinach od 9^h14^m (Szczecin) do 9^h23^m (Lublin).

3^d 00^h30^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 25°.

3^d 23^h30^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 25°.

4^d Gwiazda zmienna długookresowa U Cet (miryda) (2^h33,7^m, $-13^\circ09'$) osiąga maksimum jasności (7,5^m).

4^d 09^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 1°.

4^d 15^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 3°.

5^d 20^h Złączenie Merkurego z Jowiszem w odł. 1°.

6^d Gwiazda zmienna długookresowa R Aqr (miryda) (23^h43,8^m, $-15^\circ17'$) osiąga maksimum jasności (6,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

6^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

7^d 00^h10^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości 25°.

7^d 05^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 2°.

7^d 23^h05^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 25°.

7^d 23^h20^m Księżyc Marsa Deimos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 65°.

9^d 10^h Maksymalna libracja Księżyca (8,1°) w kierunku Sinus Iridium (zacienniona).

12^d 00^h45^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

12^d 19^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł. 5°.

14^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

14^d 07^h Złączenie Urana z Księżykiem w odł. 3°.

14^d 20^h55^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

14^d 23^h Zakrycie gwiazdy χ Aqu (4,9^m) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w całej Polsce (Szczecin 23^h05^m — Lublin 23^h10^m).

15^d 00^h08^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

15^d 16^h Minimalna libracja Księżyca (3,1°) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

16^d 17^h21^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

16^d 22^h16^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

17^d Częściowe zaćmienie Księżyca. Zaćmienie widoczne w zachodniej części Ameryki Północnej, we wschodniej Azji, większości Australii oraz na Oceanie Spokojnym; w pozostałej części Azji i Australii oraz w Europie północno-wschodniej przy wschodzie Księżyca, w pozostałej części Ameryki Północnej oraz zachodniej części Ameryki Południowej oraz zachodniej i środkowej Azji przy zachodzie Księżyca. Maksymalna faza zaćmienia częściowego wyniesie 1,084. Przebieg zaćmienia: wejście Księżyca w półień: 9^h51^m, początek zaćmienia czę-

ściowego: 11^h34^m, maksimum zaćmienia: 12^h04^m, koniec zaćmienia częściowego: 12^h32^m, wyjście Księżyca z półienia: 14^h15^m. W Polsce zaćmienie niewidoczne.

17^d 20^h57^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

18^d 18^h32^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

19^d 11^h Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 4°.

21^d Gwiazda zmienna długookresowa U Ari (miryda) (3^h11,1^m, $+14^\circ48'$) osiąga maksimum jasności (8,1^m).

22^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej. 22^d 02^h Maksymalna libracja Księżyca (8,5°) w kierunku Mare Australe (zaciennione).

22^d 13^h Jowisz w koniunkcji ze Słońcem.

22^d 18^h20^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

22^d 18^h27^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

23^d 02^h Odkrycie gwiazdy 49 Aur (5,3^m) przy ciemnym brzegu Księżyca przed ostatnią kwadrą, widoczne w całej Polsce (Zielona Góra 2^h56^m — Lublin 3^h06^m).

23^d 07^h42^m Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość eklipsyczna wynosi wówczas 210°.

23^d 21^h36^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

25^d 00^h Odkrycie gwiazdy λ Cnc (5,9^m) przy ciemnym brzegu Księżyca w ostatniej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Krosno 0^h25^m — Gdańsk 0^h47^m).

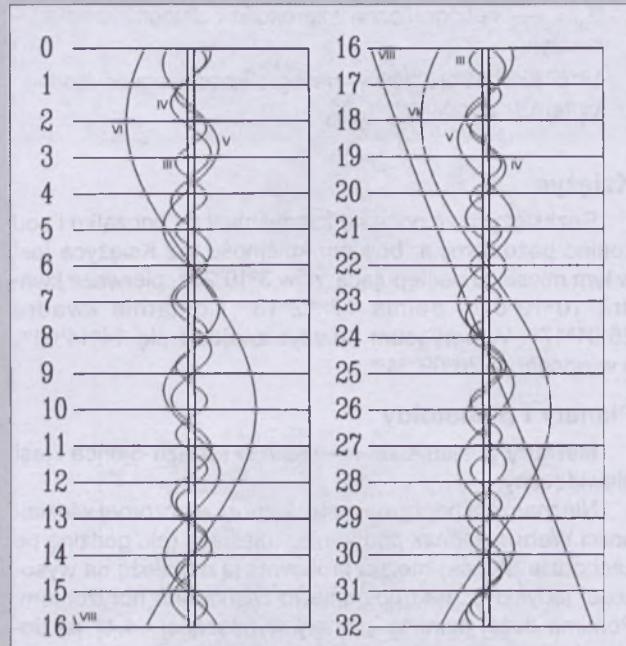
25^d 18^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 3°.

26^d 18^h Neptun nieruchomy w rektascensji.

28^d 03^h08^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

28^d 22^h09^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

29^d 00^h10^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości 28".



Rys. 8. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w październiku 2005 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Lepetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

29°13^h Minimalna libracja Księżyca ($3,6^{\circ}$) w kierunku krateru Schicard (oświetlony).

29°22^h08^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

29°23^h10^m Księżyc Marsa Phobos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości $28''$.

30°00^h Mars w najmniejszej odległości od Ziemi (69 416 627 km).

31^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

31°01^h50^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

31°22^h30^m Księżyc Marsa Deimos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości $70''$.

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

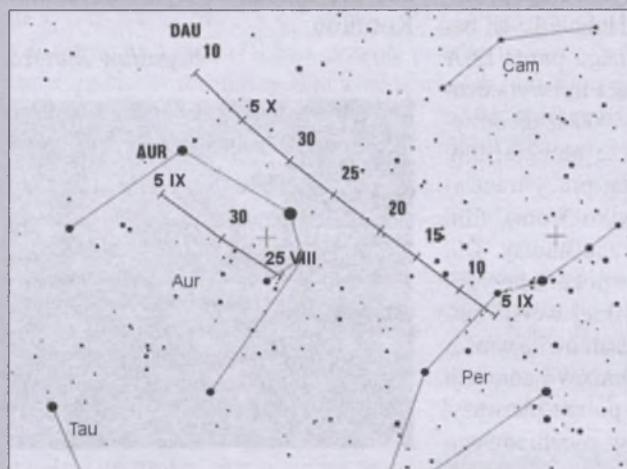
Aby otrzymać datę w obowiązującym we wrześniu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny, a po wprowadzeniu w październiku „czasu zimowego” należy dodać 1 godzinę.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

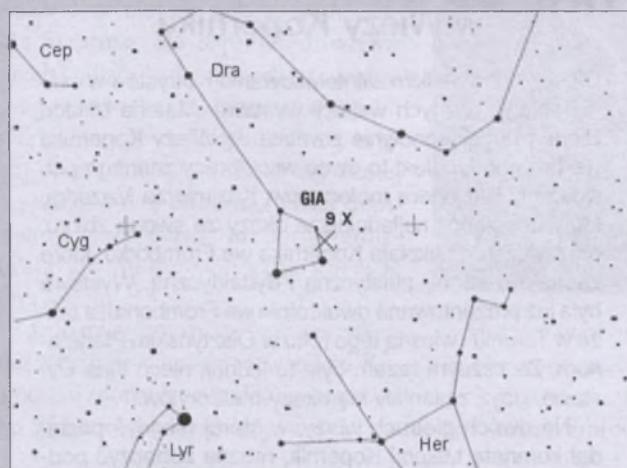
Podano jedynie te maksymalne elongacje Phobosa i Deimosa, które zachodzą w pobliżu górowania Marsa w Polsce, w okresie nowiu Księżyca.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

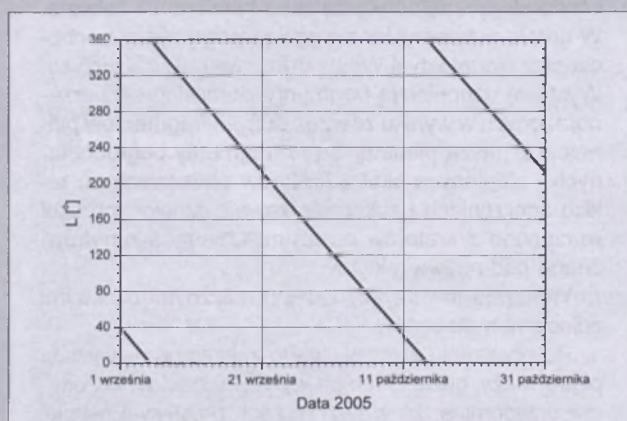
Opracował T. Ściążor



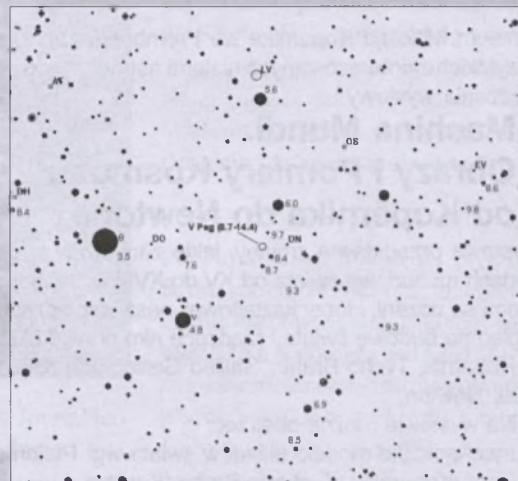
Rys. 9. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych delta Aurigidów (DAU) i alfa Aurigidów (AUR) w okresie od 25 sierpnia do 10 października 2005



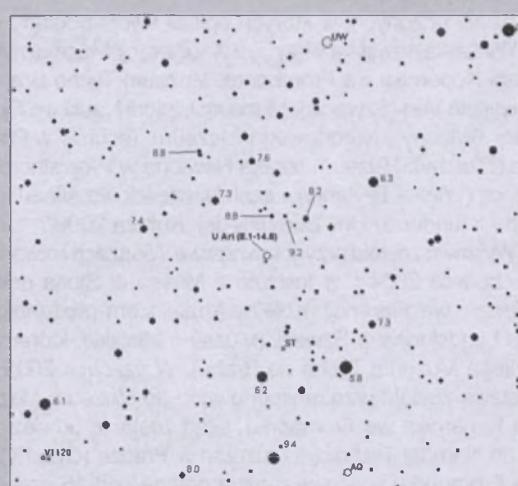
Rys. 10. Położenie radiantu meteorowego Drakonidów (GIA) 9 października 2005 r.



Rys. 11. Zmiany długości południka centralnego tarczy Marsa (L) o północy UT we wrześniu i październiku 2005. Aby określić długość południka centralnego Marsa w danym momencie, należy pamiętać, że w ciągu godziny wzrasta ona o ok.15°



Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Pegaza do obserwacji gwiazdy zmiennej V Peg ($22^h01^m02,2^s$, $+6^{\circ}07'15''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)



Rys. 13. Mapa gwiazdozbioru Barana do obserwacji gwiazdy zmiennej U Ari ($3^h11^m03,0^s$, $+14^{\circ}48'00''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)

15-lecie Hubble'a w OPiOA

24 kwietnia w Olsztyńskim Planetarium obchodziliśmy 15-lecie pracy na orbicie Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Koordynatorem akcji w Europie była Europejska Agencja Kosmiczna (ESA), która przygotowała szereg propozycji uczczenia tej niezwykłej rocznicy. Ponad 40 planetariów, obserwatoriów, muzeów i klubów astronomicznych zgłosiło akces do wspólnego świętowania dokonań kosmicznego teleskopu. Dzień Hubble'a w Olsztynie zgromadził ponad 150 miłośników astronomii i rozpoczął się otwarciem wystawy najciekawszych obrazów Kosmosu przesłanych z orbity na Ziemię. Pod kopułą planetarium obejrzaliśmy prezentacje o historii misji i etapach

jej realizacji, a uczestnicy konkursu plastycznego „Świat oczami Hubble'a” odebrali nagrody za najładniejsze prace. Hitem spotkania była emisja pełnoobraźnego filmu „Hubble 15 lat badań”, wyprodukowanego przez ESA specjalnie na tę okazję. Film wylotoczono na płytach DVD i 1000 sztuk otrzymało bezpłatnie nasze planetarium. Dzięki naszej szybkiej pracy translatorskiej (mieliśmy tylko 3 dni), film posiada polskojęzyczne napisy. Dla potrzeb rocznicowego pokazu przygotowaliśmy go w polskiej wersji lektorskiej. Film robi niesamowite wrażenie, a wiele zdjęć, obrazów i animacji prezentowanych jest po raz pierwszy. Każdy z uczestników rocznicowego

spotkania wracał do domu obdarowany swoją własną płytą i myślę, że jeszcze nieraz po nią sięgnie, aby zachwycać się niesamowitymi obrazami Kosmosu.

Bogusław Kulesza



Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku zaprasza wszystkich zainteresowanych historią astronomii do odwiedzenia wystawy

Machina Mundi.

Obrazy i Pomiary Kosmosu od Kopernika do Newtona

Wystawa przedstawia zmiany, jakie zachodziły w poglądach na budowę świata od XV do XVIII w. Jej bohaterami są uczeni, którzy kształtowali nasz współczesny pogląd na budowę świata i rządzące nim prawa: Mikołaj Kopernik, Tycho Brahe, Galileo Galilei, Jan Kepler, Izaak Newton.

Na wystawie można obejrzeć:

- mechaniczne modele układów świata wg: Ptolemeusza, Kopernika, Tychona Brahe, Keplera,
- rekonstrukcje instrumentów obserwacyjnych,
- modele dydaktyczne ilustrujące obserwowane przez uczonych zjawiska,
- dzieła uczonych, w których opisali swoje poglądy.

Wystawa powstała w wyniku współpracy Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku, Muzeum Tycho Brahe na wyspie Ven (Szwecja), Muzeum Historii Nauki we Florencji (Włochy), Narodowego Muzeum Techniki w Pradze (Czechy), Muzeum Izaaka Newtona w Woolsthorpe Manor (Wielka Brytania) i została częściowo sfinansowana z funduszu Unii Europejskiej „Kultura 2000”.

Wystawa została przygotowana we Włoszech i otwarta 18 czerwca 2004 r. w Instituto e Museo di Storia della Scienza, we Florencji. Kolejnym miejscem prezentacji była Landskrona w Szwecji (Muzeum Miejskie, któremu podlega Muzeum Tycho de Brahe). W czerwcu 2005 r. wystawa została przetransportowana do Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku, skąd zostanie odwieziono do Narodni Technicke Muzeum w Pradze (Czechy). We Fromborku wystawę można oglądać od 15 czerwca do 19 września 2005 r. codziennie, z wyjątkiem poniedziałków, w godzinach od 9.00 do 16.30.

Meteoryty na wakacjach w Wieży Kopernika

Cieszącą się wielkim zainteresowaniem turystów w czasie ubiegłorocznego wakacji wystawa „Materia Układu Słonecznego” ponownie zawitała do Wieży Kopernika we Fromborku. Jest to owoc współpracy znanego polskiego kolekcjonera meteorytów, Kazimierza Mazurka, który udostępnił najładniejsze okazy ze swego zbioru, oraz Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku, które zadbało o stronę plastyczną i dydaktyczną. Wystawa była już prezentowana dwukrotnie we Fromborku, a także w Toruniu i wiosną tego roku w Olsztyńskim Planetarium. Za każdym razem była to jednak nieco inna wystawa, gdyż zmieniały się okazy meteorytów.

Na dwóch piętrach wieży, w której niegdyś posiadał komnatę Mikołaj Kopernik, można zobaczyć podstawowe rodzaje meteorytów pochodzących przeważnie z małych planet: meteoryty kamienne chondryty i achondryty, meteoryty żelazno-kamienne i żelazne. W grupie achondrytów zwracają uwagę okazy pochodzące z planetoidy 4 Westa oraz z Marsa i z Księżyca. Wystawę uzupełniają fragmenty ziemskich skał przeobrażonych w wyniku zderzeń dużych fragmentów planetoid z naszą planetą. Są to fragmenty pogruchochanych i stopionych skał z kraterów powstałych po takich zderzeniach i zakrzepłe kawałki stopionych skał wyrzucone z kraterów nawet na kilkaset kilometrów, znane pod nazwą tektytów.

Wystawie towarzyszy katalog z licznymi barwnymi zdjęciami meteorytów.

Po obejrzeniu wystawy warto zajrzeć na najwyższe piętro wieży, gdzie skromna wystawa „gabinet uczonego” przypomina, że w tych murach przebywał Mikołaj Kopernik.

Wystawy na Wieży Kopernika można oglądać w lipcu i sierpniu codziennie od 9:30 do 16:30.

Kroczący z gwiazdami: Jonn Serrie

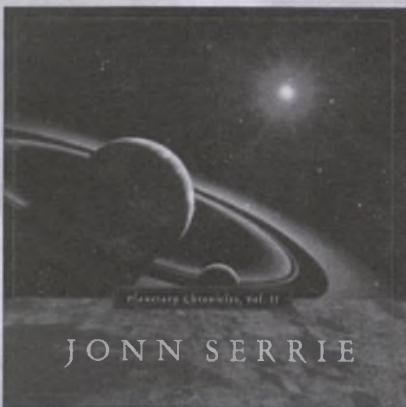
Miałem napisać o muzyce do filmu *Hubble: 15 Years of Discovery*, który miał niedawno premierę w planetariach na całym świecie (płyty z tym filmem do wygrania w bieżącej krzyżówce!), lecz przypomniał mi się wcześniejszy film z teleskopem kosmicznym w roli głównej „*Hubble: Galaxies Across Space and Time*” — znacznie krótszy i przygotowany specjalnie dla sieci kin I-Max, ze wspaniałą przestrzenną muzyką. *Jak mogłeś tak napisać o Stearnsie („Urania-PA” 3/2005) a nic nie wspomniałeś w swoich tekstach o Jonnie Serrie! Przecież jego muzyka jest bardziej kosmiczna i też często towarzyszy filmom*

— zarzucił mi ostatnio pewien znajomy. Zrobiło mi się głupio, wszak muzyka Jonna Serrie swoimi subtelnymi kosmicznymi klimatami zauroczyła mnie wcześniej niż dokonania Michaela Stearnsa. Na usprawiedliwienie niech będzie, że w przypadku tego drugiego nazwiska internetowa wyszukiwarka Google znajduje dwa razy więcej stron. Jednak, jeśli w tej samej wyszukiwarce, obok nazwiska dopiszemy *space music*, proporcje zmieniają się diametralnie na korzyść pierwszego.

Jego muzyczne pasje są nierozerwalnie związane z zainteresowaniami Kosmosem (ponoć w młodości oczarował go widok rozgwieźdzonego nieba i su-

nącego po nim Sputnika) i lataniem (jest licencjonowanym pilotem FAA!). Pierwszy album zatytułowany *And The Stars Go With You* powstał w roku 1986 podczas pracy w ramach projektu „Teacher in Space Project for NASA”. Lecz swoją muzyczną przygodę zaczął znacznie wcześniej, podczas nauki gry na pianinie i organach kościelnych. W 1970 r. podjął pracę w laboratorium muzyki elektronicznej w Connecticut.

Tworzył muzykę specjalnie dla planetariów z całego świata. W jego muzycznym dorobku, oprócz kilkunastu wydanych albumów, znajdziemy rozmaite realizacje na potrzeby kina, telewizji, NASA, US Navy i in.



Muzyka tworzona przez Jonna Serrie obejmuje szerokie spektrum muzyki elektronicznej od głębokiego mrocznego ambientu po eleganckie

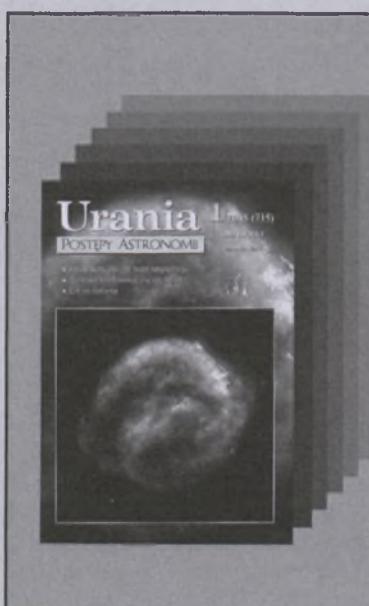


Fot. Ann Serrie

melodie, a wszystko jest naznaczone rozpoznawalnym stylem leniwie rozlewających się w przestrzeni syntezatorowych brzmień. Znany astronom, David Levy, powiedział o muzyce Jonna Serrie, że jest wspaniałą kontynuacją tradycji łączenia muzyki i astronomii, gdyż, jak wiedział to dobrze William Herschel, odkrywca Urana, dziedziny te mają wiele wspólnego.

Jacek Drążkowski

PS 3-minutowe fragmenty płyt Jonna Serrie można usłyszeć na internetowej stronie <http://www.vipinfo.com/jonn/jon-music.htm>. Natomiast pod adresem <http://starchronicles.com/> można pobrać bezpłatny wygaszacz ekranu z muzyką i zdjęciami z filmu *Star Chronicles* (tamże dostępnych jest kilka klipów filmowych z jego muzyką)



INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2005 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr 44 11602202000000055305241

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

Piotr Wąż
Centrum Astronomii UMK
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

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

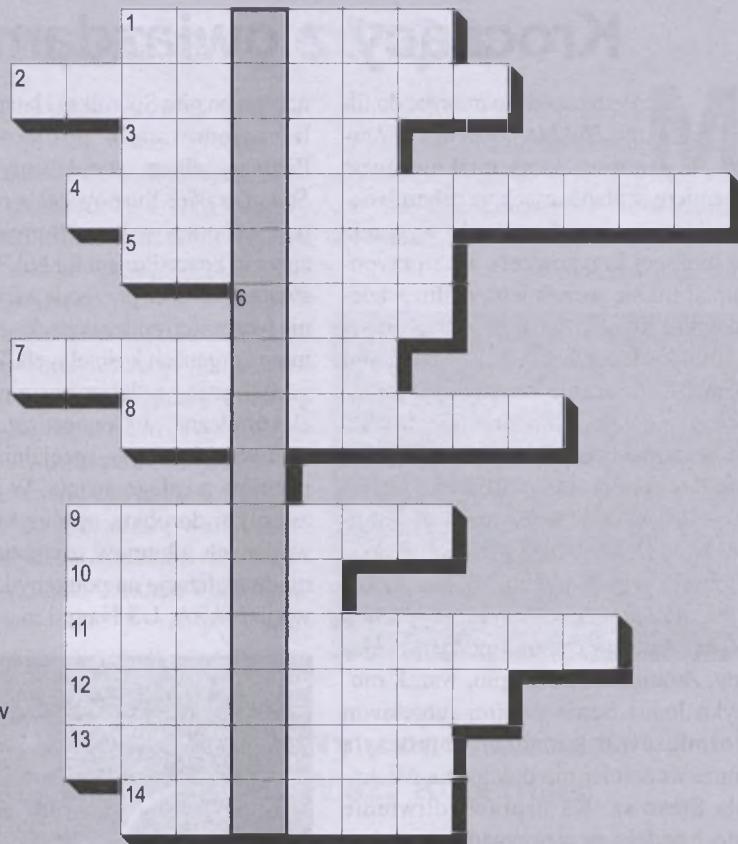
Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 2/2005 jest hasło: „CASSINI-HUYGENS”.

Nagrody książkowe wylosowali: **Jan Adamski** z Sanoku i **Krzysztof Wątrobicz** z Radziejowa. Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

1. Amerykańska sonda Deep ...
 2. Rój z radiantem w Smoku
 3. Ostatnio odkryta „planeta X”
 4. Na przykład soczewkowanie
 5. Pierwszy człon nazwiska współorganizatorki OMSA
 6. Planetoida widoczna we wrześniu
 7. Słynna η
 8. Jego galaktyki są bardzo intrugujące
 9. Efekt opóźnienia ...
 10. Nazwa własna NGC 2392
 11. Twórca systemu geocentrycznego
 12. Przesunięcie ku czerwieni
 13. Pierwszy dostrzegł Neptuna
 14. Australijskie obserwatorium szukające pulsarów

Hasło będące rozwiązaniem krzyżówki utworza litery z zaznaczonych kratek.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy 5 płyt DVD z filmem „Hubble: 15 Years of Discovery”, sponsorowanych przez Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne. Na rozwiązania czekamy do końca sierpnia br. Aby wziąć udział w losowaniu nagród, osoby nie



Autor: J. Dratkowska

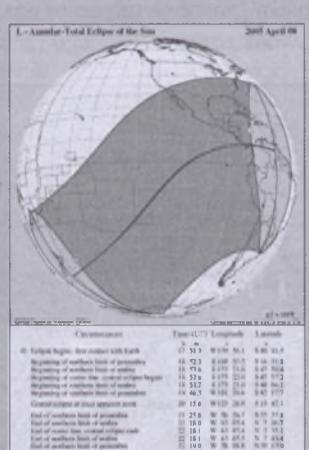
będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe do odnalezienia hasła w krzyżówce z „Uranii-PA” 2/05:

1. Giacconi, 2. Zapalki, 3. Kasjopea, 4. Woszczyk, 5. Spiralne, 6. Taonowe, 7. Dione, 8. Tethys, 9. Neutrina, 10. Phoybe, 11. Energia, 12. Rozeta, 13. Chandra, 14. Einstein.

Ciekawe strony internetowe...

Wielu spośród naszych czytelników na pewno zawędrowało już pod adres wspaniałej strony Freda Espenaka poświęconej zaćmieniom <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>. Dziś pragnę zwrócić uwagę na jej chwilowo (?) „uboższą krewniaczkę”, która pojawiła się w sieci parę tygodni temu. Chodzi o portal utworzony wspólnie przez Her Majesty's Nautical Almanac Office i US Naval Observatory: http://www.eclipse.org.uk/eclbin/query_usno.cgi poświęcony zaćmieniom Słońca i Księżyca w okresie lat 1501-2100. W tym czasie nastąpiło (lub nastąpi) w sumie 2881 zaćmień, w tym 1421 Słońca i 1460 Księżyca. Do obliczeń warunków zaćmień jest używane oprogramowanie służące do produkcji znanego na całym świecie „The Astronomical Almanac”. Dla poszczególnych zjawisk są dostępne mapy widzialności w formacie PDF — o dość dużej zdolności rozdzielczej, niestety brak nazw miejscowości. Dla zaćmień Słońca możnatrzymać lokalne warunki widoczności dlaokoło 800 miejsc na Ziemi. Polskę reprezentują: Białystok, Bydgoszcz, Gdańsk, Kraków, Łódź, Poznań, Szczecin, Warszawa i Wrocław. Globalna lista jest uporządkowana w porządku alfabetycznym według krajów, a wewnątrz krajów według miejscowości. Miejscowości, przez które przechodzi pas całkowitego zaćmienia, są wyróżnione kolorem tła. Dla każdej miejscowości można otrzymać wspomniane warunki dla konkretnego zaćmienia jak i prostą animację przedstawiającą jego przebieg. Natomiast sama nazwa miejscowości odsyła do listy wszystkich zaćmień Słońca widocznych w tym miejscu w okresie lat 1501-2100 (każde zdarzenie oczywiście z lokalnymi warunkami widoczności jak i animacjami). Dla zaćmień Księżyca są dostępne w tej chwili jedynie mapki widoczności na całym świecie — brak animacji oraz zbiorczych zestawień dla poszczególnych miejsc widoczności. Ponieważ portal jest w trakcie tworzenia, można spodziewać się zmian i uzupełnień. (rs)



„Urania – Postępy Astronomii” ogłasza konkurs na zdjęcia obiektów letniego nieba. Prace konkursowe w formie cyfrowej lub analogowej prosimy nadsyłać do Redakcji do końca września 2005 r. Rozstrzygnięcie konkursu zostanie ogłoszone w „Uranii – PA” 6/2005.

Galeria Uranii

Po prawej: wykonane w Krakowie zdjęcie złaczenia Jowisza z Księżykiem 19 maja 2005 r. o godz. 21:40 UT, przy pomocy aparatu HP Photo-smart 735 w projekcji okularowej lornetki Sutter 25×100 (ISO 200, 1/360 s). Fot. Tomasz Ściążor



Obok: zdjęcie wykonane kwadrans po odkryciu Antaresa przy ciemnym brzegu Księżyca 27 kwietnia br. (godz. 1:30 CWE), eksp. ok. 1 s, Cassegrain Uniwersał 200 mm f = 2830 mm na filmie FujiColor Superia 200 ASA. Fot. Ireneusz Jankowski (Siemianowice Śląskie)



Zdjęcie koniunkcji Jowisza z Księżycem wykonane 16 marca br. w godzinach 18:55 — 19:41 (czasy eksp. od 4 do 1 s w 5- i 4-minutowych odstępach, obiektyw 2,8/135 mm). Autor Dariusz Dorosz, Żabików



Zdjęcie mgławicy Orzeł wykonane w świetle ultrafioletowym przez Advanced Camera for Surveys, znajdującą się na teleskopie kosmicznym Hubble'a. Kolor niebieski pochodzi od tlenu, czerwony od wodoru.

Słup zimnego gazu i pyłu ciągnący się od gwiezdnej wyłęgarni widocznej u góry ma 9,5 l.s.w. wysokości, czyli dwukrotnie więcej niż odległość od Słońca do najbliższej gwiazdy



Urania

5/2005 (719)

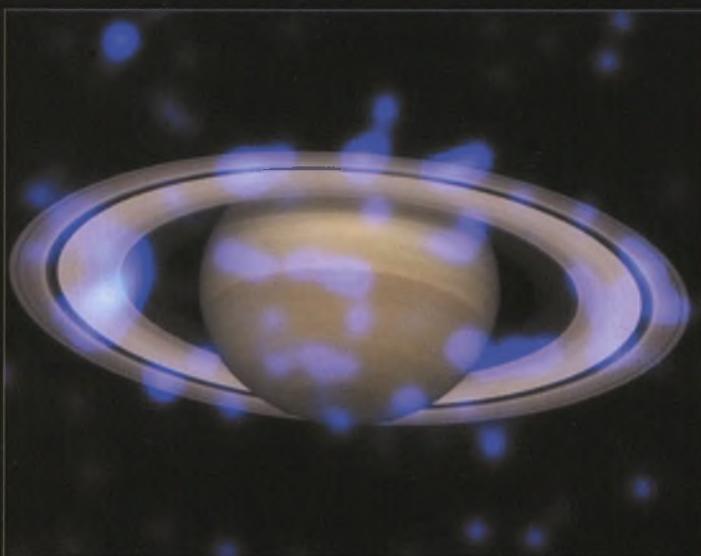
POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXVI

wrzesień—październik

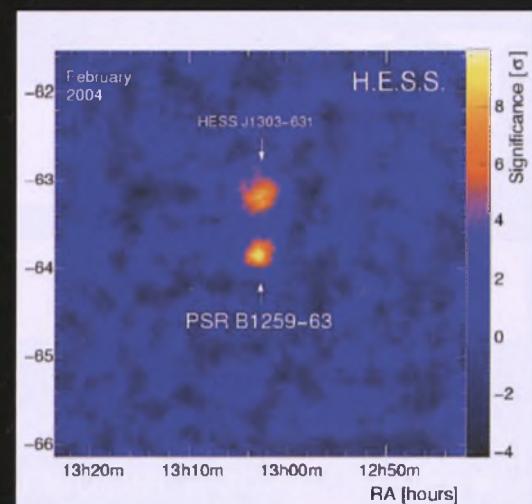
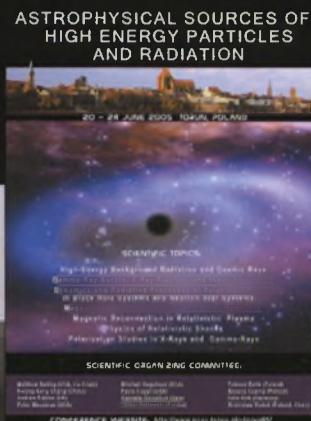
- Kosmologia fluktuacji promieniowania tła
- Spektroskopia radiowa
- Międzynarodowe konferencje astronomiczne





Niebieskie błyski Saturna

Teleskop kosmiczny Chandra zaobserwował liczne błyski promieniowania X wokół Saturna. Tu widzimy je nałożone na obraz w świetle widzialnym. Błyski te powstają, gdy słoneczne promieniowanie X uderza w cząstki lodu pierścienia tej planety i jego otoczenia i jest załamywane w kierunku Ziemi. Astronomowie nie wiedzą jeszcze, jak one powstają. Jedna z hipotez mówi, że to mikrometeoroidy spadające na Saturna (wspomagane nieregularnym docieraniem słonecznego promieniowania X) powodują nagle wyparowanie okruchów lodu.



Naturalny akcelerator cząstek

Podwójny układ złożony z pulsara PSR B-1258-63 i niebieskiego masywnego olbrzyma SS2883 okazał się naturalnym akceleratorem cząstek, który podnosi energię zwykłych fotonów do najwyższych możliwych poziomów energii. Za każdym razem, gdy na skutek wzajemnego obiegu tych ciał promieniowanie pulsara przechodzi przez dysk materii wyrzuconej z szybko rotującego olbrzyma, jego silne pole magnetyczne oddziałuje z materią dysku i podnosi energię fotonów, normalnie z widzialnego zakresu widma do superenergetycznych poziomów energii promieniowania gamma. Część tego promieniowania oddziałuje z ziemską atmosferą i dlatego możemy je obserwować z powierzchni Ziemi. Odkrycie to zostało swojo (2005 r.) dokonane przy pomocy 12,5 m systemu odbiorniczego promieniowania wysokich energii HESS (który wykorzystuje efekt Czerenkowa). Obiekt znajduje się w gwiazdozbiorze Krzyż Południa w odległości 5000 l. św. od nas. Źródło: Universe Today, 22.06.2005



Na schodach budynku Instytutu Fizyki UMK w Toruniu pamiątkowe zdjęcie uczestników międzynarodowej konferencji poświęconej cząstkom i promieniowaniu wysokich energii. Fot. Zbigniew Głuchowicz

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Powszechnie uważa się letni okres wakacyjny za sezon ogórkowy. W tym okresie nawet plony ogórków są ważnym wydarzeniem, o którym głośno w mediach. Ale nam, astronomom, przydarzyły się w tym zwykle wolnym od wielkich wydarzeń okresie rzeczy ważne i mające duże znaczenie. Wahadłowiec powróciły do kosmicznej służby — prom Discovery zawiozł załogę i zaopatrzenie na Międzynarodową Stację Kosmiczną, sonda Deep Impact zbliżyła się do komety Tempel 1 i trafila ją pociskiem, który utworzył w jądrze komety znacznych rozmiarów krater i odsłonił w ten sposób wewnętrzne warstwy jądra komety.



Polak, Maciej Konacki z Torunia, posługując się 10-m teleskopem na Hawajach, odkrył planetę w potrójnym układzie gwiazd. Choć poszukiwania były świadome, odkrycie było zaskakujące i brzemienne w skutki. Otwiera bowiem na nowo istotny problem kosmogoniczny — jak powstają planety? Obecne teorie nie dopuszczają istnienia planety w tak ciasnym układzie gwiazdowym, którego zewnętrzne wymiary są mniejsze od odległości Saturna od Słońca. Inny astronom kalifornijski, Mike Brown, odkrył najodleglejszy, większy od Plutona, obiekt naszego Systemu Słonecznego, który określił jako dziesiątą planetę. Obiekt ten nazwany 2003 UB313 jest tak odległy od Słońca, że z jego powierzchni nasze Słońce potrafiłybyśmy całkowicie zasłonić łebkiem od szpilki. O tych dwóch ostatnich wydarzeniach piszemy szerzej na stronach tego zeszytu, do wcześniej wspomnianych wróćmy w następnych. Istotnym wydarzeniem tegorocznego lata były też międzynarodowe konferencje astronomiczne, które odbywały się w Toruniu i Gdańsku oraz europejski kongres astronomiczny, który odbył się w Liege w Belgii. Na naszych stronach przybliżamy Czytelnikom problematykę tych konferencji oraz innych spotkań, które odbyły się w Polsce. Krótko po tym, jak ten zeszyt dotrze do rąk PT Czytelników, odbędzie się we Wrocławiu naukowy Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Publikujemy program Zjazdu i zachęcamy wszystkich zainteresowanych do uczestnictwa w nim.

Niniejszy zeszyt otwieramy artykułem Bartka Lwa, doktoranta w Centrum Astronomii w Toruniu, aktualnie pracującego nad doktoratem z kosmologii w Japonii, na temat Kosmologii fluktuacji promieniowania tła. Autor odsłania nam trochę tajemnic dotyczących sposobu postępowania i wyciągania wniosków z danych, które dotyczą pierwszych chwil istnienia naszego Wszechświata.

Drugim istotnym artykułem w tym zeszycie jest opowieść Leszka Błaszkiewicza, adiunkta Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, o spektroskopii radiowej. Niejako przy okazji Autor ten wyjaśnia nam dość szczegółowo zasady działania radioteleskopu i metody wychwytywania z odbieranych szumów informacji naukowych, jakie one zawierają. Za bardzo ważny uważam też artykuł Panów Vladimira Štefla z Brna i Juliusza Domańskiego z Torunia na temat Wszechświat na różnych długościach fal w naszym dialekcie „Astronomia w szkole”.

Niestety musimy pisać o rozstaniach z ludźmi zasłużonymi dla środowiska astronomicznego. W tym zeszycie wspominamy Jana Kwaśniewicza z Krakowa i Jana Palta z Chorzowa. Obaj zapracowali na to, byśmy zachowali ich we wdzięcznej pamięci.

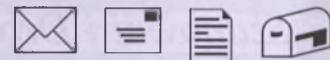
Jak zwykle treść tego zeszytu dopełniają porady obserwacyjne w postaci Galerii galaktyk, listy ciekawych obiektów w gwiazdozbiorach Liska, Lutni i Łabędzia oraz Kalendarzyka astronomicznego. Zainteresowanych meteorytyką odsyłamy do bardzo dobrej książki Materia kosmiczna na Ziemi — jej źródła i ewolucja. Jej Autorami są Bogusława i Hieronim Hurnikowie z Obserwatorium Poznańskiego, a wydawcą Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Życzę Państwu przyjemnej lektury.

Pozostaję z szacunkiem i uklonami

Toruń, w sierpniu 2005 r.





UROKI WIEJSKIEGO PODZIWIANIA NIEBA

19 maja 2005 r. (czwartek) podziwiałem — bowiem trudno powiedzieć, że obserwowałem — wieczorne niebo w podkrawieckiej miejscowości Łuczyce, na byłych włościach Unrugów.

Łuczyce zostały założone przez króla Kazimierza Wielkiego jako podstoleczna osada służebna wytwarzająca łuki dla potrzeb uzbrojenia.

W XIX i w pierwszej połowie XX w. posiadłość należała do rodziny Unrugów. Jednym z nich był słynny z obrony Helu we wrześniu 1939 r. kontradmirał Józef Michał Unrug, który po II wojnie światowej osiadł w Wielkiej Brytanii. Po wojnie majątek rozparcelowano, dwór upaństwowiono, po czym padł on w kompletną i nieodwracalną ruinę...

Rzeczonego wieczoru mająego, kiedy Słońce już zaszło, dostrzegłem niebawem nad północno-zachodnim widokręgiem — i to pomimo pewnego zmętnienia atmosfery — bardzo jasną Wenus. Obserwowałem ją, chociaż niekiedy przejawiał się wpływ ekstynkcji, aż do samego horyzontu, za którym znikła o 21²⁸ czasu letniego. To oczywiste, iż w mieście taką obserwację jest niemożliwa — bądź z powodu światel ulicznych, jak również ze względu na dość silne zapalenie atmosfery.

Nim Gwiazda Wieczorna zaszła, na niebie dawno już widniał Księżyc, pojawił się jasny Jowisz w Pannie, wreszcie Saturn w Bliźniętach. Stały się też widoczne gwiazdy: Regulus (α Leo) i Spica (α Vir). Wszystkie te wymienione obiekty bardzo wyraźnie wyznaczały położenie ekleptyki na sferze niebieskiej.

Co więcej, o północy (także czasu letniego) — z czwartku na piątek nastąpiło bardzo bliskie złączenie Księżyca z Jowiszem i był to naprawdę piękny widok.

Podobna sytuacja powtórzyła się w wieczór pierwszego dnia ostatniego miesiąca wiosny astronomicznej (czyli w sobotę 21 maja), przy czym Księżyca, bliski już pełni, przesunął się dalej na wschód od Jowisza i znalazły się w sąsiedztwie Kłosu Panny.

Dodać należy, iż położony kilkanaście kilometrów na południe od Łuczyca Kraków, przesunięty pasmem wzgórz i lasem, nie utrudniał podziwiania pogodnego, wieczornego i nocnego nieba. Od czasu do czasu przelatywały tylko... samoloty, lądując w niezbyt odległych Balicach (również przesuniętych wzgórzami).

T. Z. Dworak

Szanowna Redakcjo!

Dzięki kilku ogłoszeniom, które ukazały się na łamach waszegó pisma, oraz uprzejmości Prezesa Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii udało mi się niemalże skompletować wszystkie egzemplarze „Uranii”.

Niestety, do pełni szczęścia brakuje mi kilku przedwojennych roczników i wracam się do Was jako „ostatniej deski ratunku” o zamieszczenie krótkiego ogłoszenia:

Poszukuję pilnie kompletnych roczników Uranii z lat 1931–1939 (jako jedynych, które mi brakują).

Piotr Szady
41-800 Zabrze
ul. Długa 40/5
tel. kom. 504 307 147

Upoznajmy się z przypominamy,
że Redakcja „Uranii–Postępów Astronomii” ogłosila konkurs na astronomiczne zdjęcia lata 2005.
Zdjęcia w formie analogowej lub cyfrowej wraz ze szczegółowym opisem warunków ich uzyskania prosimy przesyłać do końca września 2005 r.

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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”. Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!

Ogólnopolski konkurs na fotografię astronomiczną Odkrywanie i Wyobraźnia

Organizatorem konkursu jest Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne.

Konkurs jest adresowany do wszystkich miłośników astronomii i fotografii bez względu na wiek, wykształcenie czy zawód.

Celem konkursu jest:

- rozwijanie naturalnej fascynacji Wszechświatem, jego różnorodnością i pięknem;
- kształcenie umiejętności obserwacji zjawisk astronomicznych, ich dokumentowania i opisu.

Warunki konkursu

— Zgłoszone do konkursu prace powinny w możliwie pełny sposób przedstawiać piękno zjawiska astronomicznego.

— Prace mogą być wykonane dowolną techniką — przy użyciu aparatu tradycyjnego lub cyfrowego.

— Fotografie powinny być opatrzone podpisem i krótkim opisem prezentowanego zjawiska oraz wymagane jest podanie następujących informacji: data wykonania fotografii, rodzaj użytego aparatu i parametry jego obiektywu, parametry ekspozycji wykonanego zdjęcia (czas ekspozycji, przesłona, czułość filmu itp.).

Do prac należy dołączyć dane dotyczące autora zdjęcia oraz adresy pocztowe i elektroniczne.

Prace należy nadsyłać na adres **Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne, al. Piłsudskiego 38 10-450 Olsztyn** z dopiskiem **Konkurs fotograficzny**.

Termin nadsyłania prac upływa **26 września 2005 r.** (decyduje data stempela pocztowego).

Rozstrzygnięcie konkursu

Ogłoszenie wyników konkursu i wręczenie nagród nastąpi w czasie obchodów **Ogólnoświatowego Tygodnia Kosmicznego w dniu 7 października** w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym.

Patronat medialny sprawuje portal ASTRONOMIA.PL

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało z połączenia się „Uranii” — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotychczasowego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotychczasowa numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne i skład komputerowy:

Jacek Drążkowski

Korekta:

Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomiczne
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81

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

Adres WWW:

<http://urania.pta.edu.pl>
<http://urania.camk.edu.pl>

Druk:

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:

Piotr Wąż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2005 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w sierpniu roku 2005

* Materiałów nie zamówionych Redakcja nie zwraca, a wykorzystując zastrzeżenia 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 Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (cz. 1)

Bartek Lew

Kosmologia jest obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się kierunków astronomii. W ostatnich latach XX w. i początku XXI w. stała się dyscypliną o poziomie dokładności otwierającym etap precyzyjnej kosmologii, dając nam jednocześnie dobrze ugruntowany i spójny standardowy model kosmologiczny. W artykule omawiam cechy oraz współczesne zagadnienia i problemy związane z promieniowaniem reliktywym (CMBR) będącym jego integralną częścią.

202 Spektroskopia radiowa

Leszek P. Błaszkiewicz

Spektroskopia radiowa jest dzisiaj jedną z podstawowych metod badawczych współczesnej astronomii. Autor przybliża nam zasady działania radioteleskopu i objaśnia procesy zachodzące w ośrodku międzygwiazdowym, który jest właśnie badany metodami radiowymi.

w kolorze: Niebieskie błyski Saturna, Naturalny akcelerator cząstek (okł. II); Galeria Uranii (wkł. I, IV, okł. III); Radioźródło Fornax A (okł. IV)

210 **konferencje:** Cząstki i promieniowanie wysokich energii (210); Mgławice planetarne jako narzędzia do badania Wszechświata (211); Odległe światy — JENAM 2005 (213)

215 **w kraju:** X Warsztaty Bieszczadzkie poświęcone polom EM ELF w astrofizyce i geofizyce

rozmaistości: Dziesiąta planeta? (216); Planeta w układzie potrójnym gwiazd (216); Planetoida z dwoma księżycami (225)

218 **In memoriam:** Jan Kwaśniewicz 1952–2004
Jan Palt 1923–2005

220 **PTA informuje:** XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

221 **galeria obiektów NGC:** NGC 2419; NGC 2440; NGC 2539

224 **poradnik obserwatora:** Interesujące obiekty: Lisek, Lutnia, Łabędź

226 **astronomia w szkole:** Wszechświat na różnych długościach fal

231 **recenzje:** Bogusława Hurnik, Hieronim Hurnik, Materia kosmiczna na Ziemi, jej źródła i ewolucja

232 **kalendarz astronomiczny 2005:** Listopad — grudzień

239 **astronomia i muzyka:** Muzyka Odległych Przestrzeni

240 **relaks z Uranią:** Krzyżówka

240 **ciekawe strony internetowe**

NA OKŁADCE

Zachód słońca w układzie potrójnym

Artystyczną wizję zachodu słońca w układzie potrójnym gwiazdy HD 188753 zainspirował odkrycie planety w tym układzie przez Macieja Konackiego. Została ona poszerzona tylko o hipotetyczny księżyc tej planety, nad którym zaszła już jedna z gwiazd, a za chwilę zajądą dwie inne, stanowiące wzajemnie układ podwójny. Nad księżycem dominuje (u góry, z lewej) jego planeta, gorący jowisz. Dr Konacki odkrył planetę, dokonując obserwacji spektroskopowych za pomocą 10 m teleskopu Kecka na Hawajach i redukując uzyskane dane wypracowanymi przez siebie metodami. Jest to pierwszy przypadek znalezienia planety w ciasnym systemie wielokrotnego układu gwiazdowego. Odkrycie to zmusza do przemyślenia na nowo teorii powstawania planet

Źródło: JPL-Caltech i NASA



Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (część 1)

W niniejszym artykule przedstawię zbiór zagadnień związanych z promieniowaniem reliktywym, zwany mikrofalowym promieniowaniem tła, w skrócie — CMBR (*Cosmic Microwave Background Radiation*). Omówię jego głębokie znaczenie w dzisiejszej kosmologii, zastosowania oraz główne kierunki badań tej niesłychanie dynamicznie rozwijającej się gałęzi kosmologii. Artykuł ma na celu przybliżyć, przed jakiego rodzaju problemami stoi obecnie kosmologia CMBR w szerokim ujęciu, a nie w szczegółach szeregu procesów biorących udział w formowaniu się obserwowanej mapy promieniowania tła.

1. Charakterystyka CMBR

1.1 Granice widoczności

Jak wiadomo, odkryte w latach 60. na falach decymetrowych ($\lambda \approx 7,35$ cm) prawie izotropowe i jednorodne promieniowanie, ze spektrum o charakterze ciała doskonale czarnego, było dla kosmologii Wielkiego Wybuchu, a przynajmniej dla modeli z gorącym początkiem, silnym punktem podparcia. Promieniowanie to jest dla kosmologii niezwykle cennym źródłem informacji, gdyż zawarta w nim informacja jest najstarszą zachowaną informacją (czy raczej czasoprzestrzennie najbardziej odległą), jaką astronom kiedykolwiek będzie mógł odkryć, rejestrując fale elektromagnetyczne. Oznacza to, że fo-

tony CMBR, od epoki rekombinacyjnej do momentu zarejestrowania ich w odbiorniku (np. w radioteleskopie), w zdecydowanej większości nie oddziaływały z niczym, co w znaczący sposób mogłoby zmienić ich parametry, tj. ich energię oraz polaryzację. (Do tematu tego jeszcze powrócę w dalszej części artykułu). Sytuacja zatem jest analogiczna do tej przedstawionej na rys. 1.

Matematycznie sytuację tę można przedstawić jako prawdopodobieństwo tego, że dany foton ostatnio został rozproszony na danej odległości, związanej z jakimś konkretnym redshiftem (z) rys. 2 (dolny panel). Zależność tę opisuje funkcja widoczności, która ma bardzo ostro zaznaczające się maksimum dla danej temperatury i dla danej odległości. Odległość, dla której fotony mają najwyższe prawdopodobieństwo przebycia drogi do obserwatora bez żadnych reakcji rozpraszania po drodze, definiuje tzw. powierzchnię ostatniego rozproszenia. Jest ona analogią do powierzchni chmur (takiej, jaką ją widzimy), choć oczywiście żadna z nich nie może być określona w sposób dokładny, gdyż nieprzeczystość narasta z odległością w sposób stopniowy, a nie skokowy.

Granica związana z istnieniem powierzchni ostatniego rozproszenia, choć redukuje możliwości przekazywania bezpośredniej informacji o procesach zachodzących na wczesnych etapach ewolucji Wszechświata mniej więcej do

czasu rekombinacji wodoru, rys. 2 (górnego panelu) zawiera również informacje o procesach, które miały miejsce jeszcze wcześniej, tj. przed rekombinacją (patrz 2).

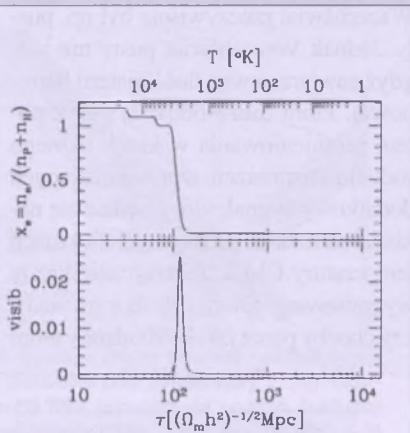
1.2 Temperatura

Fakt rozszerzania się Wszechświata jest powiązany z utratą energii (między innymi) pola promieniowania CMBR. To cena wyhamowywania tempa ekspansji Wszechświata, która objawia się w poczerwienieniu wszystkich fotonów proporcjonalnie do czynnika skali. Obecnie obserwowana temperatura tego promieniowania wynosi około $T = 2,726 \text{ K}$ i definiuje całkowicie (1) rozkład spektralny fotonów CMBR, ich (2) przestrzenną gęstość liczbową ($n_r \approx 411 \text{ cm}^{-3}$) oraz (3) gęstość energii (ϵ_r). Pierwsza cecha jest zdefiniowana poprzez widmo promieniowania ciała doskonale czarnego, które zostało uformowane wskutek zachodzenia równowagi termodynamicznej w epoce radiacyjnej (przedrekombinacyjnej). Dokładność, z jaką widmo CMBR naśladuje widmo ciała doskonale czarnego, jest nie do powtórzenia w warunkach laboratoryjnych. Druga i trzecia cecha są powiąza-

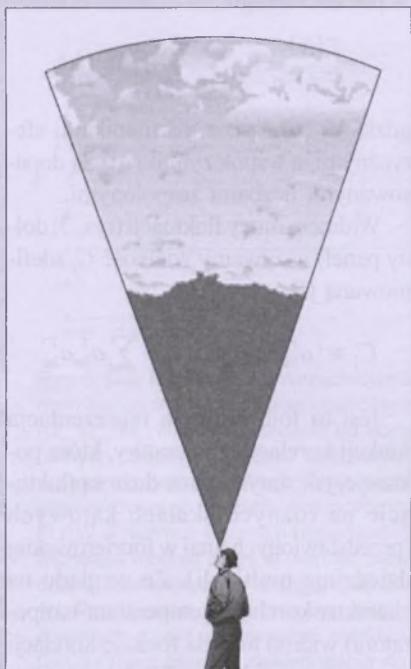
ne ze sobą (poprzez zależność $\epsilon_r = n_r \cdot h\nu^3$). Przyjmuje się, że CMBR jest w dużej mierze jednorodne, gdyż nie ma powodów, by istniały znaczące odstępstwa od niejednorodności. Jest ono również izotropowe w skali pojedynczych kelwinów. Ze względu na ruch Ziemi (Galaktyki w głównej mierze) w skali pojedynczych milikelwinów ma ono rozkład dipolowy (dwubiegunowy). Można znaleźć układ odniesienia (układ fundamentalny), w którym dipol kosmiczny będzie zredukowany do minimum. W takim układzie pole promieniowania CMB jest izotropowe z dokładnością do około 10^{-5} K .

1.3 Fluktuacje

Zaobserwowana na różnych częstotliwościach i w różnych skalach kątowych przez satelitę COBE (1992 r.) i szereg późniejszych eksperymentów (rys. 3) izotropowość temperatury widmowej oraz odstępstwa od niej na poziomie $\delta T(\hat{n}) \equiv \Delta T(\hat{n})/\bar{T} \approx 10^{-5} \text{ K}$ stały się obecnie niepodważalnym faktem o daleko idących konsekwencjach. Wielkość $\delta T(\hat{n})$ nazywa się kontrastem temperatury (analogicznie można zdefiniować kontrast gęstości $\delta\rho(\hat{n})$). Tak nieznaczne zaburzenia temperatury widmowej fotonów CMBR (nieduże wielkości kontrastu temperatury) istnieją tylko na wczesnych etapach ewolucji Wszechświata. Taki obraz mapy CMBR ($T(\hat{n})$) pozostał praktycznie nie zmieniony od czasu rekombinacji, ze względu na szybkie tempo ekspansji Wszechświata i związany z nim gwałtowny spadek funkcji widoczności (rys. 2). Daje to możliwość stosowania do analizy fluktuacji CMBR, rozwiniętej w 1946 r. przez Lifshitsa liniowej teorii fluktuacji, zaadaptowanej następnie do potrzeb anizotropii CMBR przez Peeblesa i Yu w 1970 r. oraz rozwijanej w kolejnych latach, dla uwzględnienia różnych efektów, m.in. przez Bonda, Efstatiou, Silka, Sugiyama. Obecnie znajduje ona ogromne zastosowanie dzięki rozwojowi i rozpowszechnieniu się komputerów, tech-



Rys. 2. Na górnym panelu przedstawiono uproszczoną historię jonizacji Wszechświata, poprzez stosunek gęstości liczbowej wolnych elektronów (n_e) do sumy gęstości liczbowych wszystkich barionów (protonów (n_p) i neutronów (n_n)). Wysokie wartości jonizacji we wczesnym Wszechświecie są związane z wysoką temperaturą. Przedstawiona krzywa pokazuje charakterystyczne dla różnych temperatur progi jonizacyjne związane z poziomami energetycznymi helu (dwa pierwsze) oraz wodoru (ostatni). Związane z nimi procesy rekombinacji zmieniają frakcję wolnych elektronów. (Krzywa unormowana jest do jedności dla pełnej jonizacji fotonów wodoru, a nie wodoru i helu). Na dolnym panelu przedstawiono funkcję widoczności jako zależność od odległości od obserwatora (na dolnej skali) oraz od temperatury CMBR (na górnej skali). Wartość tej funkcji rośnie bardzo powoli ze względu na zaniedbywalnie małą gęstość liczbową wolnych elektronów bądź atomów wodoru (która zmienia się z trzecią potągą czynnika skali), na których mogłyby dojść do rozproszenia (Thomsona bądź Rayleigha odpowiednio). Śledząc wstecz tor fotonu docierającego do odbiornika (od większych wartości na skali do mniejszych), funkcja widoczności osiąga swoje maksimum przy wartości około 13,4 Gpc i temperaturze około 3400 K. Dla wyższych temperatur wartość tej funkcji znowu gwałtownie spada, co jest związane z faktem bardzo częstych rozproszeń thomsonowskich danego fotonu na wolnych elektronach. (Wykres pożyczono z publikacji Matias Zaldarriaga, *astroph/0305272*)



Rys. 1. Chmury są barierą, poza którą nie można się przebić wzrokiem, gdyż foton ulegają wielokrotnym rozproszeniom powodując, że promienie z głębszych warstw, bądź spoza chmur, nie są w stanie przedostać się do obserwatora i przekazać informacji o dalej położonych obiektach

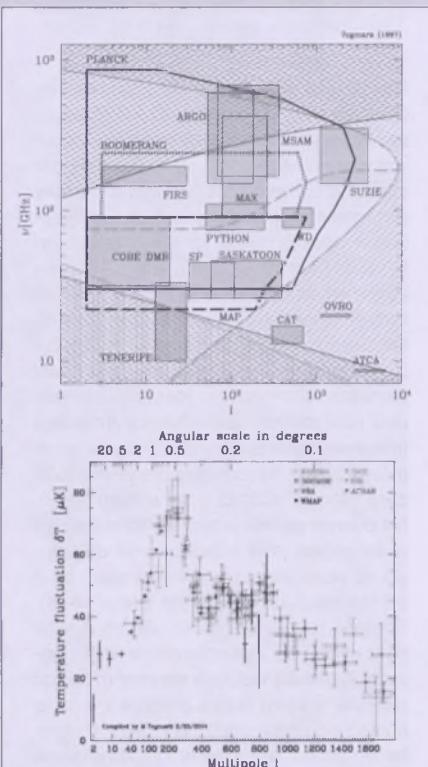
nik przetwarzania rozproszonego, jak również odpowiedniego oprogramowania, w połączeniu ze stale rosnącą liczbą danych obserwacyjnych, które mogą być konfrontowane z jej przewidywaniami.

1.4 Sygnał i szum

We wstępnie napisałem, że obraz nie-wielkich odchyłek od izotropowości promieniowania tła pozostał nie zmieniony od momentu, kiedy fluktuacje te się uformowały. Byłoby tak, gdyby

¹ Są to generalnie wielkości, które należy rozpatrywać w kategoriach gęstości spektralnych, tj. ilości fotonów bądź energii przypadających na infinitezymalny przedział częstotliwości.

Wszechświat rzeczywiście był np. pusty. Jednak Wszechświat pusty nie jest, gdyż zawiera pewną ilość materii bario-nowej, która może oddziaływać z polem promieniowania wskutek różnego rodzaju rozproseń wprowadzających dodatkowy sygnał, który będzie się nakładał na rozkład pierwotnych fluktuacji temperatury CMB. Teoretycznie każdy wyemitowany foton, czy to z gwiazdy, czy choćby przez jakiś wzbudzony atom



Rys. 3. Synteza wybranych eksperymentów dedykowanych pomiarom anizotropii CMBR. Na górnym panelu w przybliżeniu przedstawiono prostokątami pokrycie płaszczyzny ν —/ przez poszczególne eksperymenty. Zakreskowane obszary pokazują rozkład różnego rodzaju szumów (zob. 1.4) — ich zależność od częstotliwości ν oraz (powiązanego z charakterystycznymi wielkościami kątowymi) numeru multipola ($l \sim 1/\theta$). Obszary te są zdominowane różnego rodzaju szumami o amplitudzie większej od $20 \mu\text{K}$. Obszar zakreskowany liniami idącymi od strony prawej w lewo-dół to emisja termiczna głównie od naszej Galaktyki. Obszar zakreskowany liniami idącymi od strony lewej w prawo-dół, to emisja źródeł punktowych o stromym widmie. Inne zakreskowane obszary dotyczą emisji synchrotronowej i emisji free-free (pochodzącej od naładowanych cząstek w przestrzeni międzygwiazdowej i międzygalaktycznej). Jak widać, parametry eksperymentów zaprojektowano generalnie tak, aby zmimimalizować wpływ nakładających się sygnałów (szumów). Dólny panel przedstawia syntezę pomiarów kątowego widma mocy CMBR (zob. 2.5).

z ośrodka międzygwiazdowego powinien nakładać się na wszechobecne promieniowanie tła, tym samym zmieniając rozkład fluktuacji na niebie. Choć w praktyce oba wymienione źródła szumów są całkowicie bez znaczenia dla omawianej problematyki, to pytanie o pierwotne pochodzenie fluktuacji jest jak najbardziej zasadne. (Postawienie jednoznacznej granicy pomiędzy tym, co jest pierwotnego pochodzenia a co wtórnego jest również w pewnym sensie sprawą umowną, co bezpośrednio przekłada się na stwierdzenie, co jest szumem, a co sygnałem, w obserwacjach nieba na jakiejś częstotliwości jest kwestią rodzaju prowadzonych badań. Inaczej mówiąc, informacja kosmologiczna jest ukryta nie tylko w pierwotnych fluktuacjach, ale również we fluktuacjach, które powstały w trakcie formowania się struktur kosmicznych, takich jak galaktyki, gromady i supergromady galaktyk). Ze względu na konieczność wprowadzenia jednoznacznej granicy pomiędzy tym, co jest szumem, a co sygnałem, wprowadza się rozgraniczenie na tzw. sygnały nakładające się (ang. *Foregrounds*), stanowiące (powiedzmy) szum, oraz kosmologicznego (pierwotnego) pochodzenia fluktuacje tła stanowiące sygnał. Przy czym przyjmuję, że określenie „pierwotnego pochodzenia” oznacza, że są to pierwotne fluktuacje nie zaburzone różnymi procesami, które zachodziły we Wszechświecie w trakcie jego ewolucji. W praktyce dokładne odseparowanie sygnałów i szumów w tak przyjętym podziale, choć konieczne, nie jest oczywiście do końca możliwe. Możliwe jest jednak tworzenie przybliżonych map sygnałów nakładających się w celu ich późniejszego odjęcia, choć nie jest to zadanie proste.

Szumy można podzielić na kategorie w zależności od źródła emisji. Byłyby to wówczas szumy powodowane emisją termiczną Układu Planetarnego (np. pyłu czy planet), dysku galaktycznego, czyli termiczną emisją pyłu (teoretycznie proporcjonalną do kwadratu częstotliwości) galaktyczną emisją synchrotronową (np. emisją elektronów przyspieszanych w galaktycznych polach magnetycznych), emisją przejść swobodno-

swobodnych (czyli emisją powstającą podczas gwałtownych przyspieszeń promieniowania kosmicznego w polach elektrycznych pochodzących od innych jonów), jak również emisją z obiektów pozagalaktycznych zarówno punktowych, jak i rozciągniętych (jak np. od kwasarów i gazu gromadowego w odległych gromadach galaktyk). (rys. 4).

Oczywiście do wymienionych źródeł szumów należy dodać wiele rodzajów szumów pochodzenia aparaturowego, których znajomość jest równie ważna. Mnogość procesów, jakie należy brać pod uwagę przy tworzeniu wspomnianych masek, powoduje, że redukcja pomiarów jest procesem żmudnym i skomplikowanym.

1.5 Widmo fluktuacji CMBR

Konieczne jest zdefiniowanie tzw. kątowego widma mocy fluktuacji temperatury. Analogiczne widma mocy można uzyskać dla poszczególnych komponentów polaryzacji CMBR, choć matematycznie jest to trochę bardziej wymagające ze względu na wektorowy charakter polaryzacji.

Matematycznie mapę $T(\hat{n})$ fluktuacji temperatury CMBR można przedstawić w postaci szeregu

$$\frac{T(\hat{n})}{T} = 1 + \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=-l}^l a_{lm}^T Y_{lm}(\hat{n}),$$

gdzie $Y_{lm}(\hat{n})$ są tzw. harmonikami sferycznymi, a współczynniki a_{lm}^T są dopasowanymi liczbami zespolonymi.

Widmem mocy fluktuacji (rys. 3, dolny panel) nazywamy wielkość C_l zdefiniowaną jako:

$$C_l \equiv \langle a_{lm}^T a_{lm}^{T*} \rangle = \frac{1}{2l+1} \sum_{m=-l}^l a_{lm}^T a_{lm}^{T*}$$

Jest to fourierowska reprezentacja funkcji korelacji temperatury, która pokazuje, jak statystycznie duże są fluktuacje na różnych skalach kątowych (przedstawionych tutaj w fourierowskiej dziedzinie multipoli). Ze względu na charakter korelacji (temperatura-temperatura) widmo to bądź funkcję korelacji nazywa się widmem TT. W ostatnim dziesięcioleciu stworzono szereg eksperymentów poświęconych dokładnemu wyznaczeniu temperaturowego widma TT (rys. 3). Do kompletnego opisu pola CMBR definiuje się jeszcze trzy dodatkowe widma mocy związane z polaryzacją. Są one zwyczajowo nazywane: EE, TE oraz BB. Zdefiniowane są po-

przez transformację Fouriera rozwinięcia w szereg mapy tensora polaryzacji $P_{ab}(\hat{n})$ w bazie tensorowych harmonik sferycznych:

$$\frac{P_{ab}(\hat{n})}{T} = \sum_{l=2}^{\infty} \sum_{m=-l}^{+l} [a_{lm}^E Y_{(lm)ab}(\hat{n}) + a_{lm}^B Y_{(lm)ab}(\hat{n})]$$

gdzie

$$P_{ab}(\hat{n}) = \begin{pmatrix} Q(\hat{n}) & -U(\hat{n})\sin\theta \\ -U(\hat{n})\sin\theta & -Q(\hat{n})\sin^2\theta \end{pmatrix},$$

gdzie Q i U są parametrami Stokesa, a czynnik $\sin\theta$ wprowadzono ze względów normalizacyjnych. Widma mocy EE, TE oraz BB są zdefiniowane analogicznie jak w przypadku widma TT (z odpowiednią kombinacją literek 'T', 'E' i 'B'). Widmo TE jest widmem korelacyjnym pomiędzy polem temperatury i modelem E polaryzacji.

2 Informacja zawarta w CMBR

Mapa fluktuacji promieniowania CMB, jaką obserwujemy, jest wynikiem wielu procesów dominujących na różnych etapach rozwoju Wszechświata i zachodzących na różnych skalach wielkości. Pozostała część artykułu poświę-

cona jest opisowi procesów formujących obecnie obserwowany charakter fluktuacji CMB zarówno w dziedzinie temperatury, jak i polaryzacji.

2.1 Ślady inflacji

Teoria inflacji leży obecnie u podstaw nowoczesnej kosmologii, ponieważ rozwiązuje ona dwa podstawowe problemy kosmologiczne: problem płaskości (rys. 5) i horyzontu. Standardowy model przewiduje, iż rozmiary horyzontu (częstek) w czasie ostatniego rozproszenia obserwowane obecnie zajmowałyby obszar na niebie wielkości około 1° . Jest to problem, gdyż w takim wypadku nie istnieje dobre wy tłumaczenie dla obserwowanej, idealnej prawie, izotropowości CMBR. Jest to esencja problemu horyzontu w kosmologii.

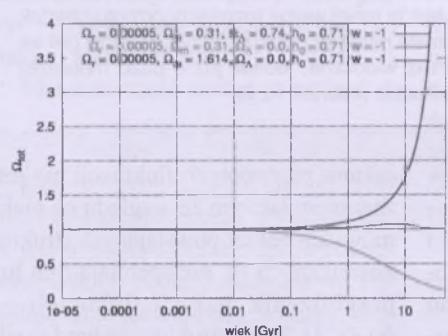
Jak dotąd powstało kilkadziesiąt teorii inflacji (mniej lub bardziej egzotycznych), a od ich szczegółów zależy bardzo cała nasza kosmologia (w szczególności charakter fluktuacji i kształt widma mocy). Dlatego jednym

z podstawowych celów współczesnej kosmologii inflacyjnej jest wykluczenie maksymalnej liczby niezgodnych z obserwacjami modeli. Niestety, obecnie nie jest to jeszcze możliwe.

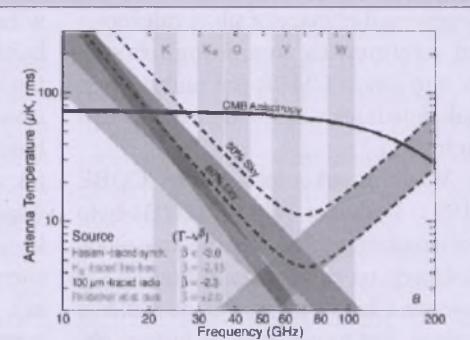
Chociaż nie istnieje, jak dotąd, ani jeden dowód obserwacyjny przemawiający za tym, że inflacja w ogóle zaistniała w bardzo wczesnym Wszechświecie, sama teoria inflacji przewiduje szereg faktów, które potencjalnie mogą pozostać w zgodności bądź w sprzeczności z obserwacjami. Niestety, obecnie nie jest to jeszcze możliwe.

2.1.1 Warunki początkowe

Standardowe modele inflacji przewidują adiabatyczne warunki początkowe. Oznacza to, że wszystkie składowe fluktuacji gęstości we wszystkich rodzajach częstek są takie same. Konsekwencją tego jest fakt, że zaburzenia gęstości materii są idealnie odwzorowane w zaburzeniach gęstości promieniowania CMB. Taki rodzaj fluktuacji



Rys. 5. Trzy różne modele Wszechświata o różnych wartościach parametrów kosmologicznych (Ω_r , Ω_m , Ω_Λ , w , H_0) niezależnie od kompletnie różnych obecnych gęstości całkowitych $\Omega_{tot,0}$, w bardzo wczesnym Wszechświecie, w myśl standardowego modelu kosmologicznego FLRW (Friedman-Lemaître-Robertson-Walker) wszystkie modele miały tę wartość bardzo podobną, asymptotycznie zbliżającą się do jedności. Przykładowo, model o parametrach oszacowanych dzięki obserwacjom satelity WMAP (2003 r.) jest płaski z dokładnością do około $|\Omega_{tot,0} - 1| \approx 2 \cdot 10^{-2}$. Oznacza to, że w momencie rekombinacji ($z \approx 1000$) byłby on płaski z dokładnością $|\Omega_{tot,0}^{rec} - 1| \approx 10^{-8}$, natomiast w czasie formowania się jader atomowych ($z \approx 10^9$) byłby płaski z dokładnością $|\Omega_{tot,0}^{nuc} - 1| \approx 10^{-20}$. Jest to manifestacja tzw. problemu płaskości w standardowym modelu, gdyż nie istnieje dobre wy tłumaczenie na tak doskonąłą płaskość przestrzeni. Mówimy, że teoria wymaga „precyzyjnego dostrojenia” (ang. fine tuning)



Rys. 4. Syntezę źródeł szumów nakładających się na pierwotne pole temperatury ($T(\hat{n})$). Czarna, gruba linia przedstawia poziom fluktuacji promieniowania CMB. Poszczególne widma są powiązane z różnymi źródłami szumów. Pasy idące ze strony lewej w prawo-dół dotyczą emisji synchrotronowej i swobodno-swobodnej, a pas skierowany od strony lewej w prawo w góre emisji termicznej

nazywa się często również fluktuacjami izentropowymi (bądź krzywiznowymi) ze względu na to, iż każdy z rodzajów częstek w takiej samej mierze partykuje w entropii całego układu.

Jakkolwiek adiabatyczne warunki są w dobrej zgodności z obserwacjami (pinków akustycznych w widmie mocy — zob. 1.5 i 2.5) i wydaje się, że są one dominujące, nie można wykluczyć nieznacznej domieszki innego rodzaju zaburzeń (izokrzywiznowych). W przyszłości dokładne pomiary widm mocy temperatury i polaryzacji CMB będą w stanie narzucić ograniczenia na potencjalny wpływ innego rodzaju zaburzeń oraz oszacować liczbę pól inflattonowych napędzających i kończących inflację.

2.1.2 Niezależne od skali pierwotne widmo gęstości materii

Standardowe modele inflacji przewidują płaskie widmo pierwotnych fluktuacji materii, czyli takie, które jest niezależne od skali. Oznacza to, że fluktuacje kontrastu gęstości materii $\delta\rho(x)$ są takie same we wszystkich skalach odległości. Inne modele przewidują jednak odstępstwa od płaskiego widma. Widmo mocy TT w zakresie rozmiarów kątowych (od około 90° do około $3'$, odpowiadającym w przestrzeni Fouriera multipolom od $l = 2$ do około $l = 1000$) jest bardzo zależne od wartości wielu parametrów kosmologicznych (takich jak Ω_r , Ω_m , Ω_Λ , w , H_0). Jednakże łączne obserwacje całkowicie niezależnych od siebie widm mocy TT i EE powinny dać możliwość poznania pierwotnego widma mocy fluktuacji gęstości, unikając

degeneracji płynącej z silnej zależności od parametrów kosmologicznych. W tym sensie CMBR jest unikatowym (jak dotąd) narzędziem do badania teorii inflacji.

Wielkim sukcesem satelity COBE (1993) i później WMAP (2003) było potwierdzenie płaskiego widma mocy fluktuacji na największych skalach kątowych. Choć to nie dowód na istnienie inflacji, jest to pierwszy w historii obserwacyjny fakt pozostający w zgodności z jej przewidywaniami.

2.1.3 Fale grawitacyjne

W czasie fazy inflacyjnej tempo eksploracji Wszechświata przyspiesza, a przypadkowe kwantowe fluktuacje pola skalarnego (pola inflatonowego) produkują klasyczne skalarne zaburzenia gęstości, podczas gdy kwantowe fluktuacje w metryce czasoprzestrzeni produkują fale grawitacyjne.

Standardowy model inflacji (z wolno toczącym się polem inflatonowym) przyjmuje, że pierwotne (tensorowe) widmo fluktuacji pochodzące od wpływu fal grawitacyjnych, podobnie jak i skalarne, jest opisywane zależnością potegową typu $P(k) \sim A_i k^{n_i - 1}$ (gdzie A_i oraz n_i są odpowiednio skalarnymi bądź tensorowymi amplitudą i indeksem widmowym widma mocy fluktuacji). Przewiduje się, że oba te widma są bliskie widmom płaskim, niezależnym od skali. Jednym z kluczowych parametrów związanych z modelem inflacji i będących jednocześnie potencjalną obserwabłą, poprzez skalarne i tensorowe widma TT oraz widmo BB, jest stosunek mocy tensorowego do skalarnego widma (r_s) na jakiejś wybranej arbitralnie skali wielkości, zwyczajowo dla kwadrupola ($l = 2$). Przy założeniach dotyczących kształtu potencjału pola inflatonowego oraz warunkach, jakie musi spełniać inflacja (wystarczający czas trwania inflacji w celu uniknięcia problemów horyzontu i płaskości) parametry widm mocy (amplitudy i indeksy widmowe) mogą być wyznaczone (a w praktyce oszacowane).

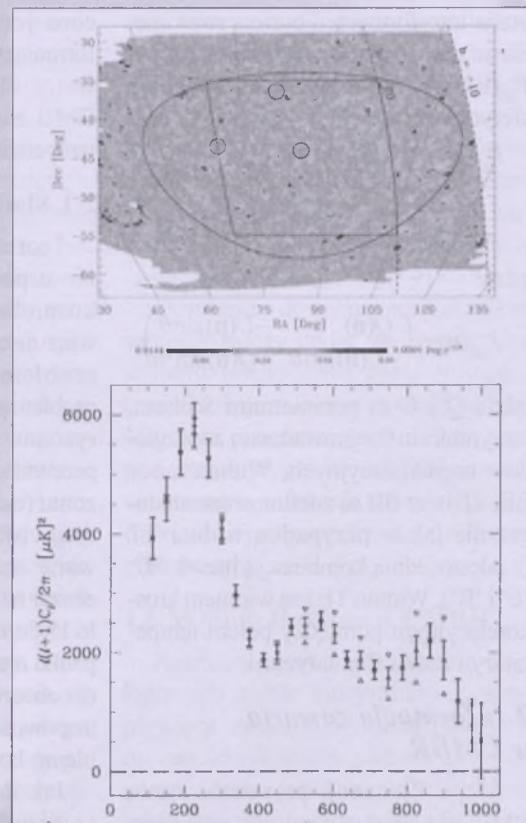
Unikalną możliwość stwarzającą obserwacje modów B polaryzacji CMBR (czyli widma mocy BB), gdyż są one generowane jedynie przez gale grawitacyjne. Pomiar amplitudy tego widma dawałby natychmiast wartość stałej Hubble'a w czasie inflacji oraz oszacowania skali gęstości energii na cząstkę

w czasie inflacji. To z kolei byłoby cenną informacją dla fizyki cząstek elementarnych i wielkiej unifikacji oddziaływań (GUT). Jeśli inflacja, jak się przewiduje, ma coś wspólnego z wielką unifikacją (skale o gęstościach energii $\sim 10^{16}$ GeV na cząstkę), jest możliwe, że sygnał grawitacyjnych modów B polaryzacji CMBR będzie wystarczająco duży, by mógł być zarejestrowany.

Jak dotąd, bezpośrednie pomiary inflacyjnych fal grawitacyjnych pozostają na razie (i w przewidywalnej przyszłości) poza możliwościami obserwacyjnymi. Jednakże obserwacje modów B (choć jeszcze nie odkryte) są obecnie i będą w najbliższej przyszłości kierunkiem intensywnych badań, gdyż są one pośrednio oknem na fizykę bardzo wczesnego Wszechświata, kosmologię inflacyjną oraz fizykę cząstek elementarnych i bardzo wysokich energii.

2.1.4 Gaussowski charakter fluktuacji

Standardowe modele inflacyjne przewidują gaussowski rodzaj pierwotnych fluktuacji. Oznacza to, że pole CMBR jest realizacją pola gaussowskiego o średniej wartości równej zero i wariancji całkowicie zdefiniowanej poprzez widmo mocy (C_l). Jednocześnie warunek gaussowskich fluktuacji (o przypadkowym rozkładzie faz) implikuje, że widmo mocy TT bądź jej fourierowska reprezentacja — funkcja korelacji całkowicie definiuje wszystkie własności tego pola. Oznacza to, że w przypadku gaussowskich fluktuacji cała dostępna w promieniowaniu CMB informacja kosmologiczna jest również zawarta w widmie mocy. Dlatego też badanie wszelkich odstępstw od gaussowskiego charakteru fluktuacji ma głębokie uzasadnienie nie tylko ze względu na poszukiwanie zgodności przewidywań inflacji z obserwacjami, ale także w celu zweryfikowania zasadności wniosków o parametrach kosmologicznych. Niestety, badanie gaussowskiego cha-



Rys. 6. Obserwacje fluktuacji CMB przeprowadzone w balonowej misji BOOMERanG. (górnego panelu) Zredukowana mapa fluktuacji oraz (dolny panel) otrzymane widmo mocy fluktuacji. Wyraźnie zaznacza się pierwszy pik akustyczny, występujący na charakterystycznych rozmiarach kątowych około 1° . Jest to mniej więcej rozmiar horyzontu cząstek w czasie ostatniego rozproszenia. Kolejne piki są również widoczne, jednak już o dużo mniejszej amplitudzie (zob. 2.5 i 2.2)

rakteru pierwotnych fluktuacji nie jest zadaniem łatwym ze względu na nielinowy charakter powstających struktur kosmicznych (tj. nie spełniających już przybliżenia małych fluktuacji — $\delta\rho \ll 1$). Takie struktury są bardzo silnym źródłem niegaussowości, która odbija się w polu promieniowania. Innym źródłem sygnałów niegaussowskich jest oczywiście Galaktyka, źródła punktowe i rozciągnięte. Sygnały galaktycznych szumów, do tego nakładających się, są trudne do wymodelowania i w praktyce takie obszary po prostu usuwa się z analizy. Usunięcie źródeł punktowych i rozciągłych wymaga dokładnych przeglądów galaktyk i gromad galaktyk. Potencjalnie silnym narzędziem w badaniu pierwotnej niegaussowości są pomiary obfitości gromad galaktyk z dużymi przesunięciami ku czerwieni, o masach większych od danej masy, czyli pomiary kumulacyjnej funkcji masy $N(>M, z)$. Teore-

tyczne przewidywania (formalizmu Press-Schechtera) wraz z symulacjami kosmologicznymi N-ciał przy konkretnych założeniach pierwotnych fluktuacji (m.in. odnośnie do ich zgodności z gaussowością) w połączeniu z parametrami funkcji masy bezpośrednio są miarą gaussowości pierwotnych fluktuacji, gdyż to od ich charakteru zależy właśnie funkcja masy.

Jak dotąd, niegaussowość pola promieniowania CMB potwierdzono z bardzo dużą pewnością w wielu testach na podstawie różnych danych obserwacyjnych, jednakże żadne z doniesień nie identyfikuje ich z pierwotną niegaussowością. Katalogi gromad galaktyk zaczynają dopiero wkracać w etap przydatności to tego rodzaju badań. Obecnie zgodność pola CMB z gaussowskimi, pierwotnymi fluktuacjami jest na tyle duża, iż można powiedzieć, że to drugi sukces obserwacyjny teorii inflacji.

Innym przewidywaniem inflacji jest niezależność i tzw. koherencja poszczególnych modów w widmie mocy. Oznacza to, że fluktuacje we wszystkich skalach są zgodne w fazie. Gaussowski charakter fluktuacji zapewnia, że nie ma żadnych korelacji pomiędzy poszczególnymi modami związanymi z liczbami l (numer multipola) i m .

Matematycznie można to zapisać:

$$\langle a_{lm} a_{l'm'}^* \rangle = C_l \cdot \delta_{lm} \delta_{l'm'}$$

Konsekwencją tego jest szereg pików (oscylacji akustycznych) w widmie TT, co jest analogią do fal dźwiękowych powstających w pudle rezonansowym. Powstają tylko mody, których liczby falowe są wielokrotnością rozmiarów pudła i są one od siebie niezależne. Dlatego też wykrycie po raz pierwszy oscylacji akustycznych w widmie mocy TT poprzez satelity BOOMERanG i MAXIMA w 1996 r. (rys. 6) było również faktem zgodnym z przewidywaniami inflacji.

2.1.5 Lokalnie płaska geometria przestrzeni

Kolejnym wielkim sukcesem inflacji jest przewidywana, bliska płaskiej, geometria przestrzeni i związana z nią poprzez równania Friedmana całkowita gęstość materii (Ω_{tot}) we Wszechświecie równa bądź bardzo bliska jedności. Inflacja doskonale rozwiązuje problem płaskości poprzez bardzo krótkotrwały

(jak się przewiduje, trwający około 10^{-32} s) etap eksponencjalnej ekspansji. Każda fizyczna odległość podwaja się w przedziale czasu około 10^{-34} s. W wyniku inflacji czynnik skali powiększa się standardowo o czynnik przynajmniej $e^{-55} \approx 8 \cdot 10^{23}$ (przy czym dokładne wielkości zależą od konkretnego modelu inflacji i mogą się znacznie różnić od podanych tutaj). W ten sposób praktycznie dowolna początkowa lokalna krzywizna przestrzeni zostaje (jak na balonie) „rozmuchana” do wartości z doskonałą dokładnością równej jedności, rozwiązując tym samym problem wcześniejszej wspomnianego precyzyjnego dopasowania. Natomiast płaska geometria przestrzeni implikuje całkowitą gęstość materii i energii równą jedności.

2.1.6 Izotropowość CMBR

Podobnie ma się sprawa w przypadku problemu horyzontu. Skale wielkości horyzontu cząstek w czasie inflacji zostają powiększone do rozmiarów znacznie przewyższających rozmiary naszego obserwonalnego obecnie Wszechświata. Dlatego problem niejednorodności pola CMBR wewnętrz obecnego horyzontu cząstek jest po prostu usunięty z naszego pola widzenia. Pojawia się jednak problem wariancji kosmicznej. Określa ona stopień naszej niewiedzy na temat tego, jak bardzo fluktuacje na różnych skalach wielkości odbiegają od wartości średniej. Dla małych skal odległości wielkość ta jest znikoma, gdyż statystyka zaburzeń — modów o małych rozmiarach — jest wystarczająco duża wewnętrz naszego horyzontu cząstek, abyśmy mogli wiarygodnie je oszacować. Jednakże wariancja kosmiczna jest znaczna w przypadku skal odległości porównywalnych z naszym obecnym horyzontem, gdzie mamy do czynienia jedynie z kilkoma bądź w skrajnym przypadku jedną realizacją fluktuacji o rozmiarach naszego obserwonalnego Wszechświata. Obserwacje położen pików akustycznych w widmie TT wyznaczają obecnie, z bardzo dobrą dokładnością, całkowitą gęstość Wszechświata ($\Omega_{tot,0}$), dając jednocześnie kolejny argument przemawiający za teorią inflacji.

Warto dodać, że globalna izotropia CMBR, jak i jego jednorodność, będzie złamana w przypadku, gdy topologia Wszechświata będzie nietrywialna, czyli gdy będzie możliwe znalezienie

takiej krzywej zamkniętej, której nie da się poprzez ciągłą kontrakcję sprowadzić do punktu. Złamanie globalnej izotropowości i jednorodności prowadzi w prostej linii do powstania niegaussowskich fluktuacji CMBR. Stwarza to potencjalną możliwość wykrycia nietrywialnej topologii poprzez badania gaussowości i być może poznania jej poprzez odpowiednią analizę koreacyjną mapy $T(\mathbf{n})$.

3. Podsumowanie

W poprzednich sekcjach przedstawiłem niektóre z możliwych zastosowań mikrofalowego promieniowania tła we współczesnej kosmologii. Chociaż wypracowany standardowy model kosmologiczny jest zgodny mniej więcej ze wszystkimi obserwacjami, przed kosmologią stoi nadal szereg otwartych i bardzo głębokich pytań, łączących w swej naturze fizykę wysokich energii oraz fizykę bardzo wczesnego Wszechświata. Czym jest i jaka jest fizyka ciemnej materii i energii? Jaki jest mechanizm napędzający inflację? Jaka jest topologia przestrzeni? Jakie są perspektywy poznania fizyki transplanckowskiej poprzez studia teorii inflacji? Jakie są szczegóły rejonizacji Wszechświata? Obecnie, dzięki zdumiewającemu postępowi technik obserwacyjnych, wchodzących nowych i planowanych w najbliższej przyszłości eksperymentów, jak również dzięki postępu w komputerowej analizie danych, nauka o kosmicznym promieniowaniu tła wchodzi w fazę precyzyjnej kosmologii. Gwarantuje to dalszy dynamiczny rozwój tej dyscypliny nauki, co być może zbliży nas o krok do poznania prawdziwej natury Wszechświata.

W drugiej części artykułu (następny zeszyt „Uranii-PA”) skoncentruję się na procesach formujących poszczególne widma mocy i wynikających z nich parametrów kosmologicznych oraz przedstawię obecne i przyszłe eksperymenty mające na celu ich oszacowanie.

Bartek Lew jest doktorantem astronomii w Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, obecnie w Japonii, przygotowującym swą rozprawę doktorską w dziedzinie kosmologii

Spektroskopia radiowa

Przez całe stulecia istnienia astronomii obserwatorom był dostępny tylko niewielki fragment informacji docierających z Kosmosu — promieniowanie widzialne. Rozszczepienie światła i uzyskanie widm pozwoliło na poznanie składu oraz wielu parametrów fizycznych gwiazd i mgławic. Sytuacja uległa jednak radykalnej poprawie dopiero z chwilą zaistnienia technicznych możliwości detekcji fal radiowych oraz rejestracji linii widmowych związanych z poziomami energetycznymi molekuł

Wstęp

Poznanie Wszechświata, poza planetami w najbliższym otoczeniu Ziemi, detekcją wysokoenergetycznych cząstek (promieniowania kosmicznego) oraz mało dokładnymi obserwacjami fal grawitacyjnych i neutrin, jest związane z rejestrowaniem promieniowania elektromagnetycznego. Obecnie obserwacjom astronomicznym są dostępne już wszystkie zakresy widma fal elektromagnetycznych, począwszy od skrajnie wysokoenergetycznego promieniowania gamma, poprzez promieniowanie rentgena, nadfiolet, zakres fal widzialnych, podczerwieni i mikrofale, aż do długich fal radiowych. Techniki detekcji pozwalają na obserwację coraz mniejszych przedziałów częstotliwości z coraz większą czułością, a co za tym idzie, analizę poszczególnych struktur widma — linii emisyjnych i absorpcyjnych. Rozwojowi spektroskopii radiowej, a więc obserwacji struktur w widmie elektromagnetycznym z zakresu fal radiowych, sprzyja mnogość molekuł znajdujących się w przestrzeni międzygwiazdowej, dla których odległość pomiędzy poziomami energetycznymi zawiera się w tym obszarze widma (do zeszłego roku znanych było ponad 120 molekuł).

1. Spektralne obserwacje radioastronomiczne

W przypadku obserwacji widm zakresu mikrofal i fal radiowych niezbędna jest zamiana energii fal radiowych w sygnał elektryczny oraz jego wstępna analiza. Do tego celu służą systemy

odbiorcze — tzw. front-ends oraz analizatory — back-ends.

Schemat ilustrujący pracę radioteleskopu i przedstawiający najważniejsze urządzenia konieczne w obserwacjach spektralnych pokazuje rys. 1.

a) Front-ends

Promieniowanie radiowe docierające do Ziemi może być obserwowane i rejestrowane dzięki specjalistycznej i bardzo zaawansowanej technicznie aparaturze. Jako że energia (ilość) fal radiowych jest znikoma (przeciętnie radioźródło jest przeszło miliard miliardów razy słabsze niż odbierane przez anteny TV satelitarnej fale nadawane przez sztuczne satelity telekomunikacyjne), przeto stosować trzeba urządzenia — radioteleskopy o dużych powierzchniach, skupiających maksymalną energię w ognisku. Największe radioteleskopy mają powierzchnie nawet ponad 70 tys. m²! Jak trudne jest to zadanie, niech uzmysłowi czytelnikowi fakt (aczkolwiek niesprawdzony rachunkowo przez autora), że energia zebranej do tej pory przez wszystkie radioteleskopy na Ziemi nie byłaby wystarczająca do stopienia płatka śniegu (!).

Skupiona systemem zwierciadłem energia fal radiowych jest kierowana do systemu odbiorczego — jego pierwsze ognisko to antena, w której fale radiowe indukują słaby prąd. Sygnał w takiej formie jest wzmacniany niskoszumowymi wzmacniaczami, które — by dodatkowo poprawić ich parametry — są chłodzone metodami kriogenicznymi (w przypadku 32-m radioteleskopu

Zasada działania radioteleskopu



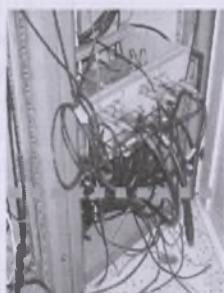
Fale radioowe docierają do anteny i po skupieniu w systemie zwierciadeł trafiają do odpowiedniego falowodu



Na końcu falowodu jest antena, gdzie fale radioowe zamieniane są w prąd elektryczny. Generowany prąd jest bardzo mały, dlatego jest wzmacniany w warunkach kriogenicznych



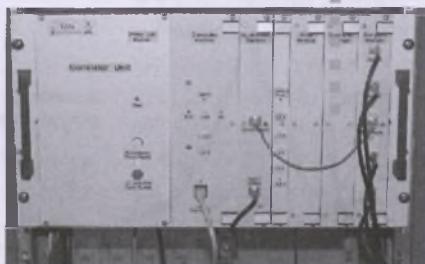
W kabinie elektrycznej znajduje się komputer, przez który przechodzą wszystkie komendy sterowania do anteny, wydane w sterowni, a także wskazania stanu urządzeń, które w sterowni można kontrolować



Komputery i generatory wspomagają sterowanie systemami odbiorczymi i rejestrację sygnału

Odpowiednio przetworzony sygnał trafia do sterowni, gdzie dystrybutor kieruje go do żądanego analizatora — w przypadku obserwacji spektralnych trafia do terminala VLBA, w którym jest filtrowany, a następnie przekazywany do cyfrowego spektrografo autokorelacyjnego

W obserwacjach spektralnych ważny jest wzorcowy sygnał czasu — w Piwnickim Obserwatorium taką rolę spełnia maser wodorowy



Rys. 1. Schemat wyjaśniający zasadę działania radioteleskopu i prowadzenia obserwacji spektralnych na przykładzie radioteleskopu w Piwnicach k. Torunia. Wszystkie zdjęcia są publikowane za zgodą Centrum Astronomii UMK w Toruniu

Obserwatorium w Piwnicach k. Torunia system odbiorczy jest chłodzony heliem o temperaturze około 15 K). Wzmocniony do satysfakcjonującego poziomu sygnał najczęściej jest mieszany z silnym, sztucznie generowanym sygnałem i przekazywany do urządzeń analizujących.

b) Back-ends

Sygnal z anteny trafia do analizatora, którym w przypadku obserwacji widm jest spektrograf, a więc urządzenie, dzięki któremu otrzymujemy zapis z możliwą do odtworzenia *gęstością strumienia promieniowania* w funkcji częstotliwości. Taki format sygnału, rejestrowanego w ostatniej fazie obserwacji, jest uzyskiwany przez podział obserwowanego przedziału częstotliwości na wiele fragmentów — kanałów. W każdym z kanałów prowadzi się niezależny zapis poziomu sygnału, a następnie wyniki łączy się, uzyskując widmo. Schemat takiego urządzenia pokazuje rys. 8.

W radioastronomii są stosowane bardzo zaawansowane metody analizy sygnału, a najczęściej używanymi spektrografami są *cyfrowe spektrografia autokorelacyjne*. Zasadę ich działania opisano w ramce 1.

Pierwotnie uzyskane dzięki takim urządzeniom widmo to natężenie względne w funkcji numeru kanału. Rozpoczynając jednak obserwacje, wiemy jaka częstotliwość i jaki jej przedział chcemy obserwować — znamy

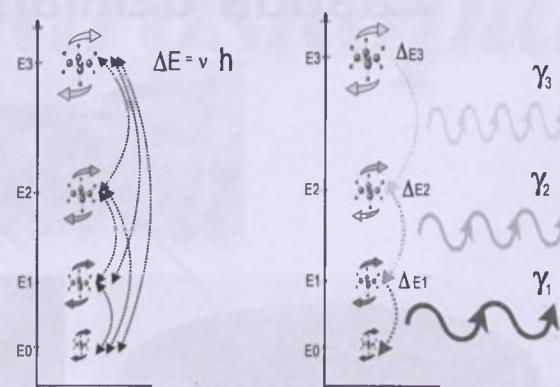
więc częstotliwość każdego z kanałów. Wiedząc z badań laboratoryjnych, jaka jest częstotliwość promieniowania emitowanego przez nieruchomą molekule i dysponując obserwowanymi wartościami, możemy, korzystając z reguł związanych z efektem Dopplera, zapisać widmo w funkcji prędkości radialnych emitera (zwykle transformuje się te wartości do prędkości względem LSR — patrz § 3 p. c).

2) Mechanizmy promieniowania

Molekuly tworzące obłoki kosmiczne poruszają się w różnych kierunkach, z różnymi prędkościami. Energia i orientacja molekuli wiąże się ze stanem ich rotacji (czasami też oscylacji), w jakim może się ona znajdować. Stany te są skwantowane, co oznacza, że molekuła nie może posiadać dowolnej energii rotacyjnej, lecz ściśle określona regułami fizyki kwantowej. Zmiany stanu kwantowego rotacji zazwyczaj są związane z emisją bądź absorpcją energii, co zachodzi na drodze zderzeń

(głównie z elektronami) oraz pochłanianiem lub emisją fotonów. Ponieważ odległości pomiędzy poszczególnymi poziomami rotacyjnymi są niewielkie, toteż energia fotonów uwalnianych (absorbowanych) w czasie przejść promieniowych jest tak mała, że ich częstotliwość zawiera się w przedziale radiowym widma fal elektromagnetycznych — mogą być one rejestrowane dzięki radioteleskopom.

Przejścia pomiędzy poziomami energetycznymi i emisja fotonów



Rys. 2. Możliwe przejścia pomiędzy kolejnymi rotacyjnymi lub vibracyjnymi stanami energetycznymi molekuly (strona lewa), a także schemat emisji fotonów w czasie przejścia

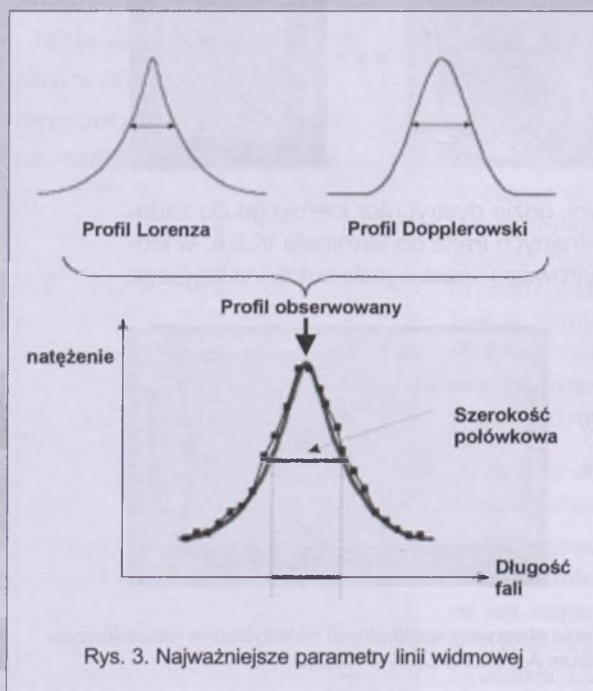
a) Stany kwantowe, powstanie i kształt linii widmowych

Energie związane z rotacją (i/lub oscylacją) molekuli przyjmują ściśle określone wartości, których zmiana jest związana z przekazaniem lub pochłonięciem kwantu energii, którego wartość jest równa różnicy energii w stanie początkowym oraz końcowym.

W przypadku przejścia od stanu o wyższej energii do stanu o energii niższej następuje emisja fotonu o ściśle określonej energii E, a tym samym ściśle określonej długości fali, zgodnie z regułą $E = hv = hc/\lambda$, gdzie h — stała Plancka, v — częstotliwość fotonu, λ — długość fali, c — prędkość światła.

Jeśli molekula będzie wiele, liczba fotonów o danej długości fali może być na tyle duża, że ich obecność zaznaczy się w widmie promieniowania elektromagnetycznego w postaci linii widmowej. Przejście do stanu podstawowego (lub generalnie stanu o niższej energii) odbywa się najczęściej spontanicznie, po bardzo krótkim czasie.

Wydawać by się mogło, że konkretne wartości energii poszczególnych stanów kwantowych spowodują, iż wszystkie docierające do detektora fotony będą posiadać tę samą energię. Jednakże obserwowane linie widmowe posiadają pewien charakterystyczny profil (patrz rys. 3). Po pierwsze każdy ze wzbudzonych stanów kwantowych posiada pewne rozmycie energetyczne opisane zasadą Heisenberga $\Delta E = \hbar/\Delta t$, gdzie E to energia, zaś t stanowi czas przebywania w danym stanie kwanto-



Rys. 3. Najważniejsze parametry linii widmowej

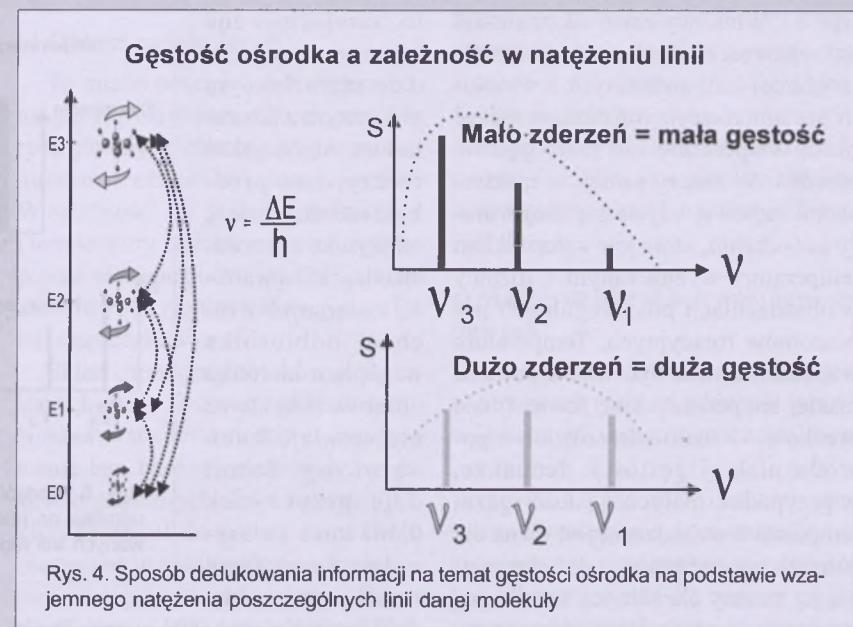
wym. Innym czynnikiem powodującym, że docierające do detektora fotony nieznacznie różnią się swoimi energiami, jest tzw. rozmycie dopplerowskie. Nawet jeśli obłok, jako całość, jest nieruchomy względem Ziemi, poszczególne molekuły się poruszają. Zgodnie z zasadą Dopplera energia fotonu emitowanego przez oddalającą się od detektora molekułę maleje, zaś energia fotonu z molekuły zbliżającej się wzrośnie (jest to zjawisko analogiczne do efektu obserwowanego dla zbliżających się i oddalających źródeł fal dźwiękowych). Zmianę częstotliwości ν w stosunku do podstawowej ν_0 , co jest związane z prędkością emitera (molekuły) v_r , przedstawia zależność: $\Delta\nu = \nu_0 v_r / c$.

Kolejną przyczyną poszerzenia profilu mogą być zderzenia oraz bezkolizyjne oddziaływanie z innymi molekułami i atomami. Mają one jednak mały wpływ w ośrodkach o niskiej gęstości.

Przejścia pomiędzy kolejnymi poziomami energetycznymi obrazuje rys. 2.

b) Linie maserowe

O emisji maserowej pisałem już szczegółowo na łamach „Uranii – Postępów Astronomii” (1/96, 6/02), w tym miejscu podam więc tylko kilka niezbędnych informacji. W przeciwieństwie do zwykłych wzbudzonych stanów kwantowych, w których molekuła pozostaje przez bardzo krótki czas, po czym na drodze spontanicznej emisji powraca do stanu podstawowego, istnieją tzw. *stany metastabilne*, w których molekuła może przebywać długim czasem. Dodatkowo, niska gęstość ośrodka w obłokach zmniejsza prawdopodobieństwo przejścia do stanu o niższej energii. Prawdopodobieństwo takiego przejścia może zostać zwiększone, gdy molekuła znajdzie się w polu promieniowania o energii równej energii przejścia. Mówimy w takim wypadku o *wymuszaniu emisji*. Jeśli zaistnieją więc warunki, gdzie wiele molekuł będzie w stanie wzbudzonym metastabilnym, a do takiego ośrodka dostanie się *sygnału* w postaci fotonu o odpowiedniej energii, może zostać wymuszone przejście, produkujące następny foton. Każdy z fotonów może wymusić następne przejścia, co wywoła reakcję lawinową. Warunkiem koniecznym w takim przypadku jest niewielkie rozmycie dopple-



Rys. 4. Sposób dedukowania informacji na temat gęstości ośrodka na podstawie wzajemnego natężenia poszczególnych linii danej molekuły

rowskie energii wymuszanych fotonów, a co z tego wynika — uporządkowany ruch molekuł.

Linie maserowe charakteryzuje (i odróżnia od linii zwykłych) ich niezwykła jasność i mała szerokość profilu, co wiąże się z niewielkim rozmyciem metastabilnych poziomów energetycznych i małym rozmyciem dopplerowskim.

3. Informacje zawarte w radiowych liniach widmowych

Intensywność linii widmowych jest związana z liczbą molekuł znajdujących się na danym rotacyjnym poziomie energetycznym. Obserwując zatem, jak molekuły obsadzają kolejne poziomy energetyczne, możemy wydedukować, jaką jest gęstość gazu oraz jego temperatura. Suma intensywności wszystkich linii może pokazać nam, jaką jest liczba molekuł na drodze widzenia teleskopu. Dopplerowskie przesunięcie linii w widmie niesie informacje na temat ruchu obłoku lub jego poszczególnych części.

a) Pomiar gęstości

Gdy niezaburzoną czynnikami zewnętrznymi molekuła znajduje się we wzbudzonym stanie energetycznym, jest bardzo prawdopodobne, że nastąpi przejście na niższy poziom energetyczny, czemu towarzyszy emisja fotonu. Każdy z poziomów ma swój charakterystyczny czas połowiczny Δt , który oznacza, że po jego upływie połowa wzbudzonych molekuł przejdzie do sta-

nu niższego (jest to oczywiście proces czysto statystyczny i nie jesteśmy w stanie przewidzieć dokładnego momentu przejścia konkretnej molekuły). Jeśli zatem czas pomiędzy zderzeniami powodującymi przejście na wyższy stan energetyczny będzie dłuższy w porównaniu z czasem Δt , wtedy taki stan wzbudzony będzie nie obsadzony przez molekuły. W przypadku ośrodka o małej gęstości, gdzie zderzenia zachodzą rzadko, większość molekuł będzie zajmować tylko najniższe poziomy energetyczne. Zatem w widmie będą dominować linie związane z przejściami pomiędzy najniższymi rotacyjnymi poziomami energetycznymi. Z drugiej strony, w przypadku wysokich gęstości — częstych zderzeń — widmo zawierać będzie więcej linii, także tych związanych z wysokoenergetycznymi poziomami wzbudzonymi (rys. 4).

b) Pomiar temperatury

Temperatura jest miarą prędkości molekuł w gazie, w ich przypadkowym, nieuporządkowanym ruchu. W gazie gorącym prędkość jest wysoka, zaś w gazie zimnym molekuły poruszają się wolno. Jeśli zatem nastąpi zderzenie molekuły z np. szybkim atomem helu lub wodoru, energia w taki sposób uzyskana może wzbudzić molekulkę do wysokiego stanu energii rotacyjnej. Zatem w gazie gorącym wysokie stany wzbudzone będą częściej obserwowane niż w gazie o niskiej temperaturze. Wzajemne natężenia linii spektralnych w widmie mogą być pomocne w szacowaniu temperatury gazu

(rys. 5). Wnikliwy czytelnik zauważał już zapewne, że nieobecność (lub małe natężenie) linii związanych z wysokimi stanami rotacyjnymi może oznaczać niską temperaturę lub małą gęstość ośrodka. W rzeczy samej, w spektroskopii radiowej używa się *temperatury wzbudzenia*, która jest wskaźnikiem temperatury wyznaczanym z różnicą w obsadzeniach poszczególnych par poziomów rotacyjnych. Temperatura wzbudzenia może być niska z powodu niskiej temperatury kinetycznej (mała prędkość — mało zderzeń) lub z powodu niskiej gęstości. Jednakże, w przypadku małych gęstości gazu, temperatura wzbudzenia jest różna dla różnych par poziomów, więc obserwacja jej zmiany dla różnych przejść pozwala na wyodrębnienie efektu związanego z temperaturą kinetyczną gazu.

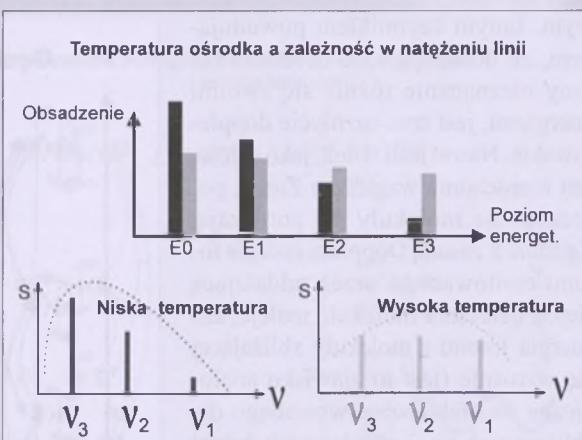
O temperaturze świadczyć może też profil linii widmowej, a konkretnie jej szerokość — w przypadku wysokiej temperatury profile rozmywają się, co jest związane z turbulencjami w obłoku i efektem Dopplera. Dla gazu chłodnego linie są bardzo wąskie.

c) Prędkość radialna

Wspominałem już o efekcie Dopplera, zgodnie z którym energia emitowanego fotonu ulega zmianie, jeśli emiter porusza się względem obserwatora.

W zasadzie położenie każdej obserwowanej linii widmowej jest inne niż

to zarejestrowane i zmierzone w układzie nieruchomym związanym z laboratorium. Aby uzyskać rzeczywistą prędkość radialną, należy od wyniku obserwacji odjąć kilka wartości związanych z ruchem odbiornika względem kierunku obserwacji na sferze niebieskiej. Ruch obrotowy Ziemi daje przyczynę 0,465 km/s maksymalnie, a ruch Ziemi wokół centrum układu Ziemia-Księżyc 0,013 km/s. Ruch Ziemi wokół Słońca odbywa się z prędkością 30 km/s, a ruch Słońca wokół barycentrum Układu Słonecznego 0,012 km/s. Słońce porusza się względem układu związanego z lokalną grupą gwiazd z prędkością 20 km/s. Taka redukcja powoduje przeniesienie układu odniesienia obserwacji do *Lokalnego Układu Odniesienia* (LSR — ang. *Local Standard of Rest*), co czyni się w przypadku radiowych obserwacji spektralnych już w fazie obserwacji, jeszcze na etapie filtrowania odpowiedniego pasma sygnału z anteny, przed analizą tegoż w spektrografie.

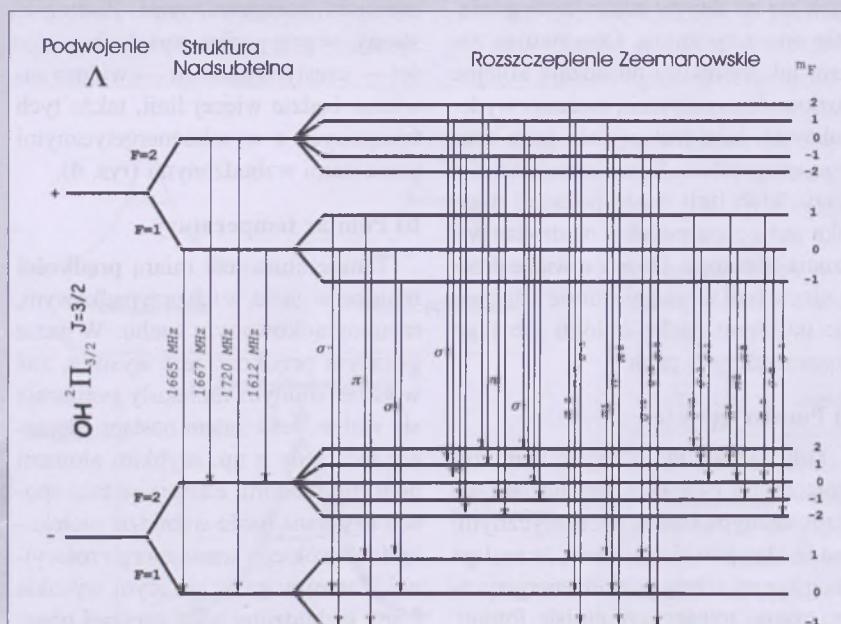


Rys. 5. Sposób uzyskiwania informacji o temperaturze ośrodka na podstawie wzajemnego natężenia obserwowanych linii widmowych danej substancji (patrz p. 3b)

d) Pole magnetyczne

Niektóre molekuły podlegają oddziaływaniu pola magnetycznego działającego w ośrodku, które wywołuje rozszczepienie poziomów energetycznych — zwane *rozszczepieniem Zeemana*. Zjawisko to omówię na przykładzie jednej z najprostszych molekuł — rodnika OH.

Każdy z rotacyjnych poziomów energetycznych rozszczepiony jest na dwa podpoziomy wskutek zakłóceń rotacji przez elektryny składników molekuły — jest to tzw. *podwojenie L*. Z kolei każdy z podpoziomów ulega rozszczepieniu na kolejne dwa podpoziomy, co wiąże się z oddziaływaniem spinów jąder atomowych na rotację — tworzy się *struktura subtelna*. W stanie podstawowym OH, przejścia promieniste pomiędzy podpoziomami struktury subtelnej odpowiadają za emisję maserową o częstotliwości 1,6 GHz. W obecności pola magnetycznego każdy z poziomów struktury subtelnej ulega rozszczepieniu na kilka podpoziomów wskutek działania na molekule zewnętrznego pola magnetycznego — powstaje *struktura nadsubtelna* zwana też *strukturą zeemanowską*. Rysunek 6 pokazuje układ podpoziomów podstawowego poziomu rotacyjnego molekuły OH i możliwe przejścia pomiędzy nimi. Widać, że w przypadku obecności pola magnetycznego jednej linii widmowej odpowiada kilka linii spolaryzowanych, nieznacznie oddalonych od siebie, zależnie od usytuowania pola magnetycznego (rys. 7).



Rys. 6. Struktura poziomów energetycznych podstawowego stanu rodnika hydroksylowego OH w obecności pola magnetycznego. Pokazano usytuowanie Zeemanowskich podpoziomów energetycznych oraz możliwe przejścia między nimi

Reasumując, poprzez identyfikację oraz pomiary związane ze składnikami zeemanowskimi możemy dosyć szczegółowo określić nie tylko natężenie pola magnetycznego w obszarze powstawania linii, ale także jego kierunek.

Odległość pomiędzy poziomami, a co za tym idzie — różnice częstotliwości pomiędzy składnikami zeemanowskimi można wyznaczyć. Dla przykładu wodór neutralny H emisja promieniowania o częstotliwości $\nu_0 = 1420$ MHz, co wiąże się ze zmianą spinu elektronowego. Obecność pola magnetycznego o natężeniu B powoduje powstanie dwóch linii spolaryzowanych kołowo, położonych symetrycznie względem częstotliwości ν_0 , a odległych od siebie o $\sim 2,8 \times 10^6 B$. Jeśli zatem przeciętne pole magnetyczne w obłokach wynosi około 2×10^{-5} gauza ($1 G = 10^{-4} T$, $1 T$ [tesla] = 1Wb/m^2 , 1Wb [weber] = $1 \text{V} \cdot \text{volt} \cdot \text{s}$), wtedy komponenty znajdują się w odległości ~ 50 Hz.

4. Przykładowe wyniki obserwacji spektralnych

Obserwacje spektralne dostarczają informacji nie tylko związanych z parametrami fizycznymi obszarów, w których powstają: pokazują też ich dynamikę i pozwalają badać ewolucję niektórych obiektów.

a) Molekuły w sąsiednich galaktykach

Nie wdając się w szczegółowe omawianie wielkiej liczby prac związanych z radiowymi obserwacjami spektralnymi sąsiednich galaktyk, wspomnę ledwie niektóre z ostatnio przytoczonych faktów.

Przy pomocy interferometru IRAM były prowadzone obserwacje pyłu oraz molekuły CO w jednej z najodleglejszych znanych do tej daty galaktyk: BR 1202-0725. Obserwacje pokazują wyraźnie, że już we wczesnych etapach ewolucji Wszechświata istniały pierwiastki ciężkie; musiały więc zostać utworzone w toku ewolucji najwcześniej szego pokolenia gwiazd. Obserwowana galaktyka wykazuje tak wielkie przesunięcie ku czerwieni, że obserwacje pokazują obraz obiektu powstałego mniej niż miliard lat po Wielkim Wybuchu.

b) Obłoki molekularne

To miano noszą lokalne zagęszczenia gazu i pyłu w naszej Galaktyce, których głównym, choć nie jedynym, budulcem obłoków jest wodór. W zależności od gęstości, rozmiarów i temperatury obłoku może on występować w stanie podstawowym (wodór atomowy H), zjonizowanym (jony H^+) lub cząsteczkowym (H_2).

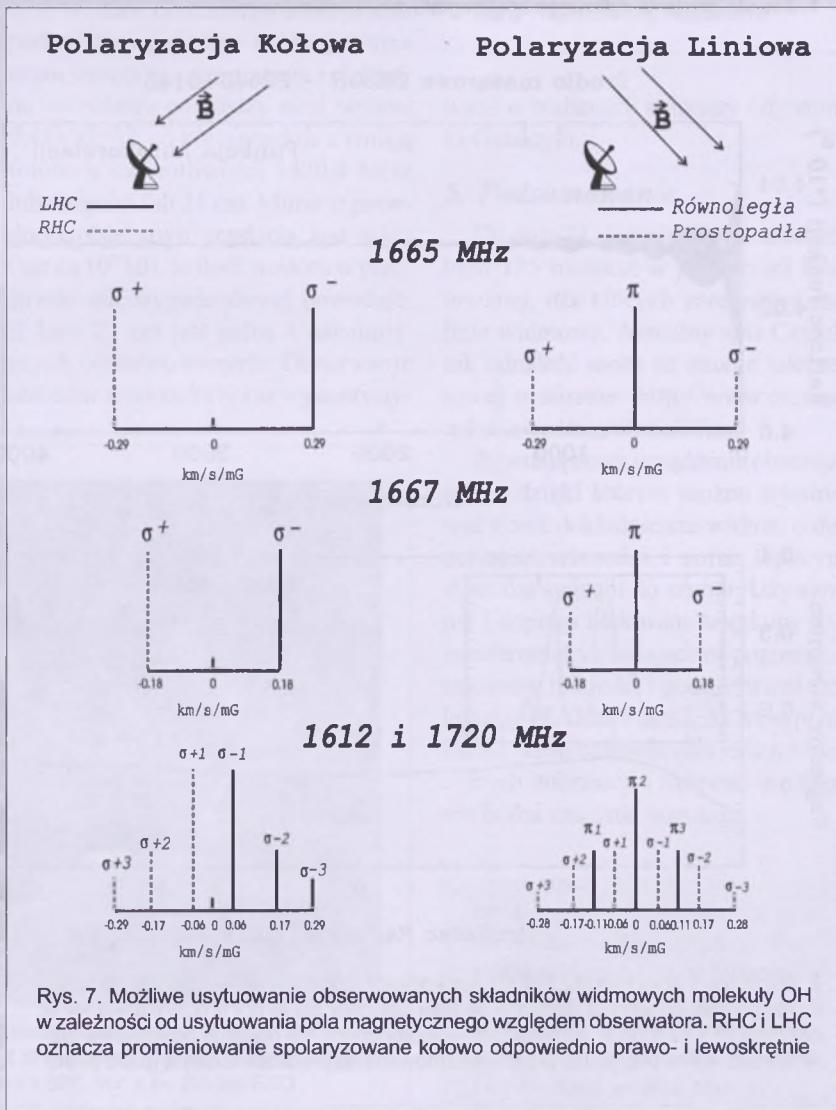
Skład chemiczny obłoków molekularnych może być niezwykle złożony. Niedawno stwierdzono nawet występowanie tam bardziej złożonych związków organicznych. Fakt wykrycia takich molekuł dowodzi, że reakcje chemiczne w obłokach zachodzą szybciej niż się dotąd spodziewano. Obecnie reakcje te są badane w ramach eksperymentu CRESU (badanie tempa reakcji chemicznych w bardzo niskich temperaturach), gdzie symuluje się warunki panujące w obłokach molekularnych. Wyniki pokazują, że mnogość

złożonych związków chemicznych występujących w obłokach wiąże się z procesami chemicznymi, które w nich zachodzą.

Najczęstszymi, obok wodoru, składnikami obłoków są molekuły rodnika hydroksylowego OH oraz formaldehyd HCHO.

c) Masery w otoczkach wokółgwiazdowych

Emisja maserowa powstająca w otoczkach gwiazd późnych typów widmowych została szczegółowo omówiona w „Uranii-PA” (6/02). Wspomnę tu tylko, że gwiazdy zaawansowane ewolucyjnie, których cechy lokują je w obszarze asymptotycznej gałęzi olbrzymów (AGB) bądź w gałęzi czerwonych nadolbrzymów, charakteryzuje duża utrata masy (powyżej $10^{-7} M_\odot/\text{rok}$). W pobliżu gwiazdy centralnej tworzy się pył, który napędzany przez promieniowanie przekazuje pęd do gazu. Napędzana w taki sposób



Rys. 7. Możliwe usytuowanie obserwowanych składników widmowych molekuły OH w zależności od usytuowania pola magnetycznego względem obserwatora. RHC i LHC oznaczają promieniowanie spolaryzowane kołowo odpowiednio prawo- i lewośrotnie

Zasada działania cyfrowego spektrografia autokorelacyjnego

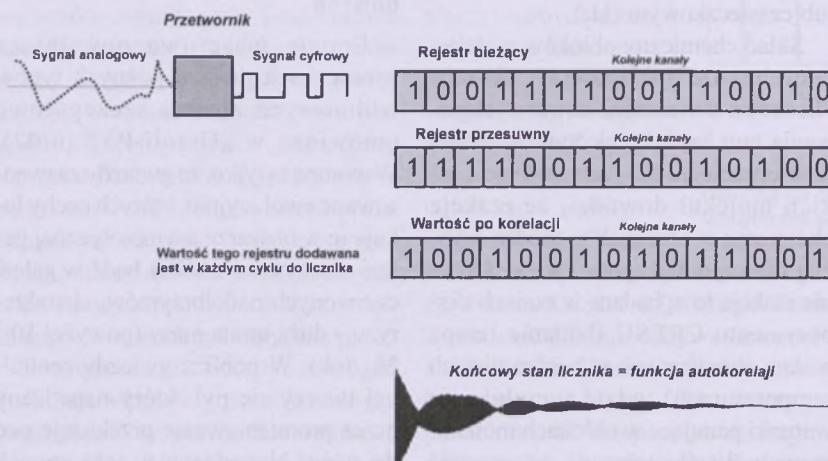
W najprostszym przypadku autokorelatora jednopoziomowego sygnał trafia do przetwornika analogowo-cyfrowego, skąd wychodzi w postaci cyfrowej: otrzymujemy 1 — gdy poziom sygnału jest wyższy od średniej lub 0 — gdy jest niższy.

Odpowiednia liczba bitów trafia do rejestru autokorelatora (jest to liczba odpowiadająca liczbie kanałów), a także na początku pracy do tzw. rejestru przesuwnego (patrz rys. 1a) Cykl pracy polega na zapelnieniu rejestru, dodaniu pierwszego bitu z rejestru na

pierwsze miejsce rejestru przesuwnego, a następnie korelacji obu rejestrów — jeśli w odpowiadających sobie kanałach są takie same znaki, do licznika dodawane jest 1, jeśli różne — dodawane jest 0. Warto zauważyć, że w kanale pierwszym korelacja zachodzi **zawsze**. Ostatecznie, po zakończeniu obserwacji, jest zapisywany stan licznika w funkcji numeru kanału, czyli tzw. *funkcja autokorelacji*, będąca transformatą Fouriera widma mocy. Dokonując zatem matematycznej operacji *szbkiej transformacji Fouriera (FFT)*, jesteśmy w stanie odtworzyć widmo z funkcji autokorelacji. Przykład zarejestrowanej funkcji autokorelacji oraz wynikającego z niej widma mocy prezentuje rys. 1b. Ważną rolę odgrywa w procesie pracy autokorelatora czas, który wiąże się z szybkością próbkowania sygnału analogowego. Czas ten w ostateczności decyduje o zakresie częstotliwości obejmowanym w uzyskanym po FFT widmie mocy.

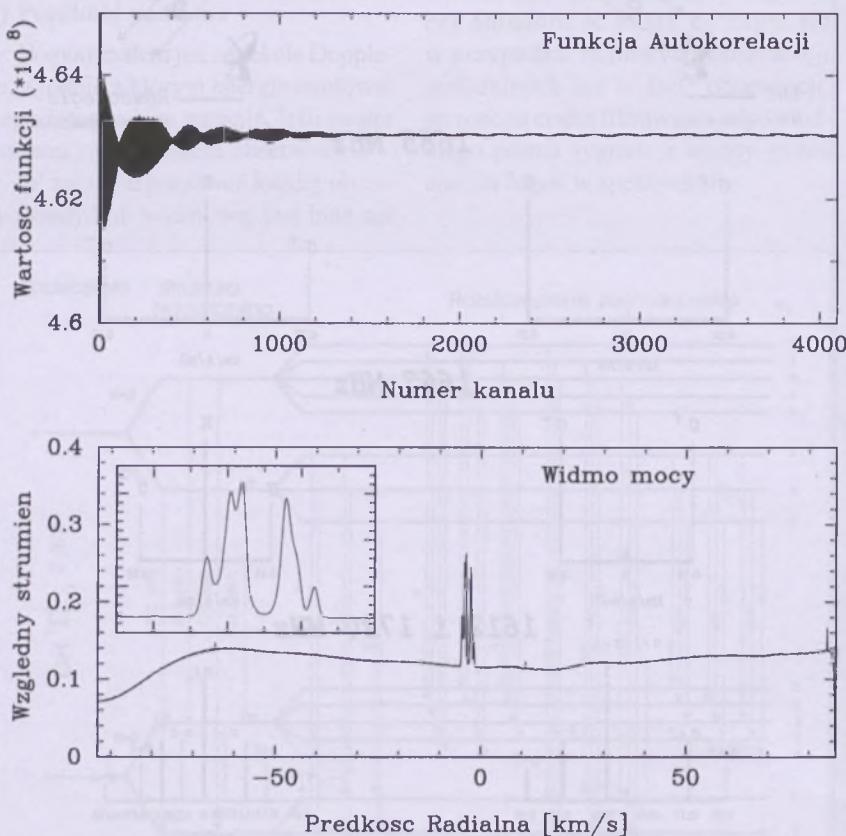
Istnieją oczywiście bardziej rozbudowane systemy, w których sygnał wyjściowy z przetwornika analogowo-cyfrowego posiada jeden lub więcej poziomów pośrednich — korelacja sygnału jest bardziej skomplikowana (dla przykładu cyfrowy spektrograf autokorelacyjny Katedry Radioastronomii w Piwnicach k/Toruń jest urządzeniem dwupoziomowym (jeden poziom pośredni) i posiada 2^{14} (16384) kanałów).

FFT jest metodą bazującą na analizie fourierowskiej opisującej sygnał zawierający częstotliwości harmoniczne. Dla przykładu idealna sinusoida posiada jedną częstotliwość, która uwidocznia się w widmie jako pojedynczy impuls, zaś pozostałe częstotliwości badanej *wstęgi* nie będą reprezentowane. Jeśli badana funkcja zawiera wiele częstotliwości, ujawnią się one w widmie po dokonaniu operacji FFT. Łatwo zauważać, że w przypadku funkcji autokorelacji obszar **czasu** zaszyty jako numer kanału transformuje się w **częstotliwość**, zaś **amplituda** w pewną **moc względową**. Czas w funkcji autokorelacji, związany z szybkością próbkowania, określa *wstęgę* — badany obszar częstotliwości.



1. Zasada działania cyfrowego spektrografia autokorelacyjnego

Zródło: materiale CH3OH – 22543+6145



2. Wynik pracy spektrografia: funkcja autokorelacji (górnego panelu) — pozioma oś opisana jako numer kanału jest związana ze stałą czasową; panel dolny przedstawia wynik działania FFT na funkcję autokorelacji — widmo mocy. Oś pozioma przedstawia częstotliwość, w tym przypadku przetransformowaną na prędkość radialną (patrz p. 3c)

otoczka podlegająca wpływowi zewnętrznego promieniowania UV posiada charakterystyczne obszary o podwyższonej gęstości SiO, H₂O oraz OH, w których warunki pozwalają na zaistnienie odwrócenia obsadzeń (sytuacja, w której większość molekuł jest we wzbudzonym stanie metastabilnym). Uporządkowany ruch molekuł w otoczeniu stwarza okazję do wymuszania emisji w zakresie mikrofalowym.

Profile linii maserowych (w szczególności monitorowane przez długi czas) pozwalają na wyznaczenie prędkości ekspansji otoczki, tempa utraty masy, rozmiarów otoczki i jej dynamiki. Ponadto możemy wnioskować odnośnie do warunków fizycznych (gęstość, temperatura) oraz o polu magnetycznym.

Badanie maserów w otoczkach różnych typów gwiazd AGB pozwala wyciągać wnioski dotyczące ewolucji gwiazd mało masywnych. Ponadto badanie maserów pokazuje, że otoczki gwiazd w późnych etapach rozwoju mają skomplikowaną strukturę, a wpływ masy najczęściej nie jest sferyczny symetryczny.

d) Masery w obszarach powstawania gwiazd

Warunków odpowiednich do zaistnienia emisji maserowej, a tym samym do obserwacji i analizy linii maserowych, dostarczają także obszary formowania się gwiazd. Duże ilości materii znajdują się w mniej lub bardziej upo-

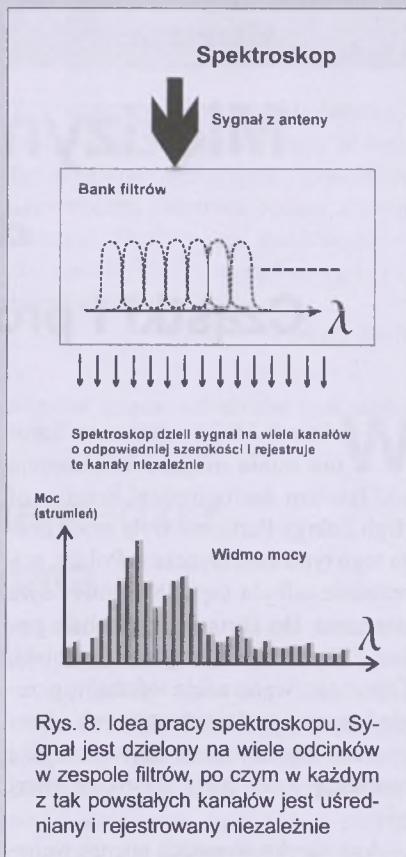
rządkowanym ruchu, związanym z zapadaniem się i tworzeniem protogwiazdy. Ponadto w większości młodych systemów materia otaczająca protogwiazdę zaczyna wokół niej ruch wirowy, co ponownie stwarza warunki dla zaistnienia emisji maserowej. Szczególnie uwidacznia się emisja związana z metanolem (CH₃OH) oraz rodnikiem hydroksylowym i wodą.

Obrazy maserów wykonywane metodami interferencyjnymi pokazują wyraźnie istnienie dysków oraz dużej aktywności w postaci silnych wpływów materii.

e) Wszechobecny wodór

Wodór jest najbardziej rozpoznawczym i zarazem najprostszym pierwiastkiem we Wszechświecie. W dziedzinie radiowej można obserwować linię wodoru neutralnego oraz linie rekombinacyjne wodoru zjonizowanego.

W podstawowym stanie energetycznym wodoru neutralnego istnieją dwa podpoziomy związane ze wzajemnym ustawieniem spinów protonu i elektronu — różnica pomiędzy nimi wynosi $9,43 \times 10^{-25}$ J, co koresponduje z emisją fotonu o częstotliwości 1420,4 MHz lub długości fali 21 cm. Mimo iż prawdopodobieństwo przejścia jest niskie (raz na 10^7 lat), to ilość wodoru w przestrzeni międzygwiazdowej powoduje, iż linia 21 cm jest jedną z najsilniejszych obserwowanych. Obserwacje obłoków wodoru były i są wykorzysty- wane w badaniach struktury i dynamiki Galaktyki.



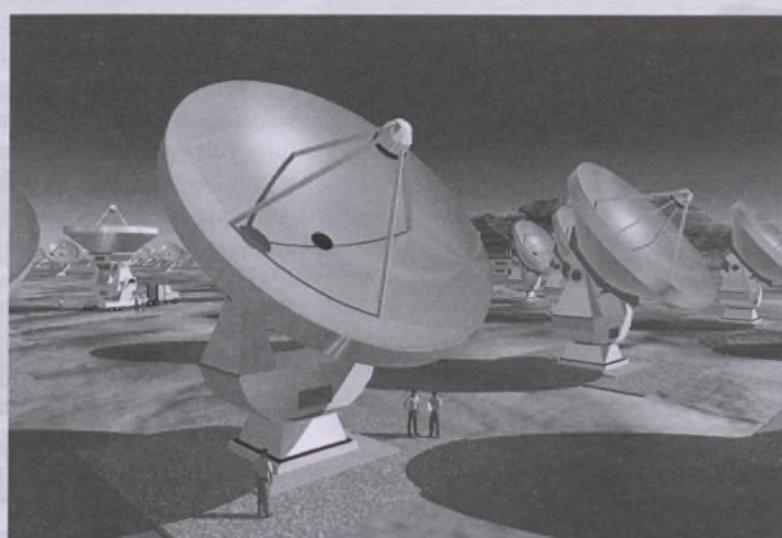
Rys. 8. Idea pracy spektroskopu. Sygnał jest dzielony na wiele odcinków w zespole filtrów, po czym w każdym z tak powstałych kanałów jest średniany i rejestrowany niezależnie

wane w badaniach struktury i dynamiki Galaktyki.

5. Podsumowanie

Do dnia 24 sierpnia 2003 r. znanych było 125 molekuł w przestrzeni kosmicznej, dla których zarejestrowano linie widmowe. Aktualny spis Czytelnik odnaleźć może na stronie internetowej o adresie: <http://www.cv.nrao.edu/~awootten/allmols.html>

Powstają nowe urządzenia obserwacyjne, dzięki którym można rejestrować coraz dokładniejsze widma: o dużej rozdzielczości i coraz lepszym stosunku sygnału do szumu. Używane już i dopiero budowane teleskopy czy interferometry działające na pograniczu zakresów mikrofali i podczerwieni (teleskopy IRAMu, FIRST, ALMA) przekazują wiele cennych, niekiedy rewelacyjnych informacji i zapewne niedługo ich liczba znacznie wzrośnie.



Makieta budującego się obecnie submilimetrowego radioteleskopu ALMA złożonego z 64 anten o średnicy 12 m. Teleskop ten jest zlokalizowany na płaskowyżu Chajnantor na pustyni Atacama w Chile, na wysokości 5 000 m n.p.m. Źródło: ESO

Dr Leszek P. Błaszkiewicz jest adiunktem na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Jego zainteresowania naukowe skupiają się obecnie na maserach w obszarach powstawania gwiazd i w otoczkach gwiazd AGB

Międzynarodowe konferencje astronomiczne

Cząstki i promieniowanie wysokich energii w Toruniu

W dniach 19-24 czerwca w Toruniu miała miejsce konferencja pod tytułem Astrophysical Sources of High Energy Particles. Była to już druga tego typu konferencja w Polsce, poprzednia odbyła się w Krakowie dwa lata temu. Do Torunia przyjechało ponad 110 uczonych, w tym 34 z Polski. Zaprezentowano wiele referatów przeglądowych, podsumowujących obecny stan wiedzy oraz najważniejsze problemy astrofizyki wysokich energii.

Astrofizyka wysokich energii wchodzi w bardzo ciekawy okres. Pojawia się szereg nowych instrumentów. Niedawno został wystrzelony satelita SWIFT badający błyski gamma. Rezultaty jego obserwacji omówił prof. J. Nousek z Uniwersytetu Stanowego Pennsylwanii. Podsumowanie rezultatów satelity HETE-2, zajmującego się obserwacjami błysków gamma i rentgenowskich, przedstawił prof. D. Lamb z Uniwersytetu Chicagowskiego. Tuż po konferencji został wystrzelony satelita Astro-E2, o którym mówili prof. Madejski z Uniwersytetu Stanforda. Pojawiły się też bardzo ciekawe wyniki z istniejących instrumentów. Nazemne teleskopy czerenkowskie, działające w zakresie TeV, pozwalały już nie tylko na detekcję szeregu źródeł, ale też na obrazowanie niektórych obiektów, jak np. pozostałości po wybuchach supernowych. Te wyniki przedstawili prof. Hermann i Mannheim.

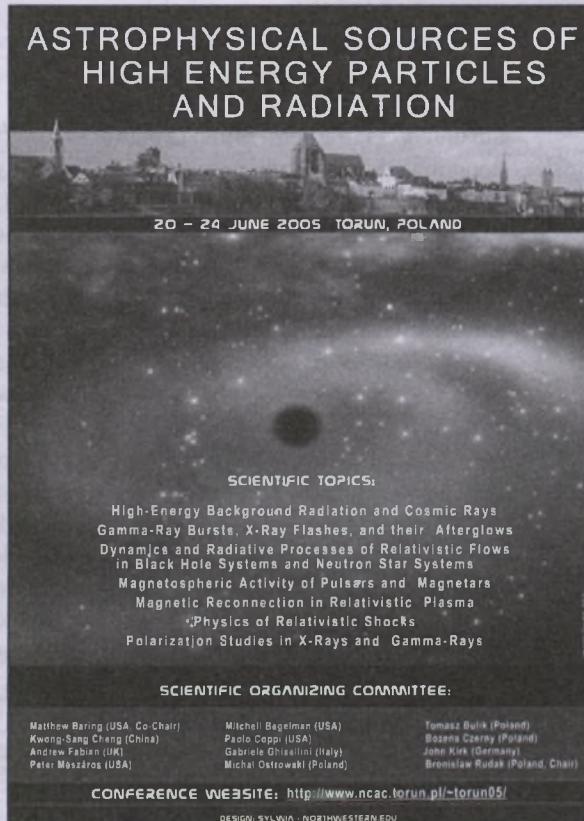
Dalsza część konferencji była podzielona na sesje tematyczne: tło promieniowania i cząstek, błyski gamma, akreujące czarne dziury i gwiazdy neu-

tronowe, pulsary i magnetary oraz mechanizmy przyspieszania cząstek. Referaty przedstawione na konferencji można obejrzeć na stronie internetowej <http://www.ncac.torun.pl/~torun05>. W tym krótkim artykule chciałbym omówić kilka, moim zdaniem szczególnie interesujących prezentacji.

Badania tła rentgenowskiego są prowadzone za pomocą coraz czulszych detektorów. Pozwala to na wykrycie ich źródeł. Okazuje się, że większość tła pochodzi od odległych aktywnych jąder galaktyk. Już teraz jesteśmy przekona-

wacjach, a także o rozwoju modeli teoretycznych tych zjawisk. Dr MacFadyen z Instytutu Studiów Zaawansowanych pokazał nowe wyniki symulacji numerycznych, z których wynika, że zapadaniu się masywnych gwiazd towarzyszą wypływy, które mogą wywołać błyski gamma. Dr Ghirlanda (Uniwersytet w Mediolanie) przedstawił projekt użycia błysków gamma do oceny parametrów kosmologicznych, zaś prof. Hartmann z Uniwersytetu Clemson zaproponował, aby użyć obserwacji błysków gamma do badania historii formacji gwiazd.

W sesji pulsarowej pokazano szereg prac o modelach teoretycznych emisji tych obiektów. Tego typu modelowanie stało się możliwe dzięki rozwojowi szybkich komputerów a także dzięki rozwojowi teorii magnesfer tych obiektów. Jeden z ciekawszych modeli emisji pulsarów powstał w Toruniu w grupie prof. Bronisława Rudaka i dra Jarka Dyksa. Dr Spitkovski z Uniwersytetu Stanforda przedstawił symulacje komputerowe ewolucji pola magnetycznego wokół rotujących gwiazd neutronowych. Na szczególną uwagę zasługuję moim zdaniem badania podwójnego pulsara J0737-3039, o którym mówił dr Possenti z Mediolanu. Ten układ, o którym niedawno też ukazał się artykuł w „Uranii”, stanowi wspaniałe laboratorium dla badania ogólnej teorii względności, magnesfer pulsarów, a jak teraz się okazuje, również dla badań gęstej materii. Dokładne pomiary ruchu orbitalnego już niedługo doprowadzą do pomiaru momentu bezwładności jednego z pulsarów w tym ukła-



ni, że tło poniżej energii 6 keV w całości można przypisać takim obiektom, a bardzo możliwe, że jest tak też i dla wyższych energii.

W sesji poświęconej błyskom gamma dowiedzieliśmy się o nowych obser-

dzie. Wraz ze znaną masą tej gwiazdy neutronowej pozwoli to na poznanie własności gęstej materii jądrowej.

Obserwacje pozostałości po wybuchach supernowych nowoczesnymi instrumentami wysokiej rozdzielczości pozwalają przyjrzeć się obszarom przyspieszania cząstek. O własnościach tych obszarów oraz o ich obserwacjach w promieniach rentgena mówili prof. Luke Drury z Instytutu Studiów Zaawansowa-

nych w Dublinie i prof. Jacco Vink z Holenderskiego Instytutu Badan Kosmicznych.

Konferencja była sponsorowana przez Komitet Badan Naukowych, Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN oraz przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. Jej uczestnicy mieli możliwość zwiedzenia ośrodka UMK w Piwnicach i obejrzenia toruńskiego radioteleskopu.

W Piwnicach odbyło się konferencyjne ognisko. Miejmy nadzieję, że konferencja krakowska sprzed dwóch lat i tegoroczna toruńska będą stanowić początek dłuższej serii spotkań w Polsce astrofizyków wysokich energii z całego świata.

Tomasz Bulik

Wspólne zdjęcie uczestników na II stronie okładki

Mgławice planetarne jako narzędzia do badania Wszechświata

Wdniach od 28 czerwca do 2 lipca trwała w Gdańsku międzynarodowa konferencja pt. „Planetary Nebulae as astronomical tools” zorganizowana przez Grażynę Stasińską z Obserwatorium Paryskiego w Meudon oraz Ryszarda Szczerbę z Centrum Astronomicznego Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Przyjechało ponad 120 astronomów z całego świata: Australii, Belgii, Brazylii, Chile, Czech, Francji, Hiszpanii, Holandii, Izraela, Japonii, Meksyku, Niemiec, Rosji, Serbii, Szwajcarii, Taiwanu, Ukrainy, USA, Wielkiej Brytanii, Włoch i oczywiście kilkanaście osób z Polski. Wśród międzynarodowych gości były takie sławy, jak Howard Bond z ekipy HST, Holland Ford z Uniwersytetu Johns Hopkinsa czy Bruce Balick z Uniwersytetu w Waszyngtonie.

Sam tytuł konferencji sugerował wielotematyczność obrad — rozważano mgławice planetarne jako obiekty testujące teorie ewolucji gwiazd, teorie nukleosyntezy, dostarczające danych do budowania modeli atmosfer gwiazdowych i modeli fotoionizacji. Dzięki mgławicom i ich fascynującym kształtom udaje się testować wiele modeli hydrodynamicznych i magneto-hydrodynamicznych.

W mgławicach obserwujemy ziarna pyłów rodzące się w chłodnych atmo-sferach gwiazd macierzystych.

Są więc to obiekty mogące wiele powiedzieć o ewolucji chemicznej materii galaktycznej. Badając ruchy mgławic wokół innych galaktyk (a poza galaktycznych mgławic planetarnych znamy już setki!) w samych Obłokach Magellana kilkaset!), można wyznaczać masy tych galaktyk —

zmienić poglądy na sposób tworzenia się galaktyk.

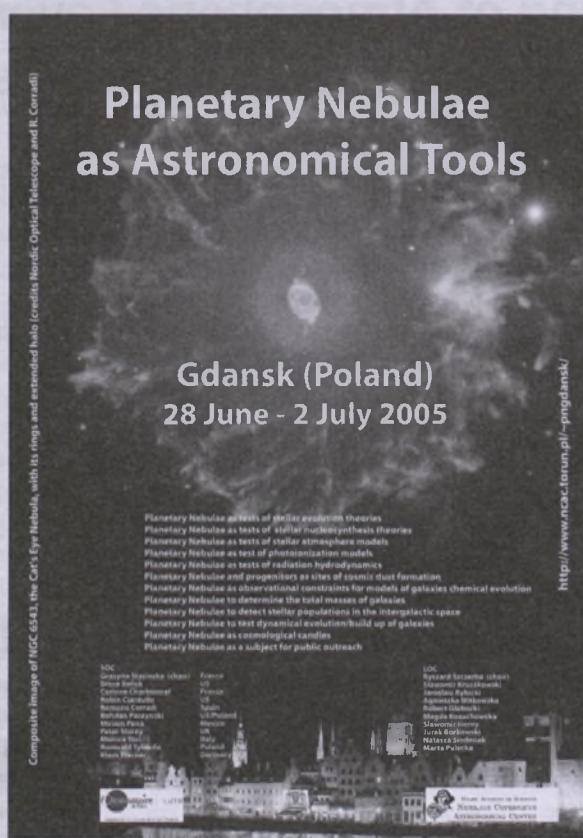
Mgławice stanowią znakomite wskaźniki odległości do dalekich galaktyk, czyli używane są jako „świece kosmiczne”. Mogą też być wykorzystane jako ciekawe, zjawiskowo piękne obiekty służące do popularyzacji astronomii — o czym później.

Konferencji towarzyszyło mnóstwo bardzo sympatycznych imprez: w poniedziałek powitanie przyjęcie w Dworze Artusa, koncert w Akademii Muzycznej we wtorek, grill w ogrodzie Domu Muzyka (gdzie odbywała się konferencja) w środę, w czwartek zwiedzanie Gdańskiego i koncert organowy w Oliwie (a wśród utworów oprócz klasycznej toccaty i fugi D-moll Jana Sebastiana Bacha można było usłyszeć także sonatę... Williama Herschela, odkrywcy Urana!).

Po konferencie było jeszcze góralskie przyjęcie z muzyką w restauracji „Harnaś”, a ostatniego dnia konferencji, w sobotę — pożegnalny koncert kaszubskiego amatorskiego zespołu pieśni i tańca.

Goście byli pod dużym wrażeniem i miło było słyszeć ich liczne, wyłącznie sympatyczne uwagi przed odjazdem.

A naukowo? Bardzo ciekawy był wykład Magdy Arnaboldi z Turynu o formowaniu się gwiazd... między galaktykami, w okolicach gromady Virgo.



służą więc one jako „kosmiczna waga”. Obecność mgławic planetarnych pomiędzy galaktykami oznacza zresztą coś do niedawna zupełnie nieoczekiwane, a mianowicie istnienie gwiazd „niegalaktycznych”. Może to

Howard Bond zasugerował, że być może większość mgławic planetarnych jest wytworzona przez odrzucenie materii z ...układu podwójnego gwiazd na etapie wspólnej otoczki.

Julietta Fierro z Meksyku zrobiła prawdziwy dydaktyczny show, demonstrując, jak wspaniale mgławice planetarne nadają się do popularyzacji astronomii.

Noam Soker z Izraela rozważał możliwości wpływu pola magnetycznego na powstawanie różnych kształtów mgławic planetarnych.

Ważnymi elementami towarzyszącymi konferencji miały być dwa wydarzenia: rozdanie uczniom gdańskich szkół nagród za udział w konkursie artystycznym pt. „Mgławice planetarne — kwiaty kosmicznej łąki” oraz wykład popularnonaukowy na ten sam temat wygłoszony przez Grażynę Stasińską dla szerokiej publiczności z Gdańska: miej-

scowych, wakacyjowiczów, szkół, miłośników astronomii.

Konkurs uczniowski był rozpisany w maju. Zainteresowane dzieci dostały od nauczycieli specjalnie na tę okoliczność przygotowane książeczki, z których mogły się dowiedzieć, czym są mgławice, popatrzeć na ich obrazy i potem mogły po swojemu informacje te wykorzystać artystycznie, malując obrazek, wykonując rzeźbę, jakiś montaż, pisząc poemat. Napłynęły 52 prace w postaci obrazków i jedna prezentacja multimedialna. Wyłoniono laureatów, przygotowano nagrody i... nikt się nie pojawił na uroczystości ogłoszenia wyników.

Na wykładzie też było bardzo mało osób. A przecież to wspaniała okazja, by usłyszeć coś ciekawego! Totalnie zaświodł system informowania społeczeństwa — konferencja prasowa nie spełniła swej roli, media nie popisały się

zupełnie, a potem, pod koniec konferencji, okazało się, że przychodzili miłośnicy astronomii z gdańskiego PTMA, którzy BARDZO CHĘTNIE przyszliby wcześniej, na polskojęzyczne imprezy, ale... nie byli zawiadomieni. Nie wiem, jak takich sytuacji uniknąć w przyszłości, ale był to okropny zgrzyt w doskonałe zorganizowanej konferencji.

Pomysł rozpisania konkursu pochodził od Grażyny Stasińskiej. Mając na głowie całą ogromną konferencję, poświęciła mnóstwo czasu, zapału i pracy, by wszystko wypaliło. Dla nas, polskich astronomów, powinna być według mnie wzorem tego, jak należy uprawiać naukę, nie odcinając się od społeczeństwa. Przeciwnie — popularyzować to, co można i kiedy można. A obrazki gdańskich uczniów przez cały czas konferencji wisiały przed salą wykładową!

Magda Kożuchowska

CAL — Coupling of Atmospheric Layers czyli nowe badania nad elektrycznością atmosferyczną

Związki fizyczne pomiędzy zjawiskami zachodzącymi w atmosferze Ziemi cieszą się od paru lat dużym zainteresowaniem świata naukowego. Być może ta dziedzina badań naukowych nie budzi tak dużych emocji jak np. odkrywanie nowych planet poza układem słonecznym, ale przecież zjawiska zachodzące, nieomal w zasięgu ręki, między troposferą a jonasferą, w atmosferze ziemskiej mają niebagatelny, bezpośredni wpływ na człowieka. Nic więc dziwnego, że od 18 lipca ruszyła kolejna europejska kampania obserwacji pod nazwą: EuroSprite 2005, dotycząca grupy zjawisk zwanych TLEs „Przejściowych Zjawisk Rozbłyskowych”, (ang. *Transient Luminous Events*), do których zaliczamy oryginalnie nazywane: „elfy”, „czerwone sprawy” i „niebieskie dżety”. Kampania obserwacyjna będzie trwać dwa miesiące do 18 września 2005 r. i skupiać uwagę kilku ośrodków naukowych w Europie, m. in. z Danii, Francji, Anglii, Grecji i Polski. Bliższe szczegóły na ten temat można znaleźć pod adresami internetowymi: <http://www.dsri.dk/cal/> oraz: <http://www.eurosprite.net>

Cóż to za tajemnicze zjawiska tak pięknie nazwane? Otóż elfy to koliste zjawiska świetlne w jonasferze, zachodzące na wysokości około 90–100 km nad powierzchnią Ziemi, na pograniczu warstw atmosferycznych mezosfery i termosfery; są to świecenia plazmy wywołane przez impulsy elektromagnetyczne krótkotrwałych, silnych wyładowań zachodzących w niższych warstwach atmosfery.

Czerwone sprawy to wyładowania elektryczne zachodzące na wysokości od 60–90 km nad powierzchnią Ziemi, które powstają skutkiem sporadycznie występujących olbrzymich dodatkowych wyładowań w dolnej stratosferze, ponad chmurami burzowymi.

Niebieskie dżety — to wyładowania zachodzące w stratosferze ponad chmurami burzowymi — cumulonimbusami — na wysokości między 15–40 km.

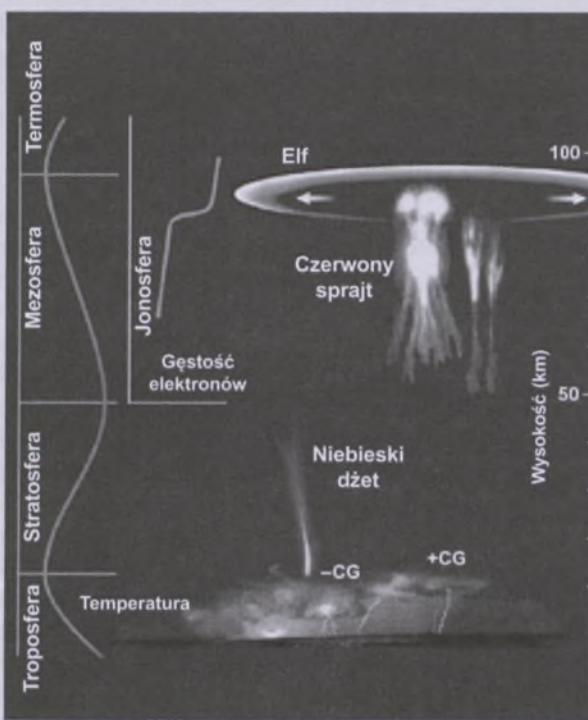
O tych dziwnych, kolorowych zjawiskach donosili już piloci samolotów stratosferycznych (Concorde) czy też astronauci obserwujący Ziemię z pokładów stacji kosmicznych. Dopiero od niedawna postanowiono przyjrzeć się bliżej tym zjawiskom, które mają niebagatelny

wpływ na procesy zachodzące w troposferze, czyli najniższej warstwie naszej atmosfery. Badania te są powiązane bezpośrednio z prowadzonymi od kilkudziesięciu lat przez NASA obserwacjami tzw. Pogody Kosmicznej, która to dziedzina wiąże ze sobą takie nauki, jak: astronomia (heliofizyka), astronautyka, geofizyka czy klimatologia. Wyczerpujące szczegóły na ten temat można znaleźć pod adresem: <http://spaceweather.com/>

Od ponad dekady zespół naukowy z Obserwatorium Astronomicznego UJ prowadzi w Bieszczadach obserwacje naturalnego pola elektromagnetycznego Ziemi w paśmie ELF, czyli pola o ekstremalnie niskiej częstotliwości, w zakresie od 0,03 Hz do 60 Hz i indukcji paru pT (piko Tesli), w tym rezonansów Schumanna. Pole to jest zasilane przez wyładowania atmosferyczne na całej Ziemi. Średnio w czasie burz na Ziemi obserwuje się około 60 piorunów/s. Te elektryczne wyładowania podtrzymują rozchodzące się fale ELF we wewnętrznej rezonansowej, jaką tworzy powierzchnia Ziemi i jonasfera. Pewne częstotliwości (8 Hz, 14 Hz, 22 Hz, 28 Hz, 32 Hz) są

w tej wnęce uprzywilejowane i noszą one nazwę — na cześć ich odkrywcy — rezonansów Schumannna. Obserwacje tych rezonansów, ze względu na ich specyfikę, muszą być prowadzone w „czystej” elektromagnetycznej strefie. Po długiej serii analiz wybraliśmy okolice Bieszczadzkiego Parku Narodowego w Zatwarnicy jako najbardziej sprzyjające takim obserwacjom. Zbudowaliśmy tam stację „Hylaty”, prowadzącą ciągłe pomiary geofizyczne pól elektromagnetycznych ELF. W opublikowanych wynikach naszych obserwacji wykazaliśmy m. in., iż powyższe częstotliwości rezonansowe przestrajają się w zależności od stanu aktywności Słońca.

Obecnie, w ramach grantu Komitetu Badań Naukowych, prowadzimy ciągłe obserwacje pola elektromagnetycznego ELF w dwóch kierunkach, składowych: NS i EW. W dotychczas przeprowadzo-



nich obserwacjach stwierdziliśmy pojawianie się gigantycznych wzbudzeń ziemskiej wnęki rezonansowej (tzw. „Q-bursty”), które, być może, wiążą się ze wspomnianymi a powstającymi na

dużych wysokościach dżetami, sprajtami czy elfami. Problemem powiązanym m. in. i z tymi zjawiskami była poświęcona tegoroczna nasza konferencja naukowa „X Warsztaty Bieszczadzkie” w Dwerniczku. Pewne szczegóły można znaleźć pod adresem: <http://www.oa.uj.edu.pl/konferencje/index.html>

W związku ze zorganizowaną europejską kampanią EuroSprite 2005 obserwacji zjawisk niezwykłych TLEs, postanowiliśmy przyłączyć się do tych badań. Dlatego też od 9 lipca, od godz. 16.50 UT prowadzimy w stacji Hylaty obserwacje non stop pola EM ELF. Liczymy, że w ten sposób przyczynimy się do rozwiązania, przynajmniej niektórych, frapujących zagadek związanych z najbliższym otoczeniem Ziemi i zachodzącymi w nim słabo znany zjawiskami elektrycznymi.

Adam Michalec

Odległe światy — JENAM 2005

JENAM to skrót od angielskiego *Joint European and National Astronomy Meeting*, czyli „Wspólny Europejski i Narodowy Kongres Astronomiczny” organizowany przez Europejskie Towarzystwo Astronomiczne (European Astronomical Society — EAS). Zwoływany jest w latach, w których nie ma, odbywanego co 3 lata, Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej.

Europejskie Towarzystwo Astronomiczne powstało w 1991 r. i postanowiło wypełniać lukę między ogólnosławutowymi Kongresami MUA dla częstszego podsumowywania etapów rozwoju współczesnej, zwłaszcza europejskiej, astronomii. W roku 1993 taki kongres EAS odbył się w Toruniu. Dla pełniejszej integracji astronomii europejskiej, od 1994 r. postanowiono odbywać wspólnie narodowe i europejskie kongresy astronomiczne i nadano im kryptonim JENAM. JENAM 2004 odbył się w Budapeszcie, a JENAM 2005 w Liège w Belgii. W roku przeszły nie będzie kongresu europejskiego, gdyż zaplano-

wano Kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Pradze, w Czechach. Natomiast JENAM 2007 został zaproszony do Azerbejdżanu.

Tegoroczny JENAM odbył się w dniach od 3 do 8 lipca pod ogólnym tytułem „Odległe światy” (Distant Worlds) i składał się z pięciu grup tematycznych, mających odrębne, często równolegle sesje. Oto ich tytuły:

- Astrosejsmologia
- Astrobiologia i eksploracja Systemu Słonecznego
- Kwazary: macierzyste galaktyki i soczewki grawitacyjne
- Nowe technologie dla przyszłych systemów interferometrycznych w astronomii
- Gwiazdy masywne i wysokoenergetyczne emisje w asocjacjach OB.

Ponadto, jeden cały dzień został poświęcony zagadnieniu badań astrobiologicznych w Belgii. Odbywały się też sesje poświęcone nauczaniu i popularizacji astronomii, a bardziej generalnie dyskutowano o tym, jak zachęcić młod-

ych, zdolnych ludzi do uprawiania astrofizyki. Przez przeszło pół dnia dyskutowano na temat europejskiej wizji przyszłego rozwoju astronomii, nowych fundamentalnych instrumentów i projektów badawczych oraz współpracy astronomów kontynentu europejskiego. W sesjach dotyczących interferometrii główne miejsce zajmował europejski program OPTICON i jego bogata oferta wielorakiej współpracy i wymiany astronomów.

W konferencji uczestniczyło przeszło 200 osób (choć nie wszyscy byli razem przez cały okres konferencji), w tym tylko paru zaproszonych Amerykanów, wielu młodych astronomów z Ukrainy, Rumunii, Rosji. Polskę reprezentował tylko jeden uczestnik. Wygłoszono 35 zaproszonych, prawie godzinnych referatów przeglądowych i ok. 100 doniesień o bieżących wynikach badawczych. Przedstawiono ok. 70 posterów. Kongresowi towarzyszyła wystawa prezentująca Europejskie Obserwatorium Południowe ESO i jego wielkie projekty

ALMA i OWL oraz najświeższe rezultaty VLTI — interferometru optycznego opartego na 4 teleskopach 8-m VLT i budowanych w Liege teleskopach pomocniczych. Nie zabrakło też stoiska przybliżającego zebranym bazę danych astronomicznych SINDBAD ze Strasburga i wirtualne obserwatorium astronomiczne. Wieczorami odbywały się wykłady publiczne dla zainteresowanej społeczności lokalnej, imprezy kulturalne i pokazy nieba. Uczestnicy konferencji mieli też okazję zwiedzić Centrum Kosmiczne w Liège, gdzie aktualnie poddawano testom m.in. satelity Corot i Planck.

Pierwszego dnia, tuż przed początkiem obrad, duże poruszenie sprawiło trafienie w kometę Tempel 1 pocisku wystrzelonego z sondy Deep Impact. Media belgijskie bardzo pilnie wyszukiwały francuskojęzycznych uczestników konferencji, aby przeprowadzać z nimi krótkie wywiady. Później, już w czasie konferencji miło było usłyszeć z ust osób odpowiedzialnych za dane misje kosmiczne o wynikach obserwacji i bezpośredniej eksploracji Marsa, o przebiegu i zaskakujących wynikach misji Cassini czy o lądowaniu na Tytanie. Ale jeszcze bardziej fascynujące były raporty o natychmiastowych problemach i kłopotach w realizacji tych misji i sposobach ich pokonywania. A rozważania na temat możliwości powstania i podtrzymywania życia bardzo często graniczyły z fantastyką naukową. Na temat życia we Wszechświecie bardzo mi się podobał wykład belgijskiego laureata Nagrody Nobla w dziedzinie medycyny w roku 1974, profesora Christiana Deduve'a pt. „Chance and necessity” — czy to był przypadek, czy splot okoliczności, który wymusił powstanie życia na Ziemi? Wykład miał charakter filozoficzno-fizjologiczny i w zasadzie pozostawił to pytanie otwarte. Najbardziej odległe światy — kważary — były przedmiotem paru fascynujących referatów przeglądowych. Mnie najbardziej zaciekawił referat Joachima Wambsganssa z Heidelbergu na temat kważarów odkrywanych dzięki zjawisku soczewkowania grawitacyjnego i wniosków, jakie wypływają z ich badań na temat oceny ciemnej materii we Wszechświecie. Ross McLure z Edynburga rozwinął ten temat i poszerzył go

o związki między kważarami a czarnymi dziurami.

Obserwacyjne aspekty astrofizyki w bardzo interesującym wykładzie przedstawił Gerard Handler z Wiednia, a aspekty teoretyczne tej dziedziny badań Eric Michel z Meudon. Nie mogę nie odnotować w tej części konferencji ciekawego i pięknie przedstawionego wykładu Donalda Wayne Kurta na temat „Jak możemy zajrzeć do wnętrza gwiazd?”

Konferencję otwierał bardzo starannie przygotowany referat Iana R. Stevensa z Birmingham (Wielka Brytania) na temat „Promieniowanie X i gamma pojedynczych i podwójnych gwiazd wcześniejszych typów”. Później astrofizyka wysokich energii była dyskutowana na sesjach specjalistycznych.

Ciekawa była sesja poświęcona obecnym i przyszłociowym projektom europejskim. Kosmiczna wizja Europejskiej Agencji Kosmicznej ESA była przedstawiona z jednej strony przez dyrektora programu naukowego ESA D. Southvoda, a z drugiej przez G. Bignamiego, Przewodniczącego Komitetu Doradczonego ESA do Spraw Nauki. Zanosi się na intensywne rozwijanie dotychczas realizowanych projektów, często we współpracy głównie z NASA, ale też i z rosyjską infrastrukturą lotów kosmicznych.

Dalekosieżne plany i perspektywy rozwoju Europejskiego Obserwatorium Południowego przedstawiła dyrektor ESO pani Catharine Cesarsky. Oprócz realizowanego już projektu obserwatorium radioastronomicznego ALMA, ESO angażuje się bardzo silnie w projekt budowy 100 m teleskopu optycznego OWL oraz dalszego doskonalenia i oprzyrządowania teleskopu VLT i VLTI. Ale perspektywy na okres za 15–20 lat wydają się jeszcze niezbyt jasne. Z dużym zainteresowaniem wysłuchałem referatu B. Shustova i Y. Ilyasova z Rosyjskiej Akademii Nauk na temat „Stan obecny i przyszłość (naziemnej i kosmicznej) rosyjskiej astronomii”. Oczywiście perspektywy są świetlane, są duże kompetencje, jest dobry astroklimat, ale brak pieniędzy na realizację ambitnych projektów. Autorzy referatu bardzo chcieli pokazać, że Rosja może być odpowiedzialnym i wartościowym partnerem współpracy europejskiej.

W czasie dyskusji „okrągłego stołu” na temat „Wielkie europejskie projekty astronomiczne: finansowanie, organizacja i zaplecze przemysłowe” udział wzięli: prof. L. Woltjer, były Prezydent Międzynarodowej Unii Astronomicznej, pierwszy prezydent Europejskiego Towarzystwa Astronomicznego i były dyrektor generalny ESO, który prowadził dyskusję, prof. R.M. Bonnet, Prezydent COSPAR-u, były wieloletni dyrektor generalny ESA, prof. H. Butcher, prezydent EAS, dr B. Collin, dyrektor zakładów AMOS, które budują teleskopy pomocnicze VLTI, dr R. Gilmozzi, dyrektor Obserwatorium ESO na Mt Paranal i dr P. Weissenberg, dyrektor ds. badań w Komisji Europejskiej. Oczywiście w takiej dyskusji trudno było oczekiwany wypracowania jakiś generalnych konkluzji i wskazań. Ale ciekawe było już samo wyartykułowanie problemów, o których musimy myśleć i z których musimy sobie zdawać sprawę, snując wielkie plany (a może marzenia?) badawcze. Usłyszenie o nich z ust ludzi niewątpliwie kompetentnych i doświadczonych w realizacji wielkich projektów badawczych było bardzo dobrą lekcją ekonomii badań naukowych i ich technicznych i finansowych uwarunkowań.

Tegoroczna konferencja JENAM wpisała się w cykl organizowanych od lat 40. Kolokwiów Instytutu Astrofizycznego Liege, które odegrały ogromną rolę w rozwoju astronomii drugiej połowy XX w. One też od samego początku odbywają się w tych latach, w których nie zbiera się kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej, ale różnią się od JENAM tym, że były monosematyczne. Inicjatorem tych spotkań naukowych był prof. Pol Swings, znakomity astrofizyk, długoletni dyrektor Instytutu Astrofizycznego w Liege i były Prezydent MUA.

Tegoroczne, już 38, spotkanie organizował syn Profesora, prof. Jean-Pierre Swings i jego uczeń, już profesor Jean Surdej. Jak zwykle w Liege, atmosfera konferencji była bardzo miła i przyjazna spotkaniom i wymianie myśli między uczestnikami, a organizacja wręcz perfekcyjna.

Andrzej Woszczyk

Dziesiąte Warsztaty Bieszczadzkie poświęcone polom EM ELF w astrofizyce i geofizyce

Temat wiodący: wpływ pogody kosmicznej na pola ELF

Warsztaty dyskusyjne — zgodnie już z wieloletnią tradycją w okresie najkrótszych nocy — odbyły się w Dwerniczku na Rusinowej Polanie, w dniach 8–12 czerwca 2005 r. W tym spotkaniu aktywnie uczestniczyło 12 osób z następujących ośrodków naukowych: Akademii Gorniczo-Hutniczej, Centrum Badań Kosmicznych z Warszawy, Politechniki Rzeszowskiej i Obserwatorium Astronomicznego UJ.

Dzięki uprzejmości Państwa Krystyny i Stanisława Rusinów do dyspozycji mieliśmy — jak zwykle — obszerny i niezwykle wygodny pensjonat oraz doskonałe wyżywienie w „Gawrze” — niedawno oddanym do użytku budynku dla potrzeb gości, z możliwością wyświetlania w nim filmów.

Ogółem wysłuchaliśmy 15 krótszych lub dłuższych wykładów z tym, że o niekończących się dyskusjach do późnych, a jakże jasnych nocy, sześć tu nie wspomnę; oto wykładowcy i tytuły zaprezentowanych w kolejności wystąpień:

Andrzej Kułak — Pola ELM na powierzchni Ziemi;

Michał Ostrowski, Zenon Nieckarz — ABC obserwacji pola ELF;

Andrzej Kułak — Dekompozycja pola ELF;

Zenon Nieckarz — Burze i ich rozkład na powierzchni Ziemi;

Michał Ostrowski — Na granice Wszechświata i z powrotem;

Wiesław Macek — Źródło promieniowania radiowego na granicy heliosfery;

Piotr Koperski — Magnetyczne pulsacje Pc5 — Pc3 obserwowane w bliskiej magnesferze i możliwe związki z przyspieszaniem elektronów zorowych;

Janusz Mlynarczyk — Tłumienie fal radiowych ELF w falowodzie Ziemia-jonosfera;

Jerzy Kubisz, Sławomir Klucjasz — Aparatura odbiorcza stacji ELF „Hylaty”;

Andrzej Kułak — Przyszłość obserwatorium pola ELF nad potokiem Hylaty;

Maria Inglot-Siemaszko — Obserwacje składowej poziomej wektora indukcji magnetycznej B w zakresie: 50 Hz, 1-20 Hz i 8-12 Hz w środowisku;

Dawid Owiak — Wpływ stałego, wolnonaziemnego oraz impulsowego pola EM na organizmy żywe i układy biologiczne;

Adam Michalec — Aktywność Słońca w czerwcu 2005 r. a pogoda kosmiczna;

Stanisław Zięba — Krakowska seria obserwacji radiowych Słońca na częstotliwości 810 MHz;

Wiesław Macek — International Heliophysical Year 2007.

Ponadto, dla zrównoważenia posiedzeń, mimo deszczowej pogody, odbyła się wycieczka paru uczestników Spotkań Bieszczadzkich w dolinę potoku Hylatego w Zatwarnicy, do miejsca, gdzie powstała — dzięki grantowi KBN — stacja ciągłych obserwacji naturalnego ziemskiego pola EM ELF.

Czas przeznaczony na spotkanie, zdaniem uczestników, zbyt szybko dobiegł końca, zatem zgodnie doszliśmy do wniosku: do zobaczenia i usłyszenia za rok, w dniach 14–18 czerwca 2006.

Jak przystało na wieloletnią tradycję, Maria Inglot-Siemaszko przedstawiła na zakończenie spotkania swój nowy wiersz:

Jubileusz ELF w Rusinowej Polanie

*Przybyło Rusinom nowe pokolenie,
przybyło budynków i starych żelazek...
jak zwykle — przybyło z Krakowa zrzeszenie
hobbytów (uczonych) ELF-u...
i ich wynalazek!*

*Kolejna antena — sonda magnetyczna,
co czyha na eksces, burzową komórkę
a część jej schowana w ziemiankę magiczną
wysiłkiem Adama razem z panem Jurkiem.*

*Cyferki, wykresy, widma kolorowe
trzymają — jak magnes — sympatyków grona
pytania, sugestie, dyskusje zbiorowe
do „speaków” Andrzeja, Dawida, Zenona...*

*A cała Polana topi się w ulewie
A feta Rocznicy utonęła w pracy
Ach! Brak mi Księżyca wspartego na drzewie
I radość..., że nadal są tacy RODACY!*

Adam Michalec



Uczestnicy X Warsztatów Bieszczadzkich w Dwerniczku na Rusinowej Polanie, przed budynkiem „Gawry”

Dziesiąta planeta?

Media ogłosili niedawno o odkryciu 10. planety naszego Układu Słonecznego. Ma być prawdopodobnie 1,5 raza większa niż Pluton i aż 97 razy bardziej odległa od Słońca niż Ziemia. Czy rzeczywiście możemy mówić o odkryciu kolejnej planety? Czy nie jest to tylko jedno z większych (jeśli nie największe) z ciał tworzących transneptunowy Pas Kuipera?

Ciało, o którym mówimy, to największy obiekt znaleziony w naszym Systemie Słonecznym od odkrycia Plutona 75 lat temu i dlatego zapewne jego odkrywca, Mike Brown, profesor planetologii w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym (Caltech) w Pasadena nazwał go planetą — dziesiątą planetą w naszym Układzie. To bardzo medialnie nośna nazwa odkrycia i dodatkowo przynosząca chwałę NASA, która sponsorowała badania. Dodatkowo, takiej planety poszukiwano od dawna, zwłaszcza w Caltechu, przy pomocy 120 cm teleskopu Schmidta na Mt Palomar. To tym teleskopem, zwanym obecnie teleskopem Samuela Oschyna, który wykonał słynny Palomarski Przegląd Nieba, Mike Brown dokonał swego odkrycia. Obiekt ten zostałauważony przez astronomów już 21 października 2003 r. i nazwany 2003 UB313. Jest tak daleko, że dopiero na początku bieżącego roku, po zakreśnięciu na niebie dostatecznie długiego fragmentu jego drogi, Mike Brown, Chad Trujillo i David Rabinowitz mogli przeanalizować zebrane od momentu odkrycia dane i wyznaczyć orbitę i wielkość tego obiektu. A wyniki swych docekań pośpiesznie ogłosili, bo ktoś włamał się do ich komputera i do ich danych. Nowo odkryte ciało znajduje się w odległości 97 j.a. od Słońca i porusza się po orbicie nachylonej do ekleptyki (czyli płaszczyzny, w której leży orbita Ziemi) pod kątem 45°. Obiega Słońce raz na 557 lat. Jest najdalszym znanym obiektem Układu Słonecznego i trzecim co do jasności ciałem Pasa Kuipera. Przez najbliższe miesiące będzie dostępny do obserwacji przy pomocy dużych amatorskich teleskopów na wschodnim niebie w gwiazdozbiorze Wieloryba. Ma jasność 18,9 mag.

Dużo pracy wymagała od odkrywców ocena wielkości tego ciała. Jedyną metodą jest w tym wypadku wnioskowanie o rozmiarach z analizy blasku. Tu kluczową sprawą jest założenie wielkości albedo (czyli stopnia odbijania światła) i kształtu badanego obiektu. Przy założeniu sferycznego kształtu i albedo podobnego do tego parametru innych planetoid autorzy doszli do wniosku, że nowo odkryty obiekt jest około półtora raza większy od Plutona. Teleskop kosmiczny Spitzera, który odbiera głównie ciepło od ciał niebieskich, nie mógł go dostrzec, a gdyby był dwa razy większy od naszej najdalszej planety, to na pewno by go widział. Nie jest więc nowo odkryty obiekt dwa razy większy od Plutona, jak początkowo przypuszczano.

W każdym bądź razie autorzy odkrycia są przekonani, że 2003UB313 jest wyraźnie większy od Plutona. Wobec tego, wnioskują, przysługuje mu nazwa „planeta”. Inni astronomowie zdecydowanie protestują przeciwko takiej nazwie. Pojęcie „planeta” nie zostało nigdy ścisłe określone. Uważa się, że wystarczająco dobrze określa je zespół cech 9 ciał krążących wokół naszego Słońca. Mają one prawie współplaszczyznowe, stabilne orbity, sferyczny kształt, gęstą lub rzadką atmosferę. A tymczasem nowy obiekt porusza się po orbicie bardzo silnie nachylonej do średniej płaszczyzny orbit planet i nic nie wiemy o jego naturze. Samo określenie, do tego z dużym błędem, wielkości jego średnicy i fakt, że jest ona większa niż średnica Plutona, nie upoważnia jeszcze do zaliczenia go do kategorii planet. Wystarczy dla niego kategoria najbardziej odległego i największego członka rodziny ciał Pasa Kuipera. Tak też uważa znany badacz małych ciał Układu Planetarnego i Dyrektor Centralnego Biura Małych Ciał Układu Słonecznego w Cambridge (USA) Brian Marsden. Więcej szczegółów na <http://orion.pta.edu.pl>

(aw)

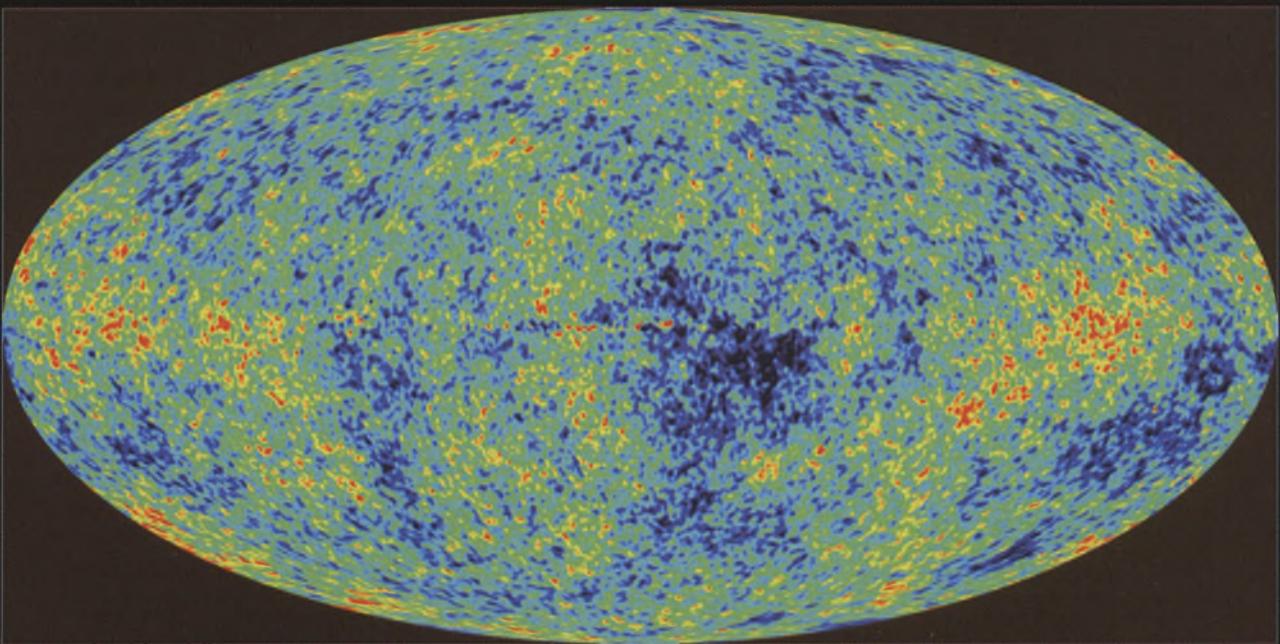
Planeta w układzie potrójnym gwiazd

14 lipca br., w ślad za artykułem w „Nature”, prasę i inne media całego świata obiegła wiadomość o niezwykłym odkryciu planety w układzie potrójnym gwiaz-



dy HD 188753. Gwiazda znajduje się w gwiazdozbiorze Łabędzia w odległości 149 lat św. od Ziemi. Podobna do naszego Słońca, ale nieco masywniejsza gwiazda, określana jako HD 188753A, i dwie bardzo blisko siebie krążące gwiazdy trochę mniejsze od Słońca obiegają wspólny środek ciężkości raz na 29 lat. Te mniejsze gwiazdy tworzą ciasny układ podwójny, którego okres obrotu wynosi 156 dni. Odległość między najmasywniejszą gwiazdą a układem podwójnym jest średnio mniej więcej taka, jak między Słońcem a Saturnem w naszym Układzie Planetarnym, ale na skutek ruchu tych gwiazd po wydłużonej orbicie eliptycznej odległość między nimi okresowo znacznie się zmniejsza, mniej więcej do odległości Jowisza od Słońca. Przypomnijmy sobie, że średnia odległość między gwiazdami w naszej Galaktyce jest taka, że światło od jednej gwiazdy do drugiej biegnie kilka lat. Tu mamy do czynienia z gwiazdami odległymi od siebie o kilkadziesiąt minut światła. Nikt nie spodziewał się, że w takim układzie nie tylko jest miejsce na planetę (a może planety), ale też, że będzie można taki układ rozwikłać i zrozumieć, z czego się składa. A oprócz gwiazd składa się on jeszcze z planety, nazwanej HD 188753Ab, trochę większej od naszego Jowisza i krążącej bardzo blisko największej gwiazdy tego układu, tak blisko, że okres jej obiegu wynosi tylko 3,3 dnia. To odkrycie jest bardzo fascynujące, bo kwestionuje nasze dotychczasowe rozumienie procesu formowania się planet i otwiera na nowo nasze dociekania na ten temat. Ponadto na nowo musimy przemyśleć procesy prowadzące do powstawania systemów planetarnych, w tym naszej Rodziny Słonecznej.

Planety tak wielkie jak Jowisz powstają w ten sposób, że najpierw tworzy się skalisto-metalowe lodowe jądro znacznie większe niż Ziemia, a następnie jądro to siłą swego oddziaływanego grawitacyjnego wychwytuje lekkie gazy ze swego otoczenia, które tworzą gazową otoczka jądra. Ta otoczka stanowi 3/4 masy Jowisza. Trudno sobie wyobrazić, aby w tak bliskiej odległości od gorącej gwiazdy można znaleźć wystarczająco dużo materiału skalnego i lodu, aby mogło z niego powstać wystarczająco duże jądro — może to nastąpić tylko daleko od gwiazdy, gdzie jest znacznie chłodniej. Obliczenia wskazują, że taką granicą jest tzw. granica śniegu, która dla gwiazdy takiej jak Słońce znajduje się przeszło dwa razy dalej niż orbita



Mapa promieniowania mikrofalowego nieba, uzyskana przez sondę kosmiczną WMAP, pokazuje drobne różnice temperatury, tu wyrażone różnymi barwami. Właśnie te fluktuacje są podstawą do rozważań na temat struktury Wszechświata, o czym pisze Bartek Lew w artykule na s.196 tego zeszytu

Galeria Uranii



Zdjęcie wyżej przedstawia złączenie Merkurego z Wenus 27.06.2005 o godz. 21:12 CWE. Wykonane zostało przy pomocy aparatu HP Photosmart 735 w projekcji okularowej teleobiektywu MTO-11 z okularem Plossl 10 mm (ISO 100, 1/60 s). W chwili wykonywania zdjęcia wzajemna odległość planet na niebie wynosiła zaledwie 4,5'

Obok kolejne zdjęcia złączenia Merkurego i Wenus wykonane dzień później 28.06.2005, gdy ich wzajemna separacja wynosiła 20'.

Zdjęcie górnego, wykonane o godzinie 21:58 CWE przy pomocy aparatu HP Photosmart 735 w projekcji okularu 25 mm przy obiektywie Tessar 4,5/300 (ISO 100, 1s). Wysokość planet nad teoretycznym horyzontem wynosiła 2,5°.

Niżej zdjęcie wykonane o godzinie 22:08 CWE przy pomocy aparatu HP Photosmart 735 w projekcji okularowej lornetki Sutter 25×100 (ISO 200, 2s). Wysokość planet nad teoretycznym horyzontem wynosiła 1°.

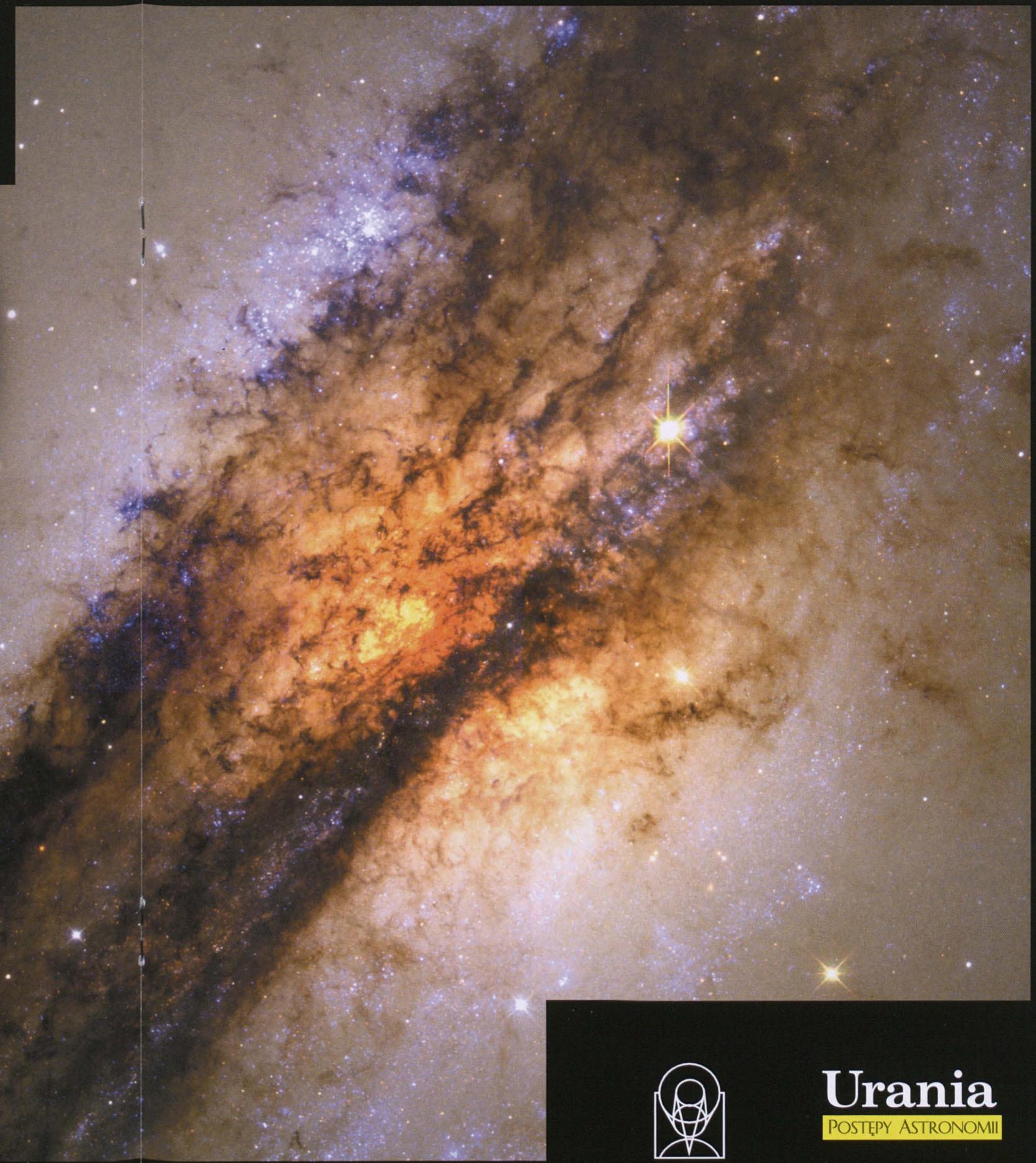
Wszystkie zdjęcia wykonał w Krakowie Tomasz Ściężor



W centrum Centaura A



HST



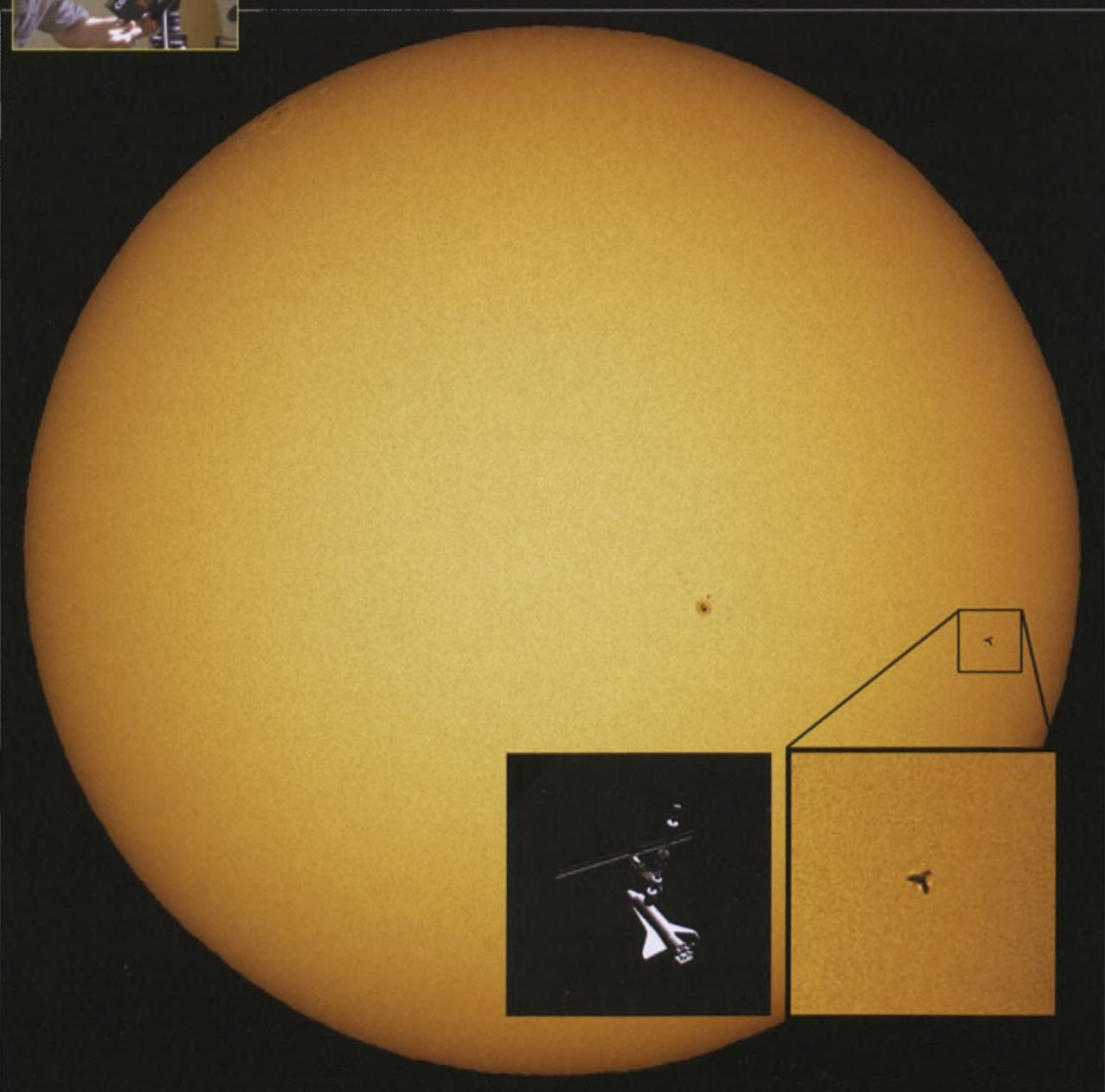
Urania
POSTĘPY ASTRONOMII

Galeria Uranii



Obok prezentujemy zdjęcia Słońca wykonane nowym teleskopem słonecznym firmy CORONADO PST 40/400 w liniach wodoru H-alfa. Zdjęcia wykonane zostały w Dąbrowie Górnictwa przez Dariusza W. Nelle 8 lipca 2005 r., pierwsze o godz. 10.00, drugie o 10.04. Oba wykonane w projekcji okularowej z okularem Plossla $f = 9$ mm, aparatem cyfrowym (z ręki), czas ekspozycji dobierany automatycznie. Widoczne protuberancje słoneczne.

Po lewej, autor zdjęć demonstruje nowy nabytek



Anthony Ayiomamitis z Grecji, którego zdjęcia słoneczne analemm publikowaliśmy w Galerii Uranii-PA w zeszycie nr 3/04, przesyłał nam zdjęcie przedstawiające przejście międzynarodowej stacji kosmicznej ISS z dołączonym do niej promem Discovery przed tarczą słoneczną 28 lipca 2005 r.

Zdjęcie zostało wykonane o godz. 18:06:48 UT w Atenach (współrzędne 38,2997° N, 23,7430° E) za pomocą teleskopu StarFire EDF, Los-mandy G-11 GEM, Baader ND-5 (średnica 160 mm, f/7,5) z filtrem mylarowym. Aparat Canon EOS 300d, czas ekspozycji 1/500 s, film ISO 100. Dołączony obrazek pokazujący usytuowanie stacji i promu podczas tranzytu uzyskany został przy pomocy programu „ISS Simulator”. Więcej informacji można znaleźć na stronie <http://www.perseus.gr/Astro-Sat-Trans-2005-07-28.htm>

Kontakt z autorem możliwy poprzez e-mail: anthony@perseus.gr

Marsa. To zresztą dlatego słoneczne planety olbrzymy leżą daleko od Słońca — dalej niż 5 j.a. Ale wykryto przecież kilkadziesiąt tzw. gorących jowiszu, planet wielkości Jowisza krażących bardzo blisko swych słońc, o podobnych do omawianego przypadku kilkudniowych okresach. Jak się to ma do teorii? Otóż wyjściem z tego kłopotu jest koncepcja, że obecne gorące jowisze powstawały na peryferiach układów planetarnych tych gwiazd, a następnie wędrowały w pobliże swych gwiazd. Takie zjawisko migracji dopuszcza współczesna mechanika nieba. Ale gdzie miały powstać obecny gorący jowisz gwiazdy HD 188573A, gdy jej otoczenie wypełniają jeszcze dwie ciasno ze sobą związane gwiazdy? Nawet gdyby kiedyś był tam dysk protoplanetarny, to i tak zostałby przez nie rozproszony. Czy zatem możliwe jest powstawanie planet olbrzymów bezpośrednio z mgławicy protogwiazdowej w taki sposób, jak powstają gwiazdy? Oto dylematy, jakie otwiera przed astronomami omawiane odkrycie.

Któz jest autorem tego, określonego jako sensacyjne, odkrycia? Media zagrańcze podawały zazwyczaj, że odkrycia dokonał amerykański lub kalifornijski astronom dr M. Konacki, przy pomocy 10-m teleskopu Kecka na Hawajach. Tylko niektóre źródła mówią o odkrywcy jako o Polaku z Ameryki. Nawet w polskiej prasie były na ten temat błędne informacje. Wypada zatem powiedzieć kilka słów na temat autora tego niezwykłego odkrycia. Otóż odkrywcą jest dr Maciej Konacki, absolwent astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Na UMK uzyskał też dokto-

rat w dziedzinie astronomii. Po studiach pracował w Toruńskiej Pracowni Astrofizyki Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN, a po doktoracie odbywał staż doktorski w Kalifornijskim Instytucie Technologicznym w Pasadena (we wrześniu wraca do Torunia na swoje miejsce pracy w CAMK-u). W czasie tego stażu, m.in. wspólnie z astronomami z Centrum Astronomii UMK w Piwnicach, opracował nową metodę poszukiwania planet wokół gwiazd podwójnych i wielokrotnych, która przyniosła mu duże uznanie w środowisku astronomicznym. Te i inne badania nad stabilnością pozasłonecznych układów planetarnych były silnymi argumentami dla uzyskania przez dr Macieja Konackiego stypendiów (modne jest teraz mówienie „grantów”) od Fundacji W.M. Kecka i od NASA dla prowadzenia badań, które przyniosły omówione powyżej odkrycie. A potrzebne kwoty były niebagatelne — w sumie prawie 1,5 min dolarów. Warto też zauważyć, że dr Konacki jest samodzielnym autorem odkrycia pozasłonecznej planety w tak niezwykłym układzie gwiazdowym. I odkrycie to jest efektem świadomego poszukiwania właśnie tam obiektu planetarnego i to przy pomocy stworzonego przez siebie aparatu badawczego. Wszystkie inne odkrycia pozasłonecznych planet przez Polaków były dziełem przypadku, szczęśliwego trafu i były dokonane przez zespoły badawcze, czasem bardzo liczne. W zespole np. prof. A. Udańskiego, który odkrył niedawno planetę znajdującą się daleko od swej gwiazdy i najdalej od nas (patrz U-PA nr 4/2005, s.189) było aż 30 współautorów

Grupa gwiazd o nazwie HD 188753 jest oddalona o 149 lat świetlnych od Ziemi



odkrycia. Najsłynniejszy w Polsce odkrywca pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego wokół pulsara, A. Wolszczan, też miał amerykańskiego współpracownika swego odkrycia (D. A. Fraila, patrz: A. Wolszczan and D. A. Frail, „Nature”, 1992, Vol. 355, s.145), ale jakoś w polskich mediach fakt ten jest ciągle przemilczany. Już teraz mogę zdradzić, że za swoje wcześniejsze prace z lat 2003-2004, dr Maciek Konacki, decyzją specjalnego Jury, został wyróżniony Nagrodą Młodych Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Nagroda ta jest przyznawana od ponad 50 lat, obecnie raz na 2 lata, za najlepsze prace ogłoszone drukiem przez młodych (do 35 lat) polskich astronomów. Została mu uroczyście wręczona na XXXII Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we wrześniu br. we Wrocławiu, a on sam wygłosi wtedy wykład na temat swych badań.

(aw)

na rozkładówce:

W centrum Centaura A

Fantastyczna zbieranina młodych niebieskich gromad gwiazd, gigantyczne, świecące chmury gazu i okazałe ciemne smugi pyłu otaczają centralny region aktywnej galaktyki Centaur A. Ta mozaika zdjęć, wykonanych przez kosmiczny teleskop Hubble'a w kolorach niebieskim, zielonym i czerwonym, została odpowiednio przetworzona tak, aby ukazać w naturalnych kolorach ten kosmiczny obiekt. Podczerwone obrazy z teleskopu Hubble'a pokazały ponadto, że w samym centrum aktywności prawdopodobnie jest schowany dysk materii, spadającej spiralnie na czarną dziurę o masie miliard razy większej od masy Słońca. Sam Centaur A to efekt kolizji dwóch galaktyk, a pozostały po zderzeniu pył jest do teraz pożywieniem dla czarnej dziury. Astronomowie wierzą, że takie wewnętrzne silniki związane z czarną dziurą generują fale radiowe, rentgenowskie i gamma promieniowane przez Centaura A i inne galaktyki aktywne. Centaurus A znajduje się stosunkowo blisko, zaledwie 10 mln lat świetlnych stąd, i jest względnie wygodnym laboratorium do badania tych potężnych źródeł energii.

Fot. E.J. Schreier (STScI) i in., HST, NASA



Jan Kwaśniewicz (1952—2004)

Był rok 1965, gdy z szóstą klasą „podstawówki” trafił do Krakowskiego Planetarium, a stąd do Pracowni Astronomii Pałacu Młodzieży. Rok potem warszawska telewizja zaprosiła Go wraz z kolegą — Jaśkiem Zazulą — by zaprezentowali w audycji dla dzieci własnoręcznie skonstruowane lunetki do obserwacji nieba.

Także w tym roku (1966) obok Sułkiewic na krakowskim Rynku prowadził z kolegami (13—14-latkowie!) pokaz planety Wenus w dzień widocznej bardzo dobrze gołym okiem, a do skonale przez lunetę. Właśnie leciała do niej kolejna sonda „Wenus”. Z ogromnym przejęciem i znajomością rzeczy tłumaczył — m.in. wypytującemu starszemu panu — na specjalnie przygotowanej planszy orbitę i położenie planety oraz tor lotu sondy; nie wiedział, że „Starszy Pan” to dyrektor Instytutu Fizyki i wybitny znawca astronomii — profesor Henryk Niewodniczański, który potem ciepło mówił o tym pokazie.

W latach 1967—1972 organizował wspólnie z kolegami Pracowni doroczne dwudniowe seminaria astronomiczne dla młodzieży licealnej z obszaru krakowskiego Okręgu Szkolnego.

Latem 1968 r. na szkoleniowo-obserwacyjnym obozie Pracowni w Beskidach zaczął wykonywać już „prawdziwe” obserwacje astronomiczne gwiazd zmiennych i meteorów; potem kontynuował je w Stacji Astronomicznej PTMA w Niepołomicach (obecnie Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne).

Po maturze zaczął z kolegami z Pracowni studiować fizykę, inni matematykę na Uniwersytecie Jagiellońskim, ale astronomia pozostała mu najbliższa. Współorganizował więc z kolega-

mi samochodową wyprawę Pracowni Astronomii Pałacu Młodzieży z Krakowa przez Gibraltar i Saharę do Nigru na obserwację całkowitego zatmienia Słońca 30 czerwca 1973 r. Astronomii uczył, gdy był nauczycielem fizyki w liceum (1977—1978).

Potem pracował w Zakładzie Elektronicznej Techniki Obliczeniowej, skąd przejęto go PTMA na stanowisko dyrektora biura Zarządu Głównego naszego Towarzystwa. Oczywiście od razu zaproponował — przy zgodzie i udziale ówczesnego skarbnika Zarządu Głównego mgr inż. Leszka Marszałka — reorganizację biura, zamieniając stare maszyny do pisania i klasyczną papierową kartotekę na technikę maszyn elektronicznych.

Biurem Zarządu Głównego PTMA kierował w latach 1979—1984, współorganizując także merytoryczną działalność Towarzystwa: Walne Zjazdy, konferencje i seminaria naukowe, obozy szkoleniowo-obserwacyjne itp.

W tym czasie (1983—1984) prowadził eksperymentalną osiedlową Dostrzegalnię Astronomiczną w Krakowie na Kozłówce, założoną z inicjatywy ówczesnego doktora, obecnie profesora Jerzego M. Kreinera. Z młodymi uczestnikami tej placówki zorganizował wyprawę — co prawda bardziej turystyczną niż obserwacyjną — w góry Pirinu na Bałkanach. Młodzież „astronomicznej” pozostał wierny także w harcerstwie, gdzie po odejściu z PTMA odbudował i uruchomił ośrodek ZHP w Suchych Rzekach w Bieszczadach, zostając jego komendantem w latach 1984—1985. Poznawanie nieba i jego obserwacje były tam stałym elementem zajęć obozowych.

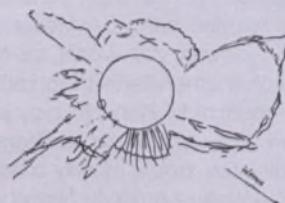
Od 1985 r. pracował w „Biprostału”, potem od 1989 r. poświęcił się samodzielnnej działalności gospodar-

czej. Astronomiczne zainteresowania pozostały mu jednak na stałe; brał żywy udział w różnych imprezach, sam prowadził prelekcje.

Od paru lat ustaliły się — w ostatni poniedziałek każdego miesiąca — koleżeńsko-dyskusyjne spotkania w celu wymiany doświadczeń naukowych. Janek wnosił do nich aktualne i cenne — bo nie etatowego uczonego — spojrzenie także z życia gospodarczego.

Wiedzieliśmy, że w ostatni poniedziałek października 2004 r. nie przyjdzie. Był już bardzo chory. W przedzień, w niedzielę, odwiedziło go trzech spośród „starych” jego przyjaciół — teraz profesorowie matematyki, fizyki i astronomii. Pożegnał się z nimi. Nazajutrz — 25 października — odszedł od nas na zawsze.

Maciej M. Mazur



Kraków, 24 czerwca 2005
Klub Astronomiczny PTMA
w Niepołomicach
Jan Kwaśniewicz (1952—2004)



Jan Palt (1923—2005)

Wiątek, 24 czerwca 2005 r., po długotrwałej chorobie zmarł wieloletni pracownik Planetarium Śląskiego Jan Palt.

Jan Palt urodził się przed wojną, 23 czerwca 1923 r. w Dębie — najstarszej dzielnicy Katowic. Tam też chodził do Szkoły Podstawowej im. Karola Miarki.

Naukę kontynuował w renomowanym Gimnazjum im. Adama Mickiewicza w Katowicach. W 1939 r. wybuch wojny zmuszał kol. Jana do przerwania na-

uki. Drastycznie zmienia się sytuacja materialna rodziny, gdyż Jego ojciec, jako były uczestnik powstań śląskich, zostaje aresztowany, a po zwolnieniu z aresztu zmuszony do ciężkiej pracy w kopalni. Jego syna Jana w czerwcu 1940 r. wysłano na prace przymusowe do Niemiec. Po powrocie w 1941 r. Jan Palt podejmuje pracę w hurtowni chemicznej. Życiorys ojca znowu daje o sobie znać w 1942 r., kiedy to zostaje przymusowo wcielony do armii okupanta i we wrześniu 1943 r. zostaje ciężko ranny na południu Włoch. Po wymianie ciężko rannych jeńców wraca do kraju w 1944 r. Rana leczy się, ale ślad wojny pozostaje do końca życia — traci lewą rękę. Ponownie podejmuje pracę w hurtowni chemicznej. Kończy *Studium Drogistowskie* i kolejno awansuje na księgowego, starszego księgowego i kierownika finansowego.

O straszliwych przeżyciach wojennych pomaga Mu zapomnieć astronomia, która pozostaje Jego pasją do końca życia. Kiedy telefonicznie rozmawiałem z Nim na tydzień przed śmiercią, nie chciał mówić o swojej chorobie, a wypytywał o stan zawansowania prac nad teleskopem budowanym w Śląskim Oddziale PTMA.

Do PTMA wstępuje jako 26-letni młodzieniec i od początku należy do aktywnych członków Towarzystwa. Wgłębia się w literaturę astronomiczną i jako samouk dochodzi do dużej wiedzy w tej dziedzinie nauki, ciągle ją uzupełniając. W drodze intensywnego samokształcenia szczególnie kształtuje swoje umiejętności w zakresie szlifowania szkieł i budowy teleskopów. Pamiętam, z jakim zapałem opowiadał o opanowaniu metody cieniowej do sprawdzania jakości wykonywanych przez siebie luster.

Swoją wiedzą i umiejętnościami entuzjastycznie dzieli z innymi. Jednym z pierwszych wykonanych przez siebie teleskopów organizuje pokazy nieba we własnym ogródzie. Setki takich pokazów przeprowadza w latach 1952—1956. Informacje o pokazach są zamieszczane w „Urani”.

Pierwsze pismo angażujące Jana Palta do pracy w Planetarium Śląskim nosi datę 1.04.1957 r. i od tego czasu pracował kol. Jan bez przerwy aż do 31 mar-

ca 2000 r. W początkowym okresie swojego zatrudnienia organizuje w Planetarium dla młodzieży szkolnej kurs szlifowania szkieł. Miał już wtedy dużą praktykę w prowadzeniu takiego kursu, gdyż wcześniej prowadził kursy w Gliwicach, Rydułtowach i w Katowicach — w Pałacu Młodzieży. W tym czasie na rynku brak było gotowych instrumentów astronomicznych. W zasadzie jedynym sposobem dojścia do własnego teleskopu było wtedy wykonanie go sposobem amatorskim. Działalność Jana Palta była więc skwapliwie wykorzystywana przez wielu amatorów. W czasie wycieczki do Planetarium Śląskiego kontakt z Janem Paltem miał również Jacek Uniwersał, dzisiejszy właściciel firmy instrumentów astronomicznych. Przyznaje, że pierwsze kroki w szlifowaniu luster stawały pod okiem Jana Palta.



W ramach prowadzonej przez siebie sekcji instrumentalnej Śląskiego Oddziału PTMA niemal w każdą sobotę i niedzielę prowadził konsultacje dla wszystkich członków i sympatyków Towarzystwa, którzy podejmowali się amatorskiego wykonania teleskopu. Cierpliwie tłumaczył każdemu tajniki dobrzej szlifierki i sprawdzania końcowych wyników. Radził również, jak wykonać montaż teleskopu, dzieląc się własnymi przemyśleniami i dużą własną praktyką. Dzięki tej konsekwentnej pracy kilkunastu amatorów doszło do własnych instrumentów, którymi do dzisiaj się posługują. Wielokrotnie też pomagał uczniom szkół zawodowych w wykonywaniu prac dyplomowych dotyczących teleskopów.

Na koncie Pana Jana są dziesiątki skonstruowanych mniejszych i więk-

szych teleskopów oraz duża liczba szkieł optycznych. Jan Palt wykonał ponad 100 różnych elementów optycznych, głównie zwierciadeł — obiektywów teleskopów, w tym prawie 10 obiektywów o średnicy 350 mm. Ma również w swym wspaniałym dorobku wykonanie kilkunastu kompletnych teleskopów. Do dzisiaj korzystają z nich liczni amatorzy i amatorskie organizacje astronomiczne. Swoimi doświadczeniami kolega Jan Palt podzielił się w cyklu 6 artykułów o amatorskiej budowie teleskopów, opublikowanych wspólnie z pracownikiem Planetarium Śląskiego mgr Markiem Szczepańskim w „Młodym Techniku” (1-6/1988).

W Planetarium Śląskim Jan Palt był profesjonalnym popularyzatorem i nauczycielem astronomii. W obserwatorium astronomicznym z entuzjazmem opowiadał każdemu zwiedzającemu o astronomii. Szczególnie zapalał się, gdy pytano o obserwacje astronomiczne. Każdy, kto wychodził z obserwatorium astronomicznego, był pod wielkim urokiem Jana Palta — zawsze uśmiechniętego, pogodnego, starającego się do końca wyjaśnić postawiony w pytaniu problem. Do dzisiaj w obserwatorium astronomicznym Planetarium Śląskiego padają pytania o tego wspaniałego popularyzatora astronomii. Dowodem uznania Jego pracy były nagrody dyrektora placówki i kuratora, a ze strony Towarzystwa — Złota Honorowa Odznaka PTMA.

Pan Jan pozostałe w trwałej pamięci wszystkich Jego współpracowników. Gdy zaczynali pracę w planetarium, słuchali Jego rad i z podziwem dowiadowali się o Jego prostych, a jednak wystarczająco dokładnych, sposobach obliczania wielu danych ułatwiających przygotowanie i przeprowadzenie obserwacji astronomicznych. Gdy Mu jeszcze sił starało, nigdy nie odmawiał kolegom z pracy wykonania dla nich teleskopu po kosztach materiałowych. Wielu z nich posiada taką piękną pamiątkę po Janie Palcie.

W poniedziałek 27 czerwca pożegnaliśmy naszego wspaniałego Kolegę i niezawodnego Przyjaciela — legendę Planetarium Śląskiego. Nigdy Go nie zapomnimy.

Henryk Chrupała

XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

19-23 września 2005, Wrocław

W imieniu Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Lokalnego Komitetu Organizacyjnego gorąco zapraszamy wszystkich członków i sympatyków Towarzystwa do wzięcia udziału w Zjeździe.

Informacje ogólne

XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego odbędzie się w dniach 19-23 września 2005 r. we Wrocławiu. Oficjalna strona Zjazdu, na której można znaleźć wszystkie aktualne informacje, znajduje się pod adresem: <http://www.astro.uni.wroc.pl/zjazd>

Ośrodek konferencyjny

Impreza odbędzie się w Ośrodku Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy im. prof. Jana Rosnera. Ośrodek mieści się przy ul. Kopernika 5, na obrzeżach Parku Szczytnickiego, nieopodal Instytutu Astronomicznego.

Główna sala obrad (sala kongresowa) liczy 200 miejsc i jest wszechstronnie wyposażona (klimatyzacja, nagłośnienie, rzutnik multimedialny + laptop, rzutnik slajdów, rzutnik folii, stałe łącze internetowe). Do dyspozycji uczestników Zjazdu będzie również sala komputerowa posiadająca 10 stanowisk pracy i sala, w której będą prezentowane posterysty.

Tuż obok budynku szkoleniowego znajduje się hotel „Park” dysponujący 110 miejscami w dwupokojowych, dwupiętrowych modułach z łazienkami. Pokoje są 1 lub 2-osobowe. Cena jednego noclegu ze śniadaniem 90 zł. W hotelu znajdują się również: restauracja, kawiarnia, sauna i siłownia. Ceny: obiad 24 zł, kolacja 18 zł.

Walne Zebranie

Walne Zebranie PTA odbędzie się w czwartek 22 IX w godzinach 15:00-18:30 w sali kongresowej ośrodka konferencyjnego.

Program naukowy

Zaplanowanych zostało 5 plenarnych sesji naukowych:

Sesja I we wtorek 20 IX godz. 13:30-15:00.

T. Jarzębowski — Pierwsze powojenne lata wrocławskiej astronomii.

J. Włodarczyk — Astronomia w dawnym Wrocławiu.

K. Rudnicki — Włodzimierz Zonn.

Sesja II we wtorek 20 IX godz. 16:00-19:30. Asterosejsmologia.

P. Moskalik — Nonradial Modes in Classical Pulsators.

M. Breger — Delta Scuti Pulsators: Solved and Unsolved.

G. Handler — temat zostanie podany później.

A. Pigulski — Searching for Main-Sequence Pulsators in Massive Photomtries.

C. de Jager — Solar Influence on Climate.

J.L. Culhane — Coronal Mass Ejections: Launch Conditions and Arrival at Earth.

J.C. Brown — Energetic Electrons in Solar Flares.

H.S. Hudson — Solar Flares in the New Millennium.

J. Jakimiec — Models of Solar Flares.

J. Sylwester — Space Solar Research in Wrocław — Past and Present.

Sesja V w czwartek godz. 9:00-12:30.

Poza laureatem Nagrody Młodych PTA referaty wygłoszą:

M. Banaszkiewicz — Sonda Huygens na powierzchni Tytana.

J. Davies — OPTICON.

A. Zdziarski — Astrofizyka wysokich energii: INTEGRAL i inne kosmiczne obserwatoria.

K. Chyży — Pola magnetyczne w galaktykach.

M. Sarna — SALT — nowe horyzonty. Sesje II i IV będą wygłoszone w całości w języku angielskim. Streszczenia referatów można znaleźć na internetowej stronie Zjazdu.

Zapraszamy wszystkich uczestników Zjazdu do prezentacji swoich osiągnięć na posterach. Można je zgłaszać do LKO w terminie do 31 sierpnia br. Mogą być przygotowane w języku polskim lub angielskim. Informacja o zgłoszonych posterach będzie się sukcesywnie pojawiała na internetowej stronie Zjazdu. Każdy autor będzie miał do dyspozycji powierzchnię o wymiarach $1,0 \times 1,0$ m. W czwartek 22 IX w godz. 12:30-13:30 odbędzie się sesja plakatowa.

Imprezy towarzyszące

Wieczorem w poniedziałek 19 IX odbędzie się nieformalne spotkanie towarzyskie na terenie Instytutu Astronomicznego.

W czwartek 22 IX po Walnym Zebraniu PTA odbędzie się koncert kameralny w Oratorium Marianum w gmachu głównym Uniwersytetu Wrocławskiego. Po koncercie zapraszamy na bankiet, który odbędzie się na Wieży Matematycznej. Tutaj właśnie znajdowało się pierwsze uniwersyteckie obserwatorium astronomiczne we Wrocławiu.



A.A. Pamiątki — Pulsating B-type Stars: Effects of Stellar Opacity and Chemical Composition.

W. Dziembowski — Multimode Stellar Pulsation.

Sesja III w środę 21 IX godz. 9:00-12:30. Będzie poświęcona dorobkowi naukowemu prof. Bohdana Paczyńskiego w związku z nadaniem Mu godności członka honorowego PTA i tytułu doktora honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego.

J. Ziolkowski — Wkład Bohdana Paczyńskiego w teorię ewolucji gwiazd.

B. Czerny — Dyski akrecyjne tuż przy horyzoncie czarnej dziury.

A. Udalski — Czternaście lat projektu OGLE.

M. Jaroszyński — Mikrosoczewkowanie i poszukiwanie planet.

G. Pojmański — temat zostanie podany później.

P. Haensel — Gdzie i jak powstają kosmiczne błęski gamma.

Sesja IV w środę 21 IX godz. 14:00-17:30. Heliofizyka.

Z tarasu wieży można będzie podziwiać jedyną w swoim rodzaju panoramę Wrocławia.

W piątek 23 IX proponujemy alternatywnie trzy imprezy:

wyjazd do Obserwatorium Astronomicznego w Białkowie,
zwiedzanie zabytków Wrocławia wraz z przewodnikiem,
udział w wykładach wygłoszonych przez uczestników Zjazdu dla mieszkańców Wrocławia w ramach VIII Dolnośląskiego Festiwalu Nauki:

J. Smak — Astronomiczne zagadki piramid egipskich;
P. Moskalik — Dlaczego Rosjanie nie polecieli na Księżyca;
S. Bajtlik — Kształt Wszechświata;
J.C. Brown — Black Holes and White Rabbits.

Opłaty, możliwość dofinansowania

Opłata konferencyjna została skalkulowana na 150 zł. Organizatorzy zabiegają o pozyskanie dodatkowych środków i obniżenie tej kwoty.

Zachęcamy do ubiegania się o delegacje służbowe w macierzystych instytucjach. Fundusze Towarzystwa będą zarezerwowane dla tych, którzy nie dysponują żadnymi innymi możliwościami dofinansowania. Doktoranci ze studiów astronomicznych uczestniczący w Zjeździe otrzymają wsparcie z Fundacji Astronomii Polskiej.

Rejestracja

Chęć uczestnictwa w Zjeździe prosimy zgłaszać bezpośrednio w postaci elektronicznej na internetowej stronie Zjazdu.

Lokalny Komitet Organizacyjny

Tworzą go: Barbara Cader-Sroka, Robert Falewicz, Joanna Kwiatkowska, Andrzej Pigulski, Paweł Preś, Paweł Rudawy, Elżbieta Szuszakiewicz, Michał Tomczak (przewodniczący), Ewa Wójtowicz.

Kontakt

Lokalny Komitet Organizacyjny XXXII Zjazdu PTA
Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego
ul. Kopernika 11, 51-622 Wrocław
tel. /48 71/ 372 93 74
fax. /48 71/ 372 93 78
e-mail: lko@astro.uni.wroc.pl
lub tomczak@astro.uni.wroc.pl

Prezes PTA prof. Andrzej Woszczyk

Przewodniczący LKO
prof. Michał Tomczak

galeria obiektów NGC

NGC 2419

α (J2000)	07 ^h 38,6 ^m
δ (J2000)	+38° 53'
Gwiazdozbiór	Rys
Typ	Gromada kulista
Jasność fotograficzna	10,4
Jasność wizualna	10,3
Jasność absolutna M _V	-9,6
Rozmiar	4,1'
Odległość	81 kpc
Pędkość radialna	-20 km/s

To jedna z najbardziej interesujących gromad kulistych, chociażby z tego względu, że z powodu jej wielkiej odległości tak do końca nie można być pewnym, czy jest to na pewno gromada należąca do naszej Galaktyki. Stąd też nazwa, jaką otrzymała: międzygalaktyczny wędrowiec. Została odkryta przez Williama Herschela 31 grudnia 1788 r. i oznaczona przez niego jako H I.218. Nie rozpoznał jej jednak jako gromady kulistej. W katalogu Dreyera opis jej jest następujący: „dość jasna, dość duża, lekko wydłużona, wyraźnie jaśniejąca ku środkowi, gwiazda 7-8 wielkości w odległości 4' na kącie pozycyjnym 267°”.

Gromada ta jest niezwykle trudna do zobaczenia w teleskopie o średnicy mniejszej niż 15 cm nawet przy patrzeniu nie wprost — zerkaniu. Dostrzeżenie jej ułatwia fakt, że dwie dość jasne gwiazdy 7 wielkości, tj.: SAO 60229 i SAO 60232, są ustawione z nią prawie na jednej linii, a druga z nich jest w odległości tylko 4' kątowych na zachód od gromady. Nawet teleskopach o średnicy 20-40 cm widać ją (tylko zerkaając!) jako bardzo słabą, rozmytą i trochę nieregularną plamkę światła. Przez jeszcze większy teleskop można dostrzec ovalne, słabo skoncentrowane jądro gromady i nieregularną

w kształcie otoczkę, na tle której świeci kilka gwiazd naszej Galaktyki. Jednak rozróżnić wizualnie poszczególne gwiazdy gromady jest niebyvale trudno, nawet używając największych możliwych powiększeń.

Gromada znajduje się na niebie w miejscu leżącym prawie naprzeciw centrum Galaktyki. W tej okolicy występuje bardzo niewiele gromad kulistych. W większości są to gromady zewnętrznego halo Drogi Mlecznej i do niego zalicza się też NGC 2419. Gromada ta znajduje się w odległości prawie dwa razy większej od środka Galaktyki niż Wielki Obłok Magellana. Jest więc obiektem, o którym można by sądzić, że jest „zagubioną” przez jakąś galaktykę gromadą kulistą. Jednak analiza jej składu chemicznego, budowy, wieku, położenia i prędkości względem Drogi Mlecznej przemawia raczej za tym, że powstała ona wraz z nią i jest wciąż



Fot. Digital Sky Survey

z nią związana grawitacyjnie. Jest więc jedną z najdalszych znanych gromad kulistych naszej Galaktyki — dodam tutaj, że obecnie najdalszą znaną jest gromada ESO 201-10, odkryta w 1975 r., o jasności wizualnej 15,5 mag., która znajduje się w odległości aż 120 kpc! Jednak jak na gromadę zewnętrznego halo jest ona pod pewnymi względami bardzo nietypowa. Jest bardzo jasna — czwarta pod względem jasności absolutnej spośród gromad Drogi Mlecznej po Omega Centaurii, NGC 6388 i M54 — ponadto ma bardzo małą metaliczność, a na diagramie kolor—jasność jej gwiazdy układają się w sposób typowy dla jasnych, ubogich w metale gromad kulistych znajdujących się znacznie bliżej środka Galaktyki: M92 i M15. Z drugiej strony jej budowa jest typowa dla gromad zewnętrznego halo: ma duże rozmiary i niski stopień koncentracji gwiazd w kierunku jądra.

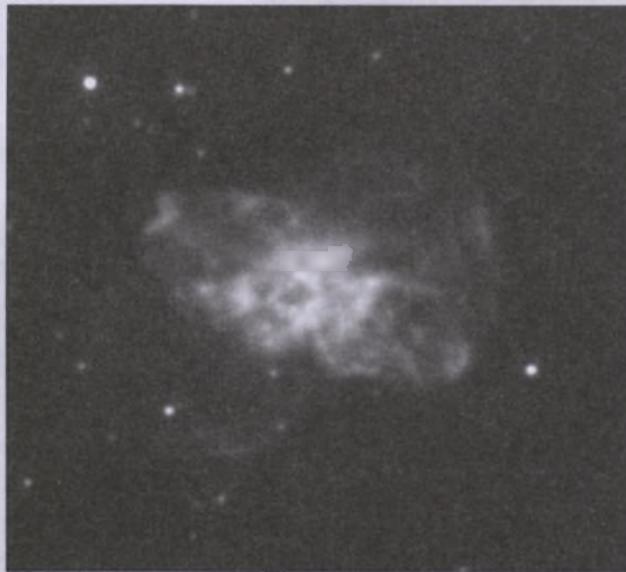
Wiek tej gromady jest bardzo podobny do wieku M92 (około 12-14 mld) oraz wieku innych gromad zewnętrznego halo. Dlatego obecnie przeważa pogląd, że cała populacja gromad kulistych naszej Galaktyki powstała w jednym epi-zodzie aktywności gwiazdotwórczej trwającym co najwyżej 1 mld lat. Gromada ta ogrywa również ważną rolę w analizach dynamiki naszej Galaktyki i ocen jej masy zawartej w promieniu 90 kpc, licząc od jądra. Analizy takie wykorzystują newtonowską interpretację przyczyn ruchów obiektów w halo Galaktyki i pokazują, że masa Galaktyki rośnie niemal liniowo z odległością aż do odległości 100 kpc, a zawarta w takim obszarze masa powinna wynosić 1200 mld mas Słońca, z czego zdecydowana większość — 90% — to niewidoczna optycznie (i w innych zakresach promienowania elektromagnetycznego) tzw. ciemna materia.

NGC 2440

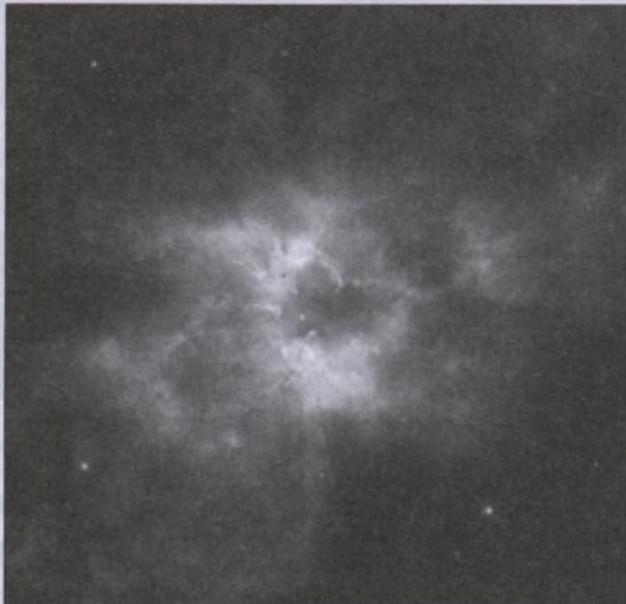
α (J2000)	07 ^h 41,9 ^m
δ (J2000)	-18° 13'
Gwiazdozbiór	Rufa
Typ	Mgławica planetarna
Jasność fotograficzna	10,8
Jasność wizualna	9,4
Jasność absolutna M_V	-1,4
Rozmiar	54"× 22"
Odgłosć	1,3 kpc
Prędkość radialna	+63 km/s

William Herschel odkrył tę intrigującą mgławicę planetarną w 1790 r. i skatalogował ją pod numerem H IV.64. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „mgławica planetarna, znacząco jasna, niezbyt dobrze określona”. Mgławica jest stosunkowo jasna i można ją dostrzec przez 10 cm teleskop nawet na podmiejskim niebie. Przy powiększeniu około 100 razy wygląda jak maleńki, niebieskawy oval przypominający nieostną gwiazdę. Znaczniejsze powiększenie ujawnia nie-regularny, wydłużony wygląd mgławicy i jej jaśniejszy środek — patrz rysunek zamieszczony obok. Mgławica ta dobrze „znosi” bardzo duże powiększenia; ponadto jej zobaczenie ułatwia użycie filtra OIII. Przez duży teleskop o średnicy większej niż 40 cm można zauważać w jej środku mały, ciemny obszar znajdujący się pomiędzy dwoma jaśniejszymi obszarami mgławicy, od którego odchodzą na zewnątrz mgławicy delikatne włókna. Gwiazda centralna o jasności 17,5 mag. może być zauważona jedynie na zdjęciach wykonanych wielkimi teleskopami.

Mgławica ta wzbudza duże zainteresowanie astronomów z dwóch powodów. Po pierwsze do świecenia pobudza ją bardzo gorąca gwiazda o temperaturze około 200 tys. K — jest to jedno z najgorętszych znanych jąder mgławic planetarnych. Po drugie, nietypowy, nieregularny kształt przypomina trochę mgławicę Krab — patrz zdjęcie pochodzące z teleskopu Hubble'a. Sugeruje on znacznie bardziej skomplikowany (czy może gwałtowny) sposób odrzucenia materii przez centralną gwiazdę, niż ma to miejsce w typowych mgławicach planetarnych, gdzie mniej lub bardziej ciągły wypływ masy z centralnej gwiazdy tworzy charakterystyczne, regularne i, w dużej części, symetryczne struktury. Część astronomów tłumaczy strukturę mgławicy jako efekt okre-



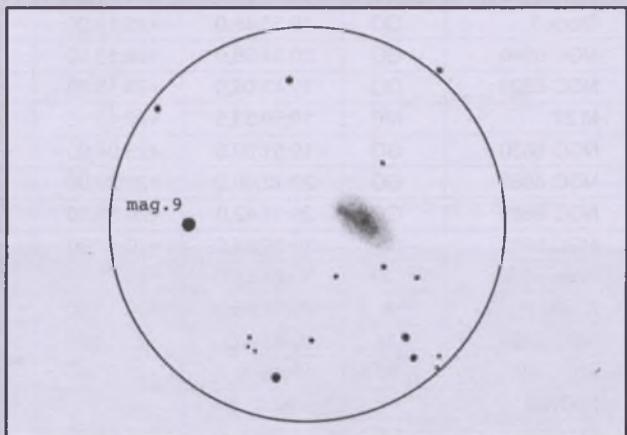
Zdjęcie mgławicy wykonane 60-cm naziemnym teleskopem



Zdjęcie wykonane teleskopem Hubble'a. Skala zdjęć i zakresy długosci fal, w jakich wykonano te dwa zdjęcia, są różne

sowych, biegunowych wypływów materii następujących w różnych kierunkach a nie, jak to na ogół ma miejsce, w jednym. Jako przyczynę zmian kierunków wypływu postuluje się istnienie dysku wokół jądra mgławicy, który podlega precesji lub też to, że jądro mgławicy jest układem podwójnym.

Obecnie model budowy mgławicy zakłada, że składa się ona z dwóch podłużnych i splecionych ze sobą struktur o odmiennej orientacji przestrzennej. Wewnętrzna struktura rozszerza się z prędkością około 22 km/s, zewnętrzna struktura z nieco mniejszą prędkością około 18 km/s, a cała mgławica jest zanurzona w wielkim, chłodnym obłoku gazu widocznym tylko w podczerwieni. Widma tej mgławicy należą do najbogatszych w linie emisjne wśród wszystkich znanych mgławic planetarnych. W obrębie mgławicy można rozróżnić kilka stref obejmujących obszary o bardzo różnym stopniu wzbudzenia atomów gazu. Analiza stopni wzbudzenia takich zjonizowanych atomów jak NII, SII, OIII w różnych obszarach NGC 2440 prowadzi do zaskakującego spostrzeżenia: różne obszary mgławicy różnią się znacznie temperaturami (wzbudzeniowymi), a zmiany te następują prawie skokowo. Wyznaczenia tych temperatur leżą w granicach od 10 tys. K do 22 tys. K, a dla mgławicy jako całości przyjmuje się temperaturę około 14,5 tys. K. Zjawisko to tłumaczy się na dwa sposoby: albo w obrębie mgławicy istnieją małe struktury o rozmiarach mniejszych niż rozdzielcość kątowa dzisiejszych obserwacji, mające odmienne parametry fizyczne, albo modele fizyczne, na których się opieramy, wyznaczając temperatury, wymagają rewizji.



Rysunek mgławicy wykonany przez 40-cm teleskop przy użyciu filtra OIII i powiększeniu 318x

NGC 2539

α (J2000)	08 ^h 10,6 ^m
δ (J2000)	-12° 49'
Gwiazdozbiór	Rufa
Typ	Gromada spiralna
Jasność fotograficzna	7,1
Jasność wizualna	6,5
Jasność absolutna M _V	-3,9
Rozmiar	21'
Odległość	1,2 kpc
Pędkość radialna	—

Gromada ta została odkryta przez Williama Herschela i oznacona jako H VII.11. Oto jej opis z katalogu Dreyera: „gromada, bardzo rozległa, bogata w gwiazdy, słabo skoncentrowana, gwiazdy od 11 do 13 mag”. Gromada jest jasna, dość luźna i znajduje się zaledwie około 10' na północny zachód od jasnej gwiazdy 19 Puppis (jasność 4,7 mag. nie należy do gromady). Żeby ją zobaczyć, wystarczy mały teleskop albo zwykła lornetka — widzimy ją wtedy jako mglistą plamkę. Zawiera około 50 jaśniejszych gwiazd, jednak by je wszystkie zobaczyć, trzeba dysponować około 20–25 cm teleskopem.

NGC 2539 jest zaliczona do nieco zaawansowanych wiekowo gromad typu Hiad. Wiek gromady jest szacowany na około 630 mln lat. Obserwacje CCD wykonane 1 m teleskopem w ESO pokazują, że gromada zawiera o wiele więcej gwiazd, około 200, z których większość ma jasność poniżej 13 mag. Najjaśniejsze gwiazdy w gromadzie to olbrzymy typu G, K i M, natomiast najgorętsze są gwiazdy ciągu głównego typu A. Łączna masa gromady wynosi około 400 mas Słońca. Na jej tle świeci stosunkowo niewiele gwiazd nam bliższych, co jest jednym z powodów (obok niskiej ekstynkcji międzygwiazdowej w jej kierunku), dla których wybiera

się tę gromadę do testowania modeli ewolucyjnych gwiazd. W przypadku tej gromady modele te nie są w stanie dokładnie odtworzyć obserwowanego diagramu H-R (jeden z diagramów używanych powszechnie przy badaniu ewolucji gwiazd). Możliwa interpretacja zakłada, że pewne parametry teorii ewolucji gwiazd (np. parametr skali mieszanina materii wewnętrz gwiazdy) mogą być zmienne w zależności od masy gwiazdy i jej składu chemicznego w zakresie dużo większym niż się do tej pory uważało.

Dariusz Graczyk



NGC 2539

Interesujące obiekty: Lisek, Lutnia, Łabędź

Obiekt	Rodzaj Obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary Kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
LISEK							
Collinder 399	GO	19:25:24,0	+20:11:00	3,6	60'		
Stock 1	GO	19:35:48,0	+25:13:00	5,3	60'	40–60/8–15×	40–70/135–500
NGC 6940	GO	20:34:36,0	+28:18:00	6,3	31'		
NGC 6823	GO	19:43:06,0	+23:18:00	7,1	12'		
M 27	MP	19:59:33,5	+22:43:15	7,3	8,0'×5,7'	50–70/8–20×	40–70/135–500
NGC 6830	GO	19:51:00,0	+23:04:00	7,9	12'		
NGC 6885	GO	20:12:00,0	+26:29:00	8,1	7'		
NGC 6882	GO	20:11:42,0	+26:33:00	8,1	18'	60–90/40–80×	60–80/1500
NGC 6802	GO	19:30:36,0	+20:16:00	8,8	3,2'		
Roslund 4	GO	20:04:54,0	+29:13:00	10,0	5'	100/60–100×	80–100/1500
IC 4954	M	20:04:48,0	+29:15:00		25'		
NGC 6820	M	19:42:42,0	+23:12:00		40'×30'		40–70/135–500
Sh2 – 88	M	19:46:00,0	+25:20:00		18'×6'		
LUTNIA							
Steph 1	GO	18:53:30,0	+36:55:00	3,8	20'	40–60/8–15×	40–70/135–500
M 56	GK	19:16:35,5	+30:11:05	8,3	7,1'	60–90/40–80×	60–80/1500
M 57	MP	18:53:33,4	+33:01:48	9,0	1,4'×1,0'	70–90/40–80×	60–80/2000
NGC 6791	GO	19:20:42,0	+37:51:00	9,5	16'	80–100/40–80×	60–80/1200
NGC 6703	G	18:47:19,0	+45:33:03	11,3	2,7'×2,5'	150–200/100×	150–200/2000
ŁABĘDŹ							
M 39	GO	21:32:12,0	+48:26:00	4,6	32'		
NGC 6871	GO	20:05:54,0	+35:47:00	5,2	20'	40–60/8–15×	40–70/135–500
Collinder 419	GO	20:18:06,0	+40:43:00	5,4	4,5'	40–60/30–60×	40–70/135–500
Biurakan 2	GO	20:09:12,0	+35:29:00	6,3	13'		
M 29	GO	20:23:54,0	+38:32:00	6,6	7'		
NGC 6811	GO	19:38:12,0	+46:34:00	6,8	13'	40–60/10–30×	40–70/300–1000
NGC 7063	GO	21:24:24,0	+36:30:00	7,0	8'		
NGC 7082	GO	21:29:24,0	+47:05:00	7,2	25'	50–70/10–15×	50–80/135–500
NGC 6819	GO	19:41:18,0	+40:11:00	7,3	5'		
IC 4996	GO	20:16:30,0	+37:38:00	7,3	6'	50–70/10–30×	60–80/1000
NGC 6910	GO	20:23:06,0	+40:47:00	7,4	8'		
NGC 7039	GO	21:11:12,0	+45:39:00	7,6	25'	50–80/10–15×	50–80/135–500
NGC 6866	GO	20:03:42,0	+44:00:00	7,6	7'		
Basel 6	GO	20:06:48,0	+38:21:00	7,7	14'		
NGC 6834	GO	19:52:12,0	+29:25:00	7,8	5'	50–80/15–40×	60–80/300–1000
Berkeley 86	GO	20:20:24,0	+38:42:00	7,9	8'		
NGC 6883	GO	20:11:18,0	+35:51:00	8,0	15'		
NGC 7062	GO	21:23:12,0	+46:23:00	8,3	7'		
NGC 7086	GO	21:30:30,0	+51:35:00	8,4	9'	60–90/40–80×	60–80/300–1000
Collinder 428	GO	21:03:12,0	+44:35:00	8,7	14'		
NGC 6826	MP	19:44:51,0	+50:31:20	8,8	27"×24"	100/150–200×	150–200/4000
IC 1369	GO	21:12:06,0	+47:44:00	8,8	4'		
NGC 7031	GO	21:07:18,0	+50:50:00	9,1	5'	60–100/40–80×	60–80/500–1500
vdBergh 130	GO	20:17:42,0	+39:19:00	9,3	6'		
NGC 7027	MP	21:07:04,1	+42:14:07	9,6	18"×11"		
PK64 + 5,1	MP	19:34:45,7	+30:30:38	9,6	5"	150/200–250×	250/5000
NGC 7218	GO	21:44:00,0	+53:43:00	9,7	3,1'		
NGC 7067	GO	21:24:12,0	+48:01:00	9,7	3'		
IC 5146	M	21:53:24,0	+47:14:00	10,0	9'	80–120/60–90×	80–100/1500
NGC 6996	GO	20:56:24,0	+45:28:00	10,0	7'		
Collinder 421	GO	20:23:18,0	+41:42:00	10,1	6'		
NGC 7048	MP	21:14:11,4	+46:16:28	11,0	1,0'×0,8'	200/80–120×	100–150/2000

NGC 7013	G	21:03:33,2	+29:53:47	11,3	5,2'×1,6'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 6857	MP	20:01:49,5	+33:32:24	11,4	40"	200/100–150×	250/2000–4000
NGC 6764	G	19:08:16,7	+50:55:54	11,9	2,3'×1,4'	200–250/120×	200–250/2000
IC 5070	M	20:50:48,0	+44:00:00		80'×70'		
IC 5068	M	20:50:48,0	+42:23:00		35'×100'		40–70/58–300
NGC 7000	M	20:58:30,0	+44:33:00		175'×110'		
NGC 6914	M	20:26:06,0	+42:00:00		35'×12'		
NGC 6888	M	20:12:12,0	+38:20:00		20'×10'		
IC 1340	M	20:56:12,0	+31:04:00		25'×20'		
NGC 6960	M	20:45:36,0	+30:43:00		70'×6'		
Sh2 – 115	M	20:34:30,0	+46:52:00		30'×20'		
Sh2 – 91	M	19:35:36,0	+29:37:00		120'×2'		

G – galaktyka, GO – gromada otwarta, GK – gromada kulista, M – mgławica, MP – mgławica planetarna

Wiesław Skórzyński

rozmaitości**Planetoida
z dwoma księżykami**

Planetoida 87 Sylwia, tak nazwana na cześć mitologicznej matki fundatorów Rzymu Romulusa i Remusa, okazała się bardzo szczęśliwą „matką” dwóch satelitów. Jeden z nich mierzy 7 km i obiega Sylwię raz na 33 godz. w odległości 710 km, a drugi ma „średnicę” 18 km i kraży wokół swej planetki w czasie 87,6 godz. w odległości 1360 km. Ten większy satelita został odkryty już w 2001 r. przez Mike'a Browna i Jean-Luca Margot z Caltechu w Pasadenie, natomiast mniejszy, bardziej wewnętrzny, satelita został świeżo (2005 r.) odkryty przy pomocy jednego z 8-m teleskopów VLT na Mt. Paranal przez Francka Marchis z Berkeley wraz ze współpracownikami z Paryża. Oba satelity poruszają się po orbicie prawie kołowej ruchem prostym i w płaszczyźnie równikowej planetki. Frank Marchis uważa, że system ma wspólnie pocho-



Artystyczna wizja Sylwii i jej księżyków — od lewej Romulus, Sylwia i Remus. Foto ESO

dzenie: centralna planetka powstała z połączenia (można powiedzieć sklejenia) wskutek wzajemnych zderzeń) szeregu fragmentów gruzu i lodu międzyplanetarnego i następnie swym oddziaływaniem grawitacyjnym wychwyciła dwa inne kawałki gruzu znajdujące się w pobliżu. Ten scenariusz zgadza się z tym, co wiemy o Sylwie. Jej średnia gęstość wynosi tylko $1,2 \text{ g/cm}^3$. Ta mała gęstość wskazuje, że planetka jest zlepkiem skał i lodu, a wolne przestrzenie w tym konglomeracie mogą sięgać nawet 60% objętości.

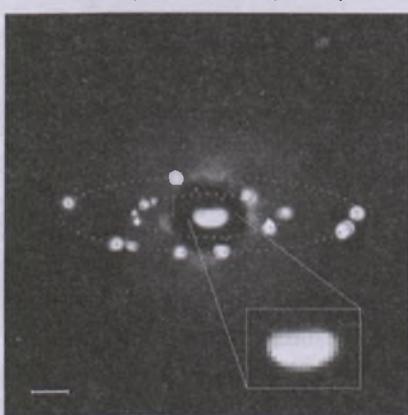
Obecnie Międzynarodowa Unia Astronomiczna zaakceptowała nazwanie tych satelitów imionami fundatorów Rzymu: Romulus, ten większy, zewnętrzny i Remus, ten mniejszy.

Planetoida Sylwia została odkryta w Obserwatorium w Madrasie 16 maja 1866 r. przez „rzadowego astronoma” Normana R. Pogsona. Była wtedy 87 znaną planetoidą. Na propozycję Johanna Herschela odkrywca nadał jej imię, pod którym jest znana do dziś. Jest jed-

nym z większych obiektów krążących wokół Słońca między orbitami Marsa i Jowisza. Jej średnia odległość od Słońca wynosi 3,5 jednostek astronomicznych, a kształtem przypomina nieregularny, bardzo wydłużony ziemniak: $380 \times 260 \times 230 \text{ km}$. Obraca się wokół własnej osi bardzo szybko — wykonuje 1 obrót w ciągu 5 godz. i 11 min.

Sonda Galileo, w czasie przelotu w pobliżu planetoidy 243 Ida w roku 1993, odkryła wokół niej małyksiężyca nazwany Daktylem. Jego rozmiar nie przekracza 1 km. Od tego czasu astronomowie odkryli 12 satelitów wokół planetoid należących do różnych grup tych ciał. Odkryto księżyce wokół planetoid przechodzących blisko Ziemi, planetoid z głównego ich pasa między orbitami Marsa i Jowisza i planetoid należących do Pasa Kuipera. Sądz się, że wiele innych planetoid też może posiadać swoje satelity. 87 Sylwia jest jedynym (na razie?) przypadkiem planetoidy z dwoma księżykami.

(aw)

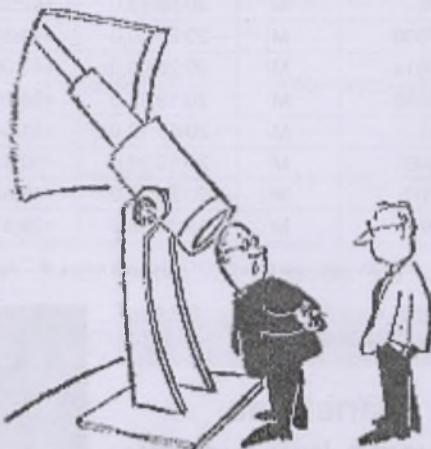


Nałożone na siebie zdjęcia planetoidy Sylwii z 9 różnych nocy, uzyskane przy pomocy 8,2 m teleskopu Yepun na Mt Paranal pokazują wyraźne orbity księżyków tej planetki. W środku wydłużony obraz planetki. Rozmiar zdjęcia: 2 sekundy łuku. Foto ESO

Wszechświat na różnych długościach fal

Dość powszechnie wyobrażenie pracy astronoma można przedstawić następująco: astronom patrzy przez bardzo dużą rurę (prawdopodobnie jest to teleskop) i opowiada (lub opisuje), co zobaczył. Niekiedy też wykonuje zdjęcia obserwowanych obiektów.

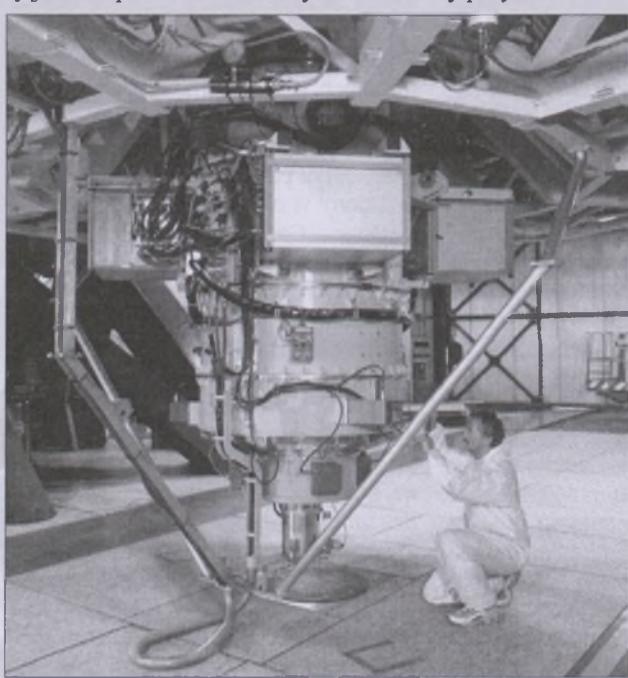
Tymczasem prawda jest zupełnie inna. I byłoby bardzo dobrze, gdyby nauczanie astronomii choć w części zmieniło to wyobrażenie. Po pierwsze obserwacje często są prowadzone w zakresach widma elektromagnetycznego niewidocznych dla naszych oczu. Po drugie ze współczesnych obserwatoriów astronom jest często usuwany, aby wydzielane przez niego ciepło nie zakłócało pracy teleskopu (astronom kontroluje pracę teleskopu na monitorze zwykle w budynku bardzo odległym od kopuły teleskopu). Po trzecie większość informacji, jakie astronomowie uzyskują o badanych obiektach, pochodzi z analizy promieniowania przez różne, często bardzo wyspecjalizowane przyrządy. Najważniejsze z nich to spektrografy (rys. 1) i fotometry [1], [2] [3]. Gettysburg College opracował świetne programy (freeware) symulujące pracę astronoma przy uzyskiwaniu widm gwiazd i ich fotometrii [4], [5]. Są to analizy z reguły bardzo niewielkich ilości promieniowania elektromagnetycznego (światła, podczerwieni, promieniowania rentgenowskiego, fal radiowych), jakie docierają do tych instrumentów. O jak małą ilość promieniowania tu chodzi, spróbujmy sobie wyobrazić na następującym przykładzie. Oświetlenie powierzchni Ziemi przez Księżyc w pełni to ok. 0,2 luksa. Oświetlenie przez gwiazdę pierwszej wielkości (najjaśniejsze z gwiazd widocznych na niebie) to w przybliżeniu 0,000 001 luksa. A astronomowie muszą obserwować (i obserwują) obiekty jeszcze ponad miliard razy słabsze! Inny przykład. Ener-



- Nie uwierzysz, ale Księżyc wyraźnie się oddalił...

gia odebrana przez wszystkie radioteleskopy świata od początku ich działania jest mniejsza od energii, jaką zużyjesz na podniesienie tego czasopisma na wysokość 50 cm! Niektóre detektory (używane zamiast oka, które tego nie potrafi), np. detektor CCD [6], mają zdolność akumulacji odbieranego promieniowania, zatem dzięki długoczasowemu naświetlaniu mogą zarejestrować obiekty, których oko nie zobaczy przez największy teleskop. Muszą też pamiętać, że w odbieranym promieniowaniu są zakodowane informacje nie tylko o obiektach je wysyłających, ale też o ośrodku, przez który ono wędrowało w drodze do Ziemi. Jakkolwiek często się mówi o „pustce kosmicznej”, w rzeczywistości prawdziwej pustki nigdzie nie ma. Wszędzie mamy do czynienia z bardzo rozrzedzonym gazem, a niekiedy również pyłem. Ponadto na rozchodzące się promieniowanie mają też wpływ pola magnetyczne i grawitacyjne. Nie zawsze jest łatwo odpowiedzieć na pytanie, w jakim stopniu własności promieniowania zostały zmodyfikowane przez ośrodek.

Od niepamiętnych czasów do początków XVII w. jedynym detektorem odbieranego promieniowania było oko i jeszcze długo nim pozostało mimo „uzbrojenia” go w lornetkę. A to oznacza, że obserwacje były prowadzone jedynie w niewielkim wycinku promieniowania, w zakresie widzialnym. Pierwsze obserwacje wykazujące promieniowanie Słońca w podczerwieni zawdzięczamy Williamowi Herschelowi* (1738–1822) — rys. 2. W wyniku swych obserwacji wykonanych w 1800 r. doszedł on do wniosku, że termometr umieszczony poza czerwonym krańcem widma wykazuje promieniowanie cieplne Słońca (rys. 3). Doświadczenie Herschela możemy pokazać uczniom,



Rys. 1

* Przypomnijmy, że rodzina Herschelów wywodzi się z Heršpic w pobliżu Sławkowa (Austerlitz) pod Brnem na Morawach, które jego dziad Abraham Jelinek-Hirschel musiał jako protestant opuścić. W końcu jego rodzina (1757) osiedliła się w Anglii [7].

wykorzystując termometr z poczernionym zbiorniczkiem rtęci [8].

W 1801 r. Johann Wilhelm Ritter (1776–1810) wykrył ultrafioletowe promieniowanie Słońca. W swoim doświadczeniu wykorzystał chlorek srebra (AgCl) naniesiony na papier. Więcej informacji o doświadczeniu znajdziemy pod adresem [9] oraz w języku czeskim [10].

Promieniowanie radioowe z pozaziemskich źródeł zarejestrował jako pierwszy amerykański astronom amator Karol Jansky (również o czeskim rodowodzie) a pierwsze „kosmiczne” promieniowanie gamma satelita Eksplor 1 w 1967 r. Najwcześniej, bezpośrednio po II wojnie światowej, astronomowie zaczęli wykorzystywać zakres radiowy. W pozostałych „niewidocznych” zakresach promieniowania systematyczne obserwacje rozpoczęły się znacznie później. Spowodowane to było własnościami naszej atmosfery, która przepuszcza do nas promieniowanie tylko w dwóch oknach: radiowym i optycznym (rys. 4). W 1968 r. wprowadzono na orbitę satelitę OAO-2 wyposażonego w teleskop pracujący w zakresie ultrafioletowym, w 1970 satelitę SAS-1 odbierającego promieniowanie rentgenowskie, w tym samym roku satelitę z detektorem promieniowania gamma i wreszcie w 1983 satelitę IRAS odbierającego promieniowanie podczerwone. Wcześniej prowadzono też sporadyczne obserwacje, głównie w niektórych pasmach podczerwieni, teleskopami umieszczonymi wysoko w górach, w gondolach balonów, na pokładach samolotów i wystrzeliwanych rakiet. Obserwacje w oknie optycznym też są mocno zniekształcone przez atmosferę, stąd umieszczenie na orbicie w 1990 r. teleskopu Hubble'a.

Zauważmy jeszcze, że pojedyncza obserwacja jakiegoś obiektu na niebie daje bardzo niewiele albo zgoła nic. Wartość mają obserwacje tego samego obiektu prowadzone przez dłuższy czas lub zrobione w tym samym czasie, ale w różnych zakresach widma. Najlepiej, jeśli są prowadzone długo i na różnych zakresach. Uzasadnimy to na paru przykładach.

Plamy słoneczne zaobserwował przez lunetę w 1610 r. Galileusz (choć możemy znaleźć o nich wzmianki w kronikach chińskich i japońskich, a także w pismach Teofraста z Aten). Obserwował je skrupulatnie Scheiner w latach 1610–1612. Wreszcie, po obserwacjach trwających 27 lat, H. Schwabe w 1853 r. ogłasza wykrycie 11-letniego cyklu aktywności słonecznej. Istnieją podejrzenia, że na ten cykl nakłada się drugi, ok. 80-letni. Jednak nie mamy na to pewnego dowodu. Za krótko obserwujemy naszą gwiazdę dzienną.

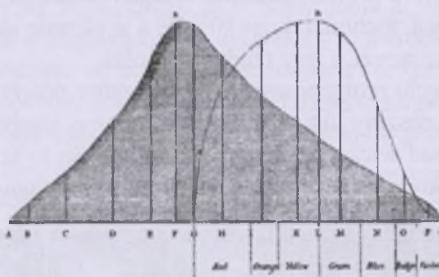
W 1967 r. amerykański satelita (przeznaczony nie do obserwacji nieba, a wykrywania prób z bronią termojądrową) zarejestrował silny błąsk promieniowania gamma. Wkrótce rejestracji takich było więcej i zorientowano się,



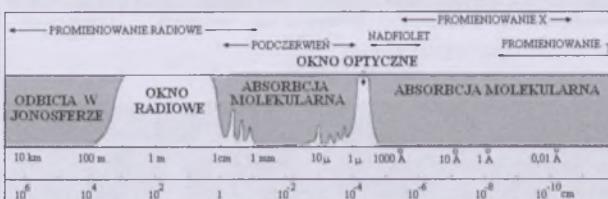
Rys. 2

że błyski pochodzą z Kosmosu. Trwają one od 0,1 s do 3 s i niosą kwanty γ o energii 0,2–1,5 MeV. Aby podjąć próbę ich wyjaśnienia, należało wiedzieć, skąd one pochodzą. Nie udawało się to przez ponad 30 lat! W 1991 r. satelita GRO po trzyletniej pracy zlokalizował na niebie ok. 1000 błysków (rys. 5). Ich równomierne rozłożenie na niebie wskazuje, że są one generowane w obiektach położonych daleko poza naszą Galaktyką (jednak nie wyklucza, że pochodzą one np. z halo galaktycznego). Dopiero w 1999 r. udało się powiązać błysk γ z obiektem optycznym. Pozwoliło to na określenie odległości do źródła błysku. Odległość oka-

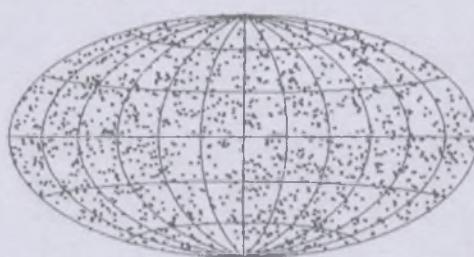
zała się bardzo duża, jak mówią astronomowie — kosmologiczna. Teraz czas na astronomów teoretyków, czas na zbudowanie modelu tak potężnego wybuchu, opierając się na znanych prawach fizyki (astronom musi być bardzo dobrym fizykiem!). Oczywiście każdy model będzie tylko hipotezą do czasu obserwacyjnego potwierdzenia jego poprawności. Większość modeli tworzonych przez astronomów to zestawy kilku równań, najczęściej różniczkowych (astronom musi być również dobrym matematykiem!). Astronomowie od dawna posługują się matematycznym modelem Słońca. Jednak jego poprawność została sprawdzona nie tak dawno. Na początku lat 80. zaobserwowano



Rys. 3



Rys. 4



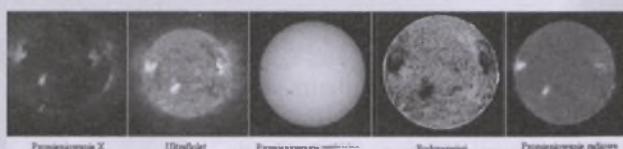
Rys. 5

szereg drobnych oscylacji jego powierzchni. Dzięki nim mogli, wykorzystując metody sejsmologii, zbadać wnętrze Słońca. Np. różnice między obliczoną w oparciu o model gęstością [11] Słońca na różnych głębokościach a gęstościami wyznaczonymi z obserwacji oscylacji nie przekraczają nigdzie 3%!

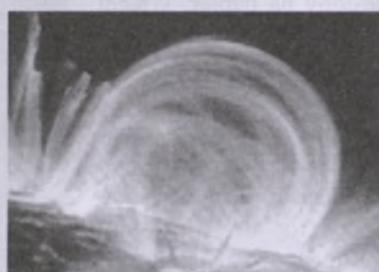
Wróćmy teraz do „obrazów” nieba uzyskiwanych w niewidocznych dla oka zakresach długości fal. Zaczniemy od Słońca (rys. 6). Prezentujemy tu czarno-białe miniatury kolorowych zdjęć, które można ściągnąć z witryn [12], [13], [14] i [15]. Musimy tu podkreślić, że barwy na tych zdjęciach są sztuczne, wprowadzone dla zwiększenia ich czytelności. Zasady ich wprowadzania są różne. Najczęściej obszarom, z których dochodzi najsielniejsze promieniowanie z danego zakresu, przypisuje się barwę białą, słabszym czerwoną, a obszarom promieniuującym najsłabiej niebieską. Jeden z takich pięknych, barwnych obrazów (w rzeczywistości uzyskany w ultrafiolecie) prezentujemy na rys. 7. Widzimy tu strugi gorącej plazmy (pętle koronalne) uformowane przez pole magnetyczne.

Pozyczególne zdjęcia pokazują różne warstwy atmosfery Słońca i zachodzące w nich zjawiska. W zakresie rentgenowskim widzimy gorącą koronę, zewnętrzną warstwę słonecznej atmosfery. Promieniowanie rentgenowskie Słońca było zaskoczeniem, bowiem ciała promieniujące w tym zakresie powinny mieć temperaturę wyższą niż $\sim 3 \cdot (10^5 - 10^8)$ K, a wiadomo było, że temperatura powierzchni Słońca jest rzędu 5800 K. Promieniowanie rentgenowskie wskazuje natomiast temperaturę korony rzędu $2 \cdot 10^6$ K. Moc promieniowania rentgenowskiego spokojnego Słońca dochodzi do $\sim 10^{20}$ W, a w okresie aktywności wzrasta nawet o trzy rzędy wielkości.

Na zdjęciu rentgenowskim dostrzegamy potężne erupcje, jasne obszary aktywne o podwyższonej temperaturze z reguły nad większymi obszarami plam. Są to tzw. kondensacje koronalne formowane przez pola magnetyczne



Rys. 6



Rys. 7

nad obszarami aktywnymi. Dobrze widoczne pętle koronalne zawierają bardzo gorącą plazmę.

Zdjęcie w ultrafiolecie pokazuje głębsze warstwy słonecznej atmosfery. W zakresie widzialnym widzimy fotosferę i niewielkie grupy ciemniejszych plam (obszary o temperaturze obniżonej aż o 1500 K). Z kolei zdjęcie w podczerwieni eksponuje duże, ciemne obszary chłodnej i gęstej plazmy, w których podczerwien jest silnie absorbowana. W zakresie radiowym uzyskujemy informacje o średnich warstwach atmosfery.

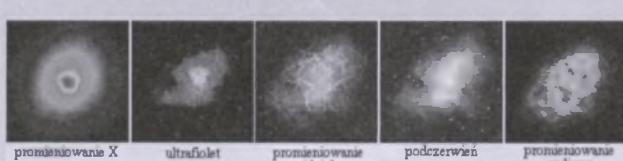
Uczniowie mogą porównywać podobne i różniące się detale na zdjęciach wykonywanych w różnych zakresach widma. Warto też pokazać zdjęcia wykonane w tym samym zakresie, ale w różnym czasie. Zauważ wówczas m. in. przemieszczanie się plam na skutek rotacji Słońca i rozwój protuberancji. Warto też porównać wygląd Słońca w odstępach czasowych rzędu miesięcy i lat (zmiany aktywności).

Gwiazdy emitują promieniowanie termiczne. W pierwszym przybliżeniu do opisu promieniowania gwiazd wykorzystujemy prawa promieniowania ciała doskonale czarnego. Ponieważ gwiazdy posiadają różne temperatury powierzchniowe, widzimy je jako nieco różniące się barwą. Wynika to z prawa Wiena. Na zdjęciach wykonywanych w zakresie widzialnym, ale przez filtry o różnej barwie, uzyskujemy podział gwiazd ze względu na ich temperaturę powierzchniową.

Zdjęcie rentgenowskie gwiazdozbioru Oriona ukazuje białe karły, pozostałości supernowych w Galaktyce i dalsze galaktyki oraz kwaszary. Zdjęcie w ultrafiolecie wyróżnia pas Oriona, głównie mgławicę M42, w której powstają młode, gorące gwiazdy.

Obszary świecenia gazu i pyłu najlepiej uwidoczniają się na zdjęciach w podczerwieni. Rozkład cząsteczek wodoru w przestrzeni międzygwiazdowej uzyskujemy na zdjęciach w zakresie radiowym.

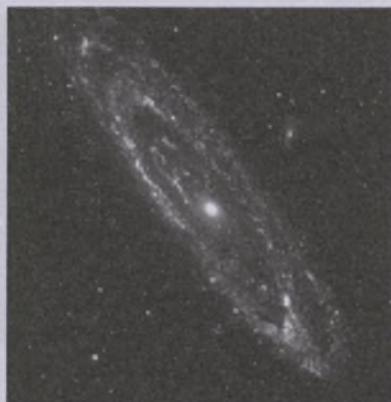
Bardzo ciekawym i wdzięcznym obiektem jest mgławica Krab. W jej środku wiruje pulsar — gwiazda neutronowa z częstością ok. 30 obrotów na sekundę. Zdjęcia w zakresie rentgenowskim (rys. 8) wykazują dynamiczne



Rys. 8



Rys. 9

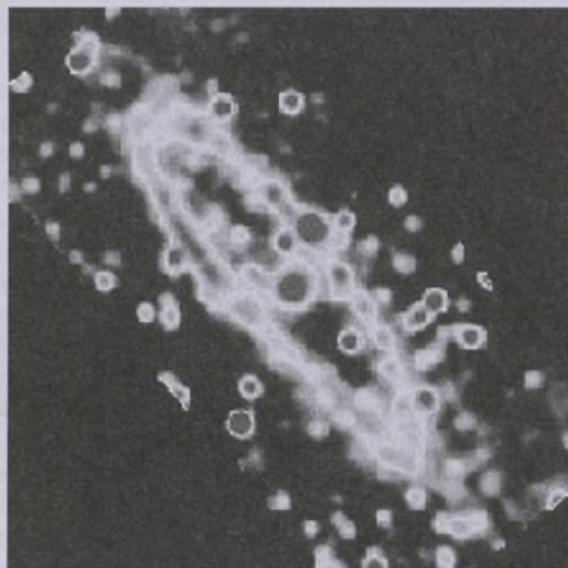


Rys. 10

wyrzuty materii z okolic pulsara będącego źródłem cząstek o bardzo dużej energii. Tu możemy postawić uczniom pytanie — jaki może być mechanizm promieniowania rentgenowskiego mgławicy? Strukturę mgławicy również dobrze przedstawia zdjęcie w zakresie optycznym. Dobrze widoczne są włókna wodorowe w otoczeniu pulsara. Natomiast zdjęcie radiowe ukazuje głównie promieniowanie z obszarów zewnętrznych mgławicy.

Równie atrakcyjne jest zdjęcie mgławicy emisjnej Tarentula. Jej zdjęcie w zakresie optycznym (rys. 9) ukazuje ogólny rozkład oświetlonego gazu. Pierwotnym źródłem promieniowania są młode i gorące gwiazdy, niebieskie nadolbrzymy zanurzone w centralnej części mgławicy. Mamy tu przykład obszaru H II, gdzie świeci wodór jonizowany przez ultrafioletowe promieniowanie gorących gwiazd. W zakresie rentgenowskim zdjęcie ukazuje resztki gazu pozostałe po wybuchu supernowej.

Najbliższą nam galaktykę M31 przedstawimy najpierw w zakresie ultrafioletowym (rys. 10). Na zdjęciu zwraca uwagę pierścień gorących, masywnych gwiazd i pomarań-



Rys. 11

czowe jądro wypełnione chłodniejszymi gwiazdami. W zakresie optycznym widzimy typową galaktykę spiralną. Młode gwiazdy niebieskawo zabarwiają niektóre obszary galaktyki. Wielkiej galaktyce M31 towarzyszą dwie małe galaktyki eliptyczne M32 i M110. Pasy pyłu i molekularnego gazu są natomiast dobrze widoczne na zdjęciu radiowym (rys. 11). Zdjęcie w zakresie podczerwonym (rys. 12) ukazuje głównie pierścień w dalszej części galaktyki.

Analizując wykonane w ultrafiolecie zdjęcia bardzo odległych galaktyk, możemy badać ich rozwój w rozszerzającym się Wszechświecie. Obserwujemy je jako małe galaktyki w stadium narodzin. Należy tu zwrócić uwagę, że dochodzące od nich promieniowanie jest przesunięte ku czerwonemu krańcowi widma. Dzięki temu promieniowanie w zakresie widzialnym obserwujemy w podczerwieni.

Rodzaj promieniowania	Zakres długości fal (energia kwantów)	Temperatura źródła	Charakterystyczne źródła promieniowania
radiowe	60 m — 1 mm	> 10 K	chłodny ośrodek międzygwiazdowy, pozostałości po supernowych, zimne obłoki molekularne, promieniowanie reliktowe, obszary w pobliżu gwiazd neutronowych
podczerwień (IR)	1 mm — 750 nm	10 — 1000 K	chłodne gwiazdy c.gł., czerwone olbrzymy, planety, pył ogrzewany przez gwiazdy, chłodne obłoki molekularne
widzialne	750 — 400 nm	1000 — 10 000 K	gwiazdy, galaktyki, mgławice, planety (odbite promieniowanie Słońca)
ultrafiolet (UV)	400 — 10 nm	10^4 — 10^6 K	pozostałości po supernowych, bardzo gorące gwiazdy, kwazary
rentgenowskie (X)	10 — 0,0024 nm (0,1 — 510 keV)	10^6 — 10^8 K	gwiazdy neutronowe, korony gwiazdowe
gamma (γ)	0,5 — 10^{11} MeV	> 10^8 K	dyski akrecyjne wokół czarnych dziur, gwiazdy neutronowe

ni, a promieniowanie w ultrafiolecie w zakresie optycznym.

Lewe zdjęcie (rys. 13) obejmuje centralny obszar galaktyki NGC 3310 znajdującej się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy. Młode i stare gwiazdy są tu rozmieszczone względnie równomiernie, co jest nietypowe, bowiem u większości galaktyk występuje rozdzielenie gwiazd ze względu na wiek. Na środkowym zdjęciu widzimy małą i młodą galaktykę ESO 418-008 w gwiazdozbiorze Piec. Podobnych karłowatych galaktyk obserwowano już dziesiątki tysięcy. Starsze czerwone gwiazdy skupione są w centrum, młodsze tworzą ramiona spiralne. Zdjęcie prawe przedstawia zderzenie galaktyk UGC 06471 i UGC 06472. Zdjęcie w ultrafiolecie wykazuje obecność dużej ilości pyłu powodującego poczerwienienie światła gwiazd w wielu obszarach galaktyki. Analiza zderzenia być może wyjaśnia nietypowe kształty odległych zarodków galaktyk.

Rozszerzając obserwacje poza okno optyczne, uzyskujemy informacje wcześniej całkowicie niedostępne. Tylko w oknie radiowym możemy m. in. „zobaczyć” promieniowanie reliktywe tła, jak również promieniowanie neutralnego wodoru. Promieniowanie jest emitowane przez wodór przy zmianie spinu (wewnętrzного momentu pędu) elektronu (przejściu ze stanu równoległego do antyrównoległego). Różnica energii między tymi stanami wynosi $1,1 \cdot 10^{-24} \text{ J}$.

Odpowiadająca tej energii długość fali to $\lambda = hc/E = 0,21 \text{ m}$.

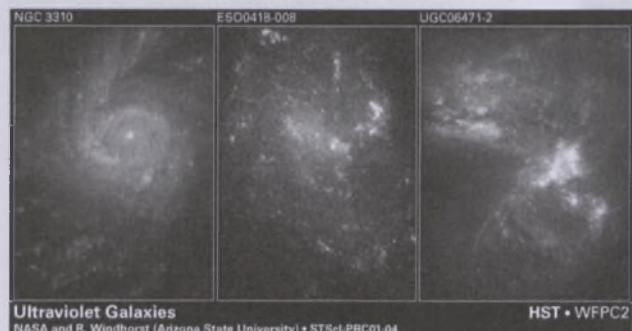
Właśnie radiowe obserwacje na tej długości fali pozwoliły zbadać rozkład wodoru w naszej Galaktyce (rys. 14) i potwierdzić jej spiralną strukturę. Dzięki obserwacjom w podczerwieni wykryto hipotetyczne brązowe karły i zaszła konieczność dodania do znanego od stu lat diagramu H-R dwóch nowych typów widmowych — L i T. To tylko kilka przykładów, a można ich podać znacznie, znacznie więcej.

Warto też pokazać zdjęcia całego nieba (w rzucie Molweidego) wykonane w różnych zakresach długości fal [15].

Zdjęcia w niedostępnych dla oka zakresach widma, mimo sztucznych barw, przedstawiają realną rzeczywistość



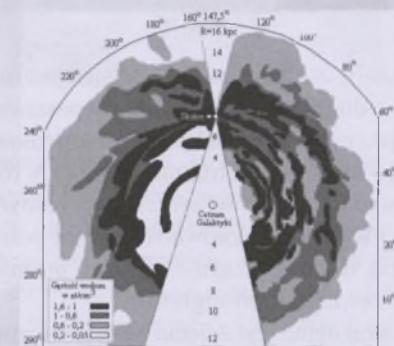
Rys. 12



Ultraviolet Galaxies
NASA and R. Windhorst (Arizona State University) • STScI-PRC01-04

HST • WFPC2

Rys. 13



Rys. 14

i często mogą być źródłem niezwykłych wrażeń estetycznych.

Vladimir Štefl, ÚTFA, PF MU, Brno
Juliusz Domański, Toruń

Literatura

- [1] Domański J., *Widma gwiazd, dlaczego takie są?*, „Urania–Postępy Astronomii” 5/1998.
- [2] Domański J., *Diagram H-R*, „Urania–Postępy Astronomii” 3/2001.
- [3] Domański J., *Magnitudo, a co to takiego?*, „Urania–Postępy Astronomii” 6/1998.
- [4] <http://www.gettysburg.edu/academics/physics/clea/CLEAhome/html>
- [5] Domański J., *O modelowaniu na lekcjach astronomii (cd)*, „Urania–Postępy Astronomii” 6/2002.
- [6] Domański J., *CCD — co to jest?*, „Urania–Postępy Astronomii” 1/2000.
- [7] Grygar J., *Dvě století infračervené astronomie*. Corona Pragensis 6/2000.
- [8] Herschel W., Phil. Trans. Royal Soc. London, 1800, 284.
- [9] http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/_hereschel_experiment2.html
- [10] Dušek J., *Návod na použití vesmíru*. <http://navod.hvezdarn.cz/navod/nic.htm>
- [11] Dziębowski W., *Obserwacje wnętrza Słońca*, „Urania–Postępy Astronomii” 4/1998
- [12] <http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/>
- [13] <http://dsnra.jpl.nasa.gov/>
- [14] <http://www.urao.edu/>
- [15] <http://adc.gsfc.nasa.gov/mw/milkyway.html>

Materia kosmiczna na Ziemi, jej źródła i ewolucja, Bogusława Hurnik, Hieronim Hurnik

Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, 282 s., 132 fotografie, 74 rysunki, 41 tabel, 315 odsyłaczy do źródeł, Poznań 2005; ISBN 83-232-1510-3

W połowie szkolnych i akademickich wakacji letnich 2005 r., tuż przed sierpiennym rojem Perseidów, ukazała się badzo ciekawa i wartościowa książka na temat materii kosmicznej na Ziemi, jej źródła i ewolucji. Autorami są astronom, poznański profesor Hieronim Hurnik i jego żona Bogusława, chemik z wykształcenia, ale miłośnik astronomii i badacz meteorytów rejonu Morasko.

Możemy śmiało powiedzieć, że autorzy są znakomitymi znawcami przedmiotu, który przedstawiają w swej książce. Prof. Hurnik całe swoje życie zawodowe, które rozpoczęło w roku 1937, spędził w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Najpierw pracował w dziedzinie astrometrii, później w dziedzinie mechaniki nieba. Budował instrumenty i analizował ewolucję komet. Jako kierownik obserwatorium, wprowadził do zadań badawczych tej instytucji meteory. Zbudował 3 baterie kamer meteorytowych, prowadził obserwacje meteoriów i analizował drogi ich rojów, a w latach 1970 i 1980, wraz z żoną i pracownikami 3 innych instytutów UAM, prowadził badania rejonu spadku meteorytu Morasko pod Poznaniem. W 1992 r. oboje autorzy opublikowali książkę *Meteorydy, meteory i meteoryty*.

Ostatnie dziesięciolecie to okres intensywnego rozwoju wiedzy w dziedzinie dotyczącej tematyki omawianej książki, nic więc dziwnego, że Wydawnictwo Naukowe UAM zaproponowało autorom jej nowe wydanie, a oni wywiązały się z tego zadania znakomicie, z tradycyjną poznańską rzetelnością i skrupulatnością. Niestety nigdzie nie znalazłem jasnego stwierdzenia, do jakiego momentu (do jakiej epoki — jak często mówią astronomowie) doprowadzają autorzy prezentowaną wiedzę. W podanych źródłach bibliograficznych można (sporadycznie) znaleźć pozycje z roku 2003 i nawet 2004, a w treści książki dość szczegółowe omówienie misji kosmicznych do planetoid i komet z tych lat. Czy zatem nie pomyle-

się stwierdzając, że omawiana książka stanowi kompletne do roku 2002 kompendium naszej wiedzy o materii kosmicznej spadającej na Ziemię? A może podane odnośniki (linki) internetowe świadczą o przesunięciu tej granicy na dopiero co minione lata?

Recenzowana książka składa się jakby z dwóch części. W pierwszej, na ok. 100 stronach autorzy przedstawiają *Główne źródła materii spadającej na Ziemię*. Są to planetoidy, komety, otoczenie planet (księżyce, drobna materia wokół planet), materia pyłowa międzygwiazdowa i międzyplanetarna, meteoryty. W drugiej części zatytułowanej *Meteorydy — materia kosmiczna na Ziemi*, na przeszło 150 stronach zawarta jest cała współczesna wiedza o tych przybyszach z Kosmosu oraz metody i wyniki badań tej materii. Ta część jest bogato ilustrowana przekrojami i mikrofotogrami, często kolorowymi, różnych typów meteorytów. Specjalny rozdział jest poświęcony niektórym kraterom meteorytowym na Ziemi i na innych ciałach Układu Planetarnego. Oddzielny rozdział omawia bliskie sercu autorów pole kraterów meteorytu Morasko. Książkę zamyka *Zakończenie*, w którym autorzy podkreślają wagę badań małych ciał Układu Planetarnego dla poznania historii i ewolucji naszej rodziny planetarnej. Opowiadają się za hipotetycznym scenariuszem powstania i ewolucji Układu Słonecznego pierwotnie przedstawionym przez A. Alfvena i G. Arrheniusa, a mianowicie: najpierw z pyłowo-gazowej mgławicy powstało Protosłońce; jeśli proces zgaszczania mgławicy protosłonecznej został zapoczątkowany wybuchem w sąsiedztwie gwiazdy supernowej, to mgławica mogła ulec wzbogaceniu w niektóre pierwiastki, a fala uderzeniowa dać impuls wzbudzający jej ruch obrotowy. W drugim etapie promieniowanie Protosłońca, jego pole magnetyczne i ruch obrotowy spowodowały utworzenie się, z pozostałości materii mgławicy, płaskiego dysku, a w nim zarodników planet. Następnie dokonało się przenoszenie momentu pędu z Protosłońca na zgaszczenia zarodników planetarnych, a lokalne akrekcje zarodników doprowadziły do powstania planet i ich księżyków oraz małych planet

i prawdopodobnie komet na peryferiach Układu. Przez ostatnie 3-4 mld lat Słońce, planety, księżyce i małe ciała ewoluowały do obecnej postaci. Równocześnie zachodził proces rozdrabniania małych planet i komet oraz powstawania meteoroidów, a oddziaływanie grawitacyjne dużych planet powodowało zmiany orbit planetoid i komet. Książkę dopełniają spisy fotografii, rysunków, tabel i spis literatury stanowiącej podstawę prezentowanych faktów i opinii oraz angielskojęzyczne streszczenie.

Całość jest napisana w sposób zwarty i przejrzysty. Oczywiście omawianie obiektów kosmicznych stanowiących źródło materii spadającej na Ziemię na ograniczonej liczbie stron wiąże się z trudnymi decyzjami wyboru, co zawrzeć na tych stronach, a co już się na nich nie zmieści. Autorzy bardzo dobrze poradzili sobie z tym problemem, choć niekiedy ja trochę inaczej rozłożyłbym akcenty między wcześniejszymi a współczesnymi badaniami tych ciał. Niekiedy też dobrąbym inne ilustracje. Np. nie pominąłbym zdjęcia jądra komety Halleya wykonanego przez sondę kosmiczną Giotto i może dobrąbym inną ilustrację widma kometarnego. Gdy już wymienione są przykładowe nazwy planetek noszące polskie nazwiska, to nie pominąłbym nazw komet odkrytych przez Polaków.

Nie byłbym też takim optimistą, jak autorzy, aby stwierdzić, że realizacja planów obecnych misji kosmicznych (Rosetta i Deep Impact), „pozwoli definitelynie poznać strukturę jądra komety”.

Ale są to tylko drobne uwagi do generalnie znakomitej książki. Książki, która powinna się znaleźć w rękach astronomów, młodych adeptów tej dziedziny i miłośników astronomii. Szczególne znaczenie będzie ona miała dla osób zainteresowanych „kamieniami z nieba”. Wszyscy, coraz bardziej liczni w Polsce obserwatorzy meteorów i poszukiwacze meteorytów otrzymują w tej książce rzetelne i kompletnie źródło wiedzy o przedmiocie swych zainteresowań.

Książkę czyta się warko i z przyjemnością. Ja czytałem ją z wielkim zaciekaniem i gorąco ją polecam.

Andrzej Woszczyk



Listopad

Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie. Dnia 1 listopada Słońce wschodzi o 5^h31^m, zachodzi o 15^h07^m, a 30 listopada wschodzi o 6^h21^m, zachodzi o 14^h28^m.

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

Data 2005	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
XI 1	24,49	4,37	320,20
3	24,14	4,17	293,83
5	23,76	3,96	267,46
7	23,35	3,74	241,09
9	22,90	3,52	214,72
11	22,43	3,30	188,35
13	21,92	3,07	161,98
15	21,39	2,84	135,62
17	20,82	2,60	109,25
19	20,23	2,37	82,88
21	19,60	2,12	56,52
23	18,95	1,88	30,16
25	18,27	1,63	3,80
27	17,56	1,38	337,44
XI 29	16,83	1,13	311,08
XII 1	16,07	0,88	284,72

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

B₀, L₀ – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

25^d06^h55^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

Księżyca

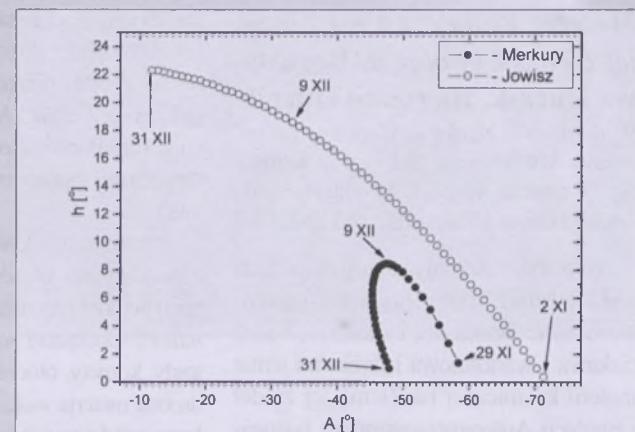
Bezksiężycowe noce będziemy mieli na początku i pod koniec listopada, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: now 2^d01^h25^m, pierwsza kwadra 9^d01^h57^m, pełnia 16^d00^h58^m i ostatnia kwadra 23^d22^h11^m. W perygeum Księżyca znajdzie się 10 listopada o 0^h16^m a w apogeum 23 listopada o 6^h17^m.

Planety i planetoidy

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

Wieczorem, coraz wyżej nad południowo-zachodnim horyzontem, można obserwować **Wenus**, świeczącą z jasnością -4,5^m. W ciągu miesiąca wysokość planety nad horyzontem, pod koniec zmierzchu cywilnego, rośnie od 5° do 10°. Przez teleskop można obserwować tarczę Wenus o średnicy 30'', w fazie zmniejszającej się po ostatniej kwadrze.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Barana można obserwować **Marsa**. Na początku listopada planeta znajduje się w opozycji, dzięki czemu osiąga największą w bieżącym roku jasność wynoszącą aż -2,3^m przy średnicy tarczy 20''. Ta wielkość, przy wysokości Marsa nad horyzontem wynoszącej w momencie górowania aż 54°, ułatwia dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych nawet przez



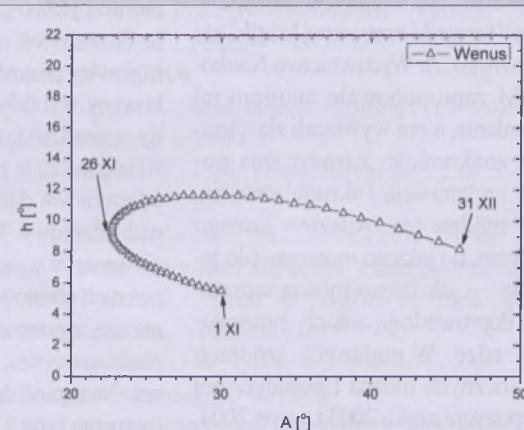
Rys. 1. Merkury i Jowisz nad południowo-wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w listopadzie i grudniu 2005 (około godzinę przed wschodem Słońca)

niewielkie instrumenty amatorskie. Posiadacze teleskopów o średnicach przynajmniej 20 cm mogą podjąć próbę dostrzeżenia księżyców Marsa: Phobosa (10,9^m) i Deimosa (12,0^m), zwłaszcza że okres ich największej jasności, na początku miesiąca, pokrywa się z nowiem Księżyca. Należy jednak pamiętać o zasłonięciu oślepiającej tarczy samej planety!

Na początku miesiąca, nad ranem, pojawia się **Jowisz**, świecący w gwiazdozbiorze Panny z jasnością -1,7^m. Wysokość planety nad horyzontem, mierzona ok. godzinę przed wschodem Słońca, szybko rośnie i pod koniec listopada wynosi już 15°. Przez teleskop można obserwować zjawiska w układzie księżyków galileuszowych Jowisza.

W drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Raka, widoczny jest **Saturn** świecący z jasnością 0,4^m. Duża wysokość planety nad horyzontem ułatwia teleskopowe obserwacje struktur w jej atmosferze oraz układu pierścieni, w szczególności „Przerwy Cassiniego” (do jej zobaczenia wystarczający jest teleskop o średnicy 10 cm przy powiększeniu 100x).

W pierwszej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Wodnika, można obserwować **Urana** jako „gwiazdę” o jasności 5,8^m. Wieczorem, na wysokości 20° nad południowym horyzontem, w gwiazdozbiorze Kozioroźca, można natomiast obserwować **Neptuna** jako „gwiazdę” o jasności 7,9^m.



Rys. 2. Wenus nad południowo-zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego w listopadzie i grudniu 2005 (około godzinę po zachodzie Słońca)

Pluton znajduje się na niebie zbyt blisko Słońca i jest niewidoczny.

W listopadzie w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność 7,6^m). 7 XI: 5^h32,9^m, +1°10'; 17 XI: 5^h29,7^m, -0°17'; 27 XI: 5^h23,7^m, -1°22'.

(4) **Vesta**, (jasność 7,2^m). 7 XI: 7^h36,3^m, +19°37'; 17 XI: 7^h38,5^m, +19°48'; 27 XI: 7^h37,8^m, +20°08'.

Meteory

Od 1 października do 25 listopada promienią meteory z kompleksu Taurydów, związanego z kometą krótkookresową 2P/Encke: **Południowe Tauridy (STA)** i **Północne Tauridy (NTA)**. Radianty meteorów leżą w gwiazdozbiorze Byka i mają odpowiednio współrzędne: rekt. 3^h28^m, dekl. +13° oraz rekt. 3^h52^m, dekl. +22°. Maksimum aktywności STA przypada 5 listopada, natomiast NTA 12 listopada. W obrębie omawianych rojów stosunkowo często występują jasne bolidy, wzrost ich liczby jest przewidywany zwłaszcza w bieżącym roku. Obserwacjom w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzać Księżyca w pobliżu pierwszej kwadry.

Od 14 do 21 listopada promienią meteory z roju **Leonidów (LEO)**, związanego z kometą 55P/Tempel-Tuttle. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: rekt. 10^h08^m, dekl. +22°. Maksimum aktywności przypada w tym roku 17 listopada o 14:30 UT. Od kilku lat aktywność roju była podwyższona (aż do wystąpienia „deszczów”) w związku z powrotem macierzystej komety w 1998 r. Niestety, okres ten zakończył się i w roku bieżącym można spodziewać się „zwyczajnej” aktywności, a w dodatku obserwacje praktycznie uniemożliwi Księżyca w pełni.

Od 15 do 25 listopada promienią meteory z roju **alfa-Monocerotydów (AMO)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Jednorożca i ma współrzędne: rekt. 7^h48^m, dekl. +01°. Maksimum aktywności przypada 21 listopada o 15:00 UT. Jest to rój o małej aktywności, jednak często sprawia niespodzianki. W 1995 r. przez pięć minut ZHR (zenitalna liczba godzinna) wynosiła dla niego aż ok. 420, a cały rozbłysk trwał 30 min. Analiza analogicznych zjawisk pozwala przypuszczać, że występują one okresowo co 10 lat. Jeżeli jest to prawda, to kolejnego rozbłysku AMO można spodziewać się w bieżącym roku. Niestety, w porannych obserwacjach będzie przeszkadzać Księżyca przed ostatnią kwadrą.

1^d00^h55^m Księżyca Marsa Phobos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 28".

1^d07^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 3°.

1^d23^h50^m Księżyca Marsa Phobos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 28".

3^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

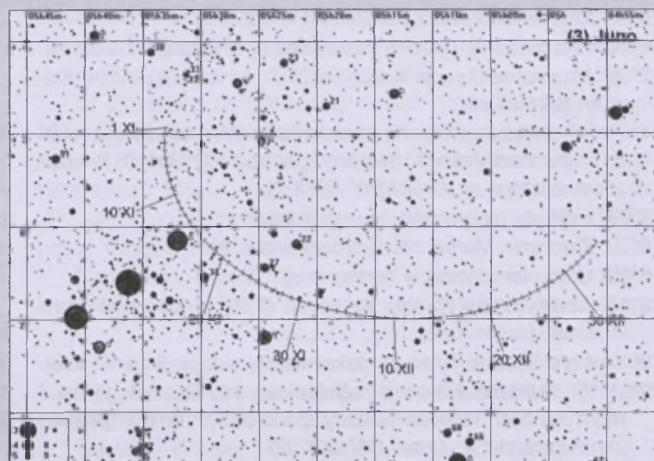
3^d16^h Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca równej 23°.

3^d19^h Wenus w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca równej 47°.

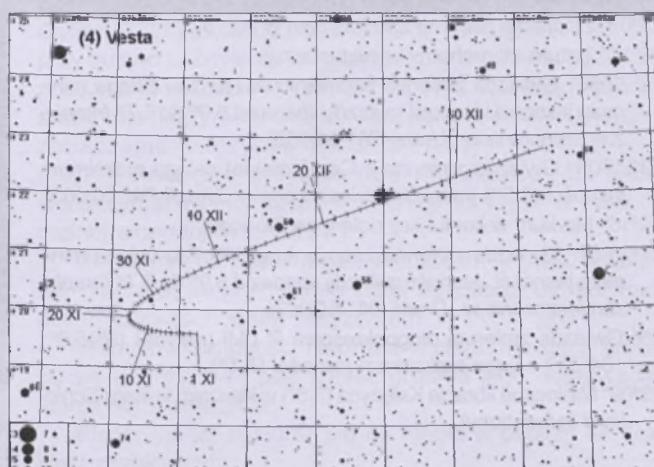
3^d23^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 2°.

3^d23^h20^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

4^d Gwiazda zmienna długookresowa T Cep (miryda) (21^h09,6^m, +68°29') osiąga maksimum jasności (6,0^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].



Rys. 3. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Oriona w listopadzie i grudniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)



Rys. 4. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Bliźniąt w listopadzie i grudniu 2005 (zaznaczone gwiazdy do 10^m)

4^d01^h50^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

5^d00^h30^m Księżyca Marsa Phobos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości 27".

5^d15^h Maksymalna libracja Księżyca (7,4°) w kierunku krateru *Plato* (zaciemiony).

5^d20^h Złączenie Wenus z Księżycem w odł. 2°.

5^d23^h30^m Księżyca Marsa Phobos w maksymalnej elongacji zachodniej w odległości 27".

5^d23^h40^m Księżyca Marsa Deimos w maksymalnej elongacji wschodniej w odległości 69".

6^d22^h39^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

7^d08^h Mars w opozycji do Słońca.

7^d20^h43^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

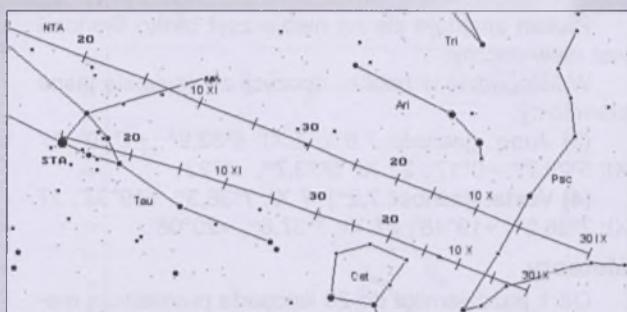
8^d01^h46^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

9^d01^h Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 5°.

9^d00^h32^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

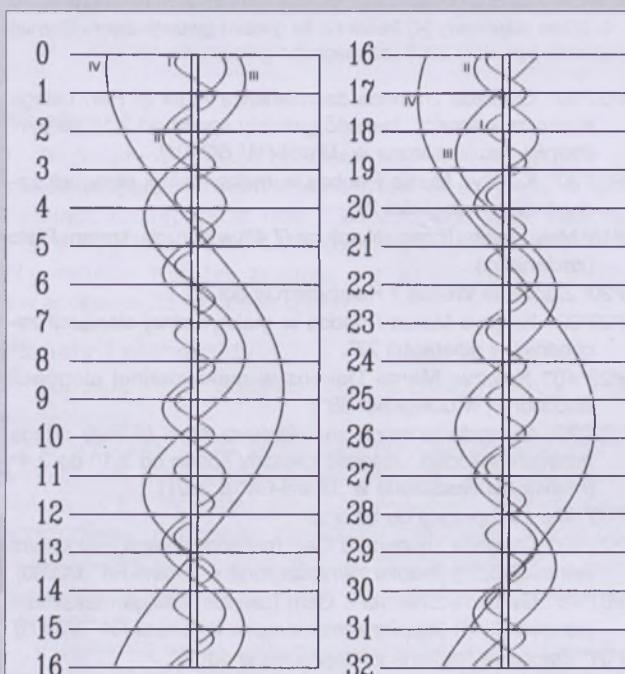
9^d19^h28^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

- 10^d12^h Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 3°.
 11^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
 12^d05^h Minimalna libracja Księżyca (3,0°) w kierunku *Mare Crium* (oświetlone).
 14^d01^h44^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 14^d09^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
 15^d06^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odl. 2°.
 16^d05^h Uran nieruchomy w rektascensji.
 18^d18^h Maksymalna libracja Księżyca (7,9°) w kierunku *Mare Australie* (zaciemnione).
 19^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
 20^d21^h15^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 21^d00^h Odkrycie gwiazdy ω Cnc (5,9^m) przy ciemnym brzegu Księżyca przed ostatnią kwadrą, widoczne w całej Polsce (Szczecin 00^h03^m — Krosno 00^h17^m).
 22^d07^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 3°.
 22^d17^h Saturn nieruchomy w rektascensji.
 22^d22^h36^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 23^d23^h05^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
 24^d16^h Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
 24^d23^h57^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 25^d Gwiazda zmienna długookresowa R LMi (miryda) (9^h45,6^m, +34°31') osiąga maksimum jasności (7,1^m).
 25^d09^h Minimalna libracja Księżyca (3,8°) w kierunku krateru Schicard (oświetlony).

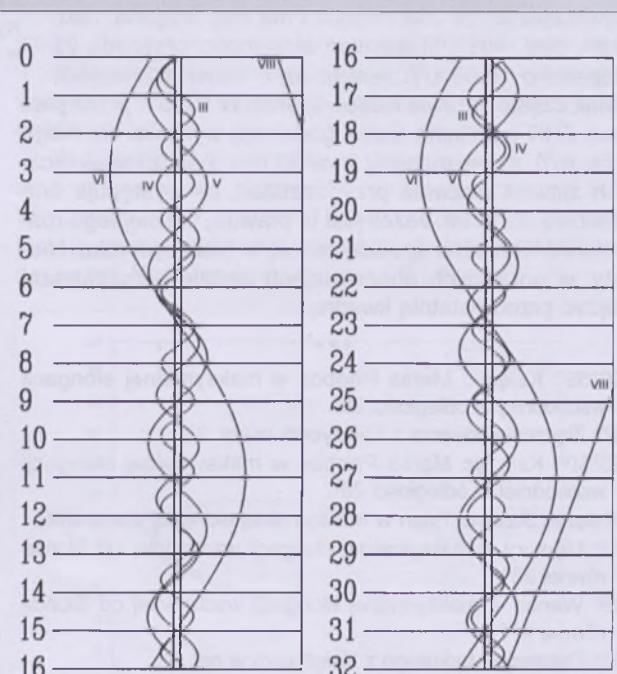


Rys. 5. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych Północnych Taurydów (NTA) i południowych Taurydów (STA) w okresie od 30 września do 30 listopada 2005

- 27^d Gwiazda zmienna długookresowa T Her (miryda) (18^h09,1^m, +31°01') osiąga maksimum jasności (8,0^m).
 27^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
 27^d00^h21^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].
 27^d01^h18^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 28^d18^h47^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
 29^d02^h39^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 29^d03^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 4°.
 29^d21^h10^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].
 30^d Gwiazda zmienna długookresowa T Dra (miryda) (17^h56,4^m, +58°13') osiąga maksimum jasności (9,6^m).
 30^d16^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl. 7°.



Rys. 6. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w listopadzie 2005 (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. 7. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w listopadzie 2005 (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 najwyższy punkt ekiptyki pod równikiem niebieskim i wstępując w znak Koziorożca 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 $14^{\text{h}}33^{\text{m}}$.

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

Data	2005	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]
XII	1	16,07	0,88	284,72
	3	15,29	0,62	258,37
	5	14,49	0,37	232,01
	7	13,66	0,11	205,66
	9	12,82	-0,15	179,30
	11	11,95	-0,40	152,95
	13	11,07	-0,66	126,60
	15	10,17	-0,91	100,25
	17	9,26	-1,17	73,90
	19	8,33	-1,42	47,55
	21	7,40	-1,67	21,20
	23	6,45	-1,92	354,85
	25	5,50	-2,17	328,51
	27	4,54	-2,41	302,16
	29	3,57	-2,65	275,82
XII	31	2,60	-2,89	249,48
2006 2		1,63	-3,13	223,14

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

B_0 , L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$22^{\text{d}}14^{\text{h}}37^{\text{m}}$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0° .

Księzyc

Bezksiężycowe noce będącym mieli na początku i pod koniec grudnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów $1^{\text{d}}15^{\text{h}}01^{\text{m}}$, pierwsza kwadra $8^{\text{d}}09^{\text{h}}36^{\text{m}}$, pełnia $15^{\text{d}}16^{\text{h}}16^{\text{m}}$, ostatnia kwadra $23^{\text{d}}19^{\text{h}}36^{\text{m}}$ i ponownie nów $31^{\text{d}}03^{\text{h}}11^{\text{m}}$. W perygeum Księżyca znajdzie się $5^{\text{d}}04^{\text{h}}34^{\text{m}}$ a w apogeum $21^{\text{d}}02^{\text{h}}49^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

Na początku miesiąca, nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, pojawi się **Merkury**, wznosząc się 9 grudnia na wysokość zaledwie $8,5^{\circ}$ (ok. godzinę przed wschodem Słońca), świecąc wtedy z jasnością $-0,2^m$. W dniu tym przez teleskop będziemy mogli obserwować tarczę planety o średnicy $7''$, znajdującą się dokładnie w kwadrze.

Warunki wieczornej widzialności **Wenus** w porównaniu z listopadem praktycznie się nie zmieniają. Jej wysokość nad horyzontem, mierzona godzinę po zachodzie Słońca, osiąga w połowie grudnia prawie 12° , po czym zaczyna

maleć do 8° pod koniec miesiąca. Przez teleskop możemy obserwować coraz węższy sierp planety o średnicy zbliżającej się pod koniec miesiąca do $60''$.

W pierwszej połowie nocy możemy nadal obserwować Marsa oddającego się od opozycji. W ciągu miesiąca jasność planety spada od $-1,6^m$ do $-0,7^m$. Szybko maleje średnica tarczy Marsa, pod koniec grudnia osiągając już tylko $12''$, co utrudni obserwacje szczegółów powierzchniowych przez mniejsze teleskopy amatorskie.

Nad ranem, coraz wyżej nad południowo-wschodnim horyzontem, możemy obserwować **Jowisza** świecącego w gwiazdozbiorze Panny jako „gwiazdę” o jasności prawie -2^m . Pod koniec miesiąca, na godzinę przed wschodem Słońca, znajdziemy go już na wysokości ponad 20° nad horyzontem.

Nadal w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Raka możemy obserwować **Saturna** o jasności $0,2^m$. Planeta zbliża się do styczniowej opozycji, dzięki czemu przez teleskop zobaczymy jej tarczę o średnicy $20''$. W tym samym czasie układ pierścieni Saturna osiągnie rozpiętość aż $45''$ przy dużym nachyleniu ich płaszczyzny do Ziemi, co ułatwi znacznie dostrzeżenie tzw. „Przerwy Cassiniego” nawet przez teleskopy amatorskie. Taki sam teleskop umożliwi zobaczenie księżyców Saturna: Tethys ($9,9^m$), Diony ($10,1^m$), Rhei ($9,4^m$), Tytana ($8,0^m$) i Iapetusa (od $10,0^m$ w maksymalnej elongacji zachodniej do $11,3^m$ w maksymalnej elongacji wschodniej).

Urana można obserwować wieczorem w gwiazdozbiorze Wodnika, na praktycznie stałej wysokości ok. 25° nad południowo-zachodnim horyzontem.

Warunki widzialności **Neptuna** w ciągu miesiąca szybko się pogarszają i pod koniec grudnia jego obserwacja stanie się niemożliwa.

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

W grudniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność 7,5^m). 7 XII: 5^h15,8^m, -1°56'; 17 XII: 5^h07,5^m, -1°54'; 27 XII: 5^h00,3^m, -1°17', 6 I 2006: 4^h55,4^m, -0°10'.

(4) Vesta. (jasność 6,2^m). 7 XII: 7^h34,0^m, +20°38'; 17 XII: 7^h27,1^m, +21°18'; 27 XII: 7^h17,8^m, +22°04', 6 I 2006: 7^h06,9^m, +22°51'.

Meteory

Od 26 listopada do 15 grudnia promieniuje meteorę ze słabo zbadanego roju χ **Orionidów (XOR)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Oriona i ma współrzędne: rekt. 5^h28^m , dekl. $+23^\circ$. Maksimum aktywności XOR przypada 2 grudnia. Strumień jest wizualnie słaby, jednak bardzo interesujący i wymagający obserwacji. Tegorocznym obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyc w nowiu.

Od 27 listopada do 17 grudnia promienią meteorów z równie słabo zbadanego roju **Monocerotydów (MON)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Jednorożca i ma współrzędne: rekt. $6^{\text{h}}40^{\text{m}}$, dekl. $+8^{\circ}$. Maksimum aktywności MON przypada 9 grudnia. Strumień jest wizualnie słaby, jednak bardzo interesujący i wymagający obserwacji. Tegorocznym obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał zachodzący wcześnie Księżyc.

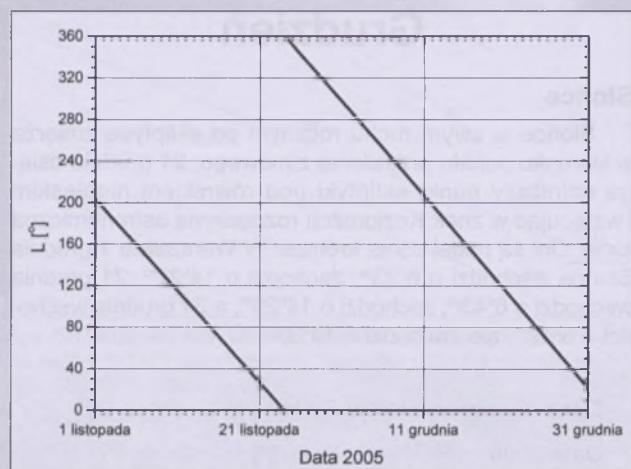
Od 3 do 15 grudnia promienią meteory z kolejnego słabo zbadanego roju **sigma-Hydrydów (HYD)**. Radiant

meteorów leży w gwiazdozbiorze Hydry i ma współrzędne: rekt. $8^{\text{h}}28^{\text{m}}$, dekl. $+2^{\circ}$. Maksimum aktywności HYD przypada 12 grudnia, jednak możliwe jest też wystąpienie maksimum sześć dni wcześniej. Podobnie jak MON, także i ten rój wymaga starannych obserwacji, zwłaszcza że dla obserwacji pozostało jedynie stosunkowo krótki okres po zachodzie Księżyca, tuż przed świtem.

Od 7 do 17 grudnia promienią meteorów z roju **Geminidów (GEM)** związanego z planetoidą (prawdopodobnie „wygasła” kometa) (3200) Phaeton. Radiant Geminidów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i w momencie maksimum aktywności w dniu 14 grudnia o 4:30 UT ma współrzędne rekt. $7^{\text{h}}28^{\text{m}}$, dekl. $+33^{\circ}$. Niestety, w tym roku obserwacje praktycznie uniemożliwi Księżyca tuż przed pełnią.

Od 17 do 26 grudnia promienią meteorów z roju **Ursydów (URS)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy i ma współrzędne: rekt. $14^{\text{h}}28^{\text{m}}$, dekl. $+76^{\circ}$. Maksimum aktywności URS przypada 22 grudnia o godzinie 13 UT. Strumień jest bardzo słabo zbadany i wymaga obserwacji, w 1945 r. i 1986 r. wystąpiły silne wzrosty aktywności. Tegorocznym wieczornym obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyca tuż przed ostatnią kwadrą.

- 2^d03^h Maksymalna libracja Księżyca ($7,4^{\circ}$) w kierunku *Sinus Iridium* (zacienniona).
- 3^d Gwiazda zmienna długookresowa R Ser (miryda) ($15^{\text{h}}50,7^{\text{m}}$, $+15^{\circ}08'$) osiąga maksimum jasności ($6,9^{\text{m}}$).
- 3^d Gwiazda zmienna długookresowa RT Cyg (miryda) ($19^{\text{h}}43,6^{\text{m}}$, $+48^{\circ}47'$) osiąga maksimum jasności ($7,3^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2002].
- 4^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
- 4^d01^h Merkury nieruchomy w rektascensji.
- 4^d16^h40^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
- 4^d21^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odległości 3° .
- 5^d23^h02^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 6^d04^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odległości 5° .
- 6^d16^h Zakrycie gwiazdy κ Cap ($4,7^{\text{m}}$) przez ciemny brzeg Księżyca przed pierwszą kwadrą, widoczne w całej Polsce (Szczecin $21^{\text{h}}31^{\text{m}}$ — Lublin $21^{\text{h}}35^{\text{m}}$).
- 6^d19^h09^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga mini-



Rys. 8. Zmiany długości południka centralnego tarczy Marsa (L) o północy UT w listopadzie i grudniu 2005. Aby określić długość południka centralnego Marsa w danym momencie, należy pamiętać, że w ciągu godziny wzrasta ona o ok. 15°

mum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

7^d Gwiazda zmienna długookresowa R Oph (miryda) ($17^{\text{h}}07,8^{\text{m}}$, $-16^{\circ}06'$) osiąga maksimum jasności ($7,6^{\text{m}}$).

7^d20^h Złączenie Urana z Księżykiem w odległości 3° .

9^d Gwiazda zmienna długookresowa R Gem (miryda) ($7^{\text{h}}07,4^{\text{m}}$, $+22^{\circ}42'$) osiąga maksimum jasności ($7,1^{\text{m}}$).

9^d05^h Minimalna libracja Księżyca ($3,9^{\circ}$) w kierunku *Mare Crium* (oświetlone).

9^d21^h Zakrycie gwiazdy 44 Psc ($5,8^{\text{m}}$) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Szczecin $21^{\text{h}}31^{\text{m}}$ — Lublin $21^{\text{h}}35^{\text{m}}$).

10^d01^h28^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

10^d23^h Mars nieruchomy w rektascensji.

11^d20^h21^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

12^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

12^d06^h Złączenie Marsa z Księżykiem w odległości $0,5^{\circ}$.

12^d13^h Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca równej 21° .

13^d03^h16^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

15^d23^h Maksymalna libracja Księżyca ($7,7^{\circ}$) w kierunku *Mare Australe* (zaciennione).

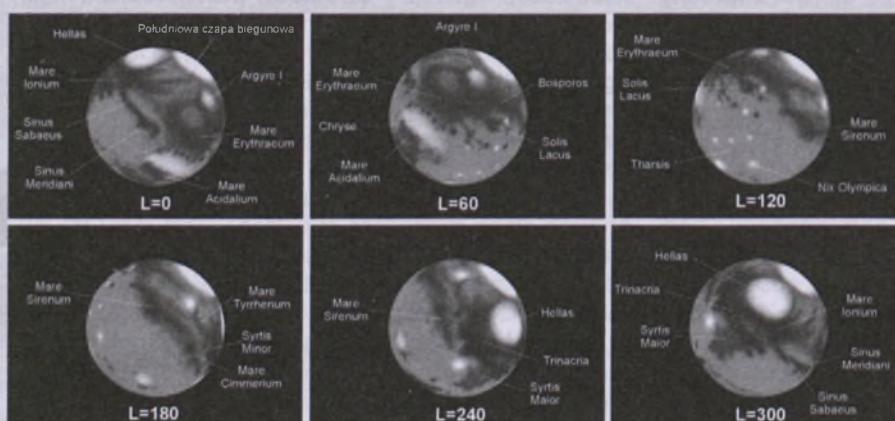
16^d04^h Pluton w koniunkcji ze Słońcem.

18^d Gwiazda zmienna długookresowa R UMa (miryda) ($10^{\text{h}}44,6^{\text{m}}$, $+68^{\circ}47'$) osiąga maksimum jasności ($7,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2004].

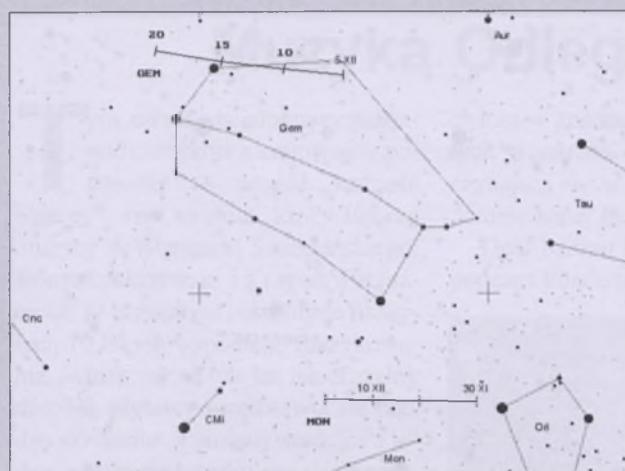
18^d16^h14^m Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

19^d12^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 3° .

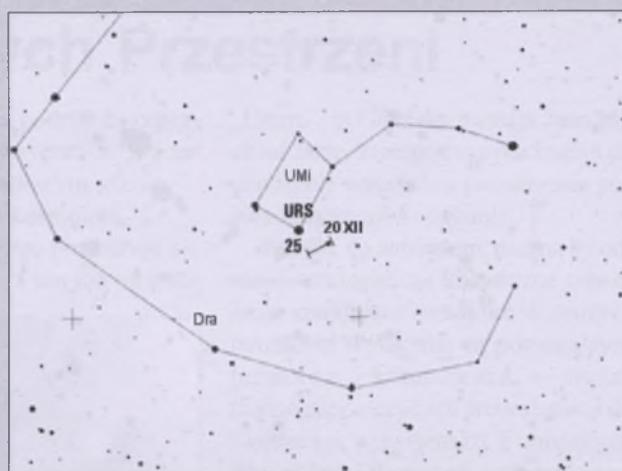
19^d22^h53^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga mini-



Rys. 9. Wygląd tarczy Marsa w teleskopie astronomicznym (północ na dole) w czasie opozycji w 2005 roku dla różnych wartości długości południka centralnego L



Rys. 10. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Monocerotydów (MON) i Geminidów (GEM) w okresie od 30 listopada do 20 grudnia 2005



Rys. 11. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Ursydów (URS) w okresie od 20 do 25 grudnia 2005

mum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

20^d Gwiazda zmienna długookresowa RS Lib (miryda) ($15^h24,3^m$, $-22^\circ55'$) osiąga maksimum jasności ($7,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2004].

20^d Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

20^d 19^h03^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

21^d Gwiazda zmienna długookresowa R Peg (miryda) ($23^h06,6^m$, $+10^\circ32'$) osiąga maksimum jasności ($7,8^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2004].

21^d 18^h35^m Słońce wstępuje w znak Koziorożca, jego długość eklipsyczna wynosi wówczas 270° ; rozpoczyna się zima astronomiczna.

21^d 22^h45^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

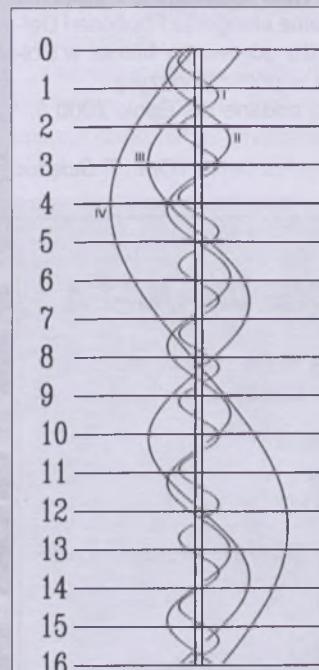
22^d 08^h Minimalna libracja Księżyca ($3,8^\circ$) w kierunku krateru Schickard (oświetlony).

22^d 19^h42^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^m$ do $3,4^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

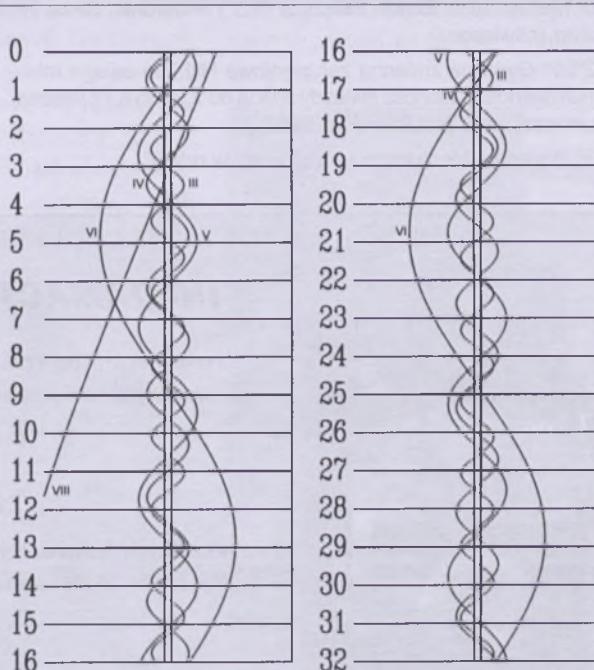
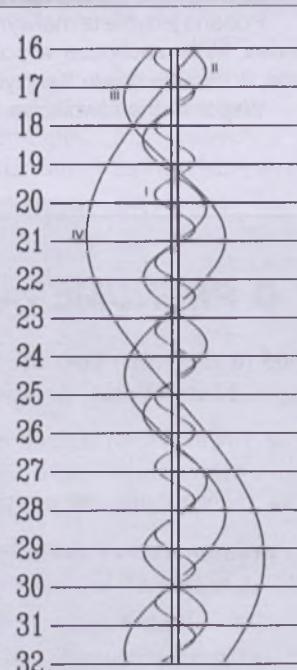
23^d 05^h Wenus nieruchoma w rektascensji.

23^d 18^h52^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

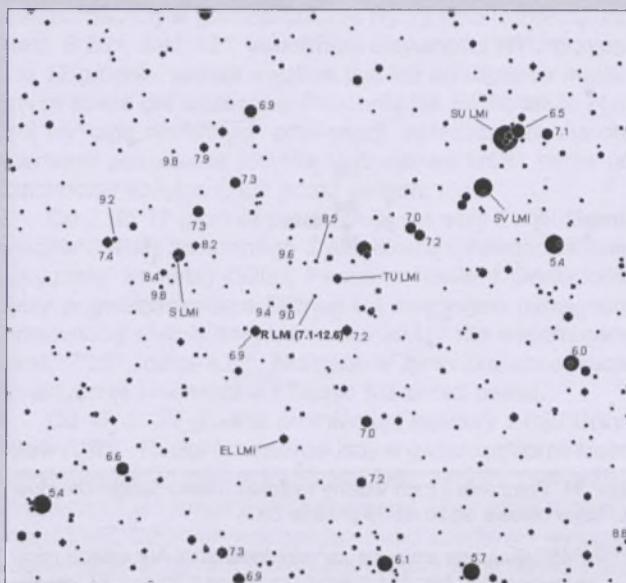
25^d 20^h13^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].



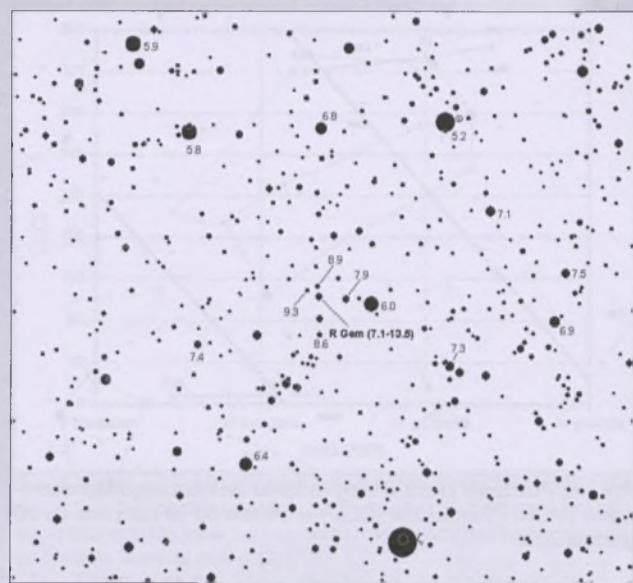
Rys. 12. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w grudniu 2005 (I – Io, II – Europa, III – Ganymedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od średkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 13. Konfiguracja pięciu największych księżyców Saturna w grudniu 2005 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Titan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od średkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 14. Mapa gwiazdozbioru Małego Lwa do obserwacji gwiazdy zmiennej długookresowej R LMi ($9^{\text{h}}45^{\text{m}}34,3^{\text{s}}$, $+34^{\circ}30'43''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)



Rys. 15. Mapa gwiazdozbioru Bliźniąt do obserwacji gwiazdy zmiennej długookresowej R Gem ($7^h07^m21,3^s$, $+22^\circ42'13''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 5° , północ u góry)

26^d23^h Złączenie Jowisza z Księzcem w odł. 4°.

26^d23^h57^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

27^d21^h34^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

28^d Księżyca: Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej

28¹⁹19^h51^m Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) /mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003/.

28^{do}20^h Maksymalna libracja Księżyca ($8,3^\circ$) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

29^d22^h55^m Gwiazda zmienna zaćmienowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

29^d23^h Złaczenie Merkurego z Księzcem w odł. 5°.

30^d Gwiazda zmienna długookresowa R Boo (miryda) ($14^{\text{h}}37,1^{\text{m}}$, $+26^{\circ}44'$) osiąga maksimum jasności ($7,2^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2003].

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

Aby otrzymać datę w obowiązującym w listopadzie i grudniu w Polsce czasie zimowym", należy dodać 1 godzinę.

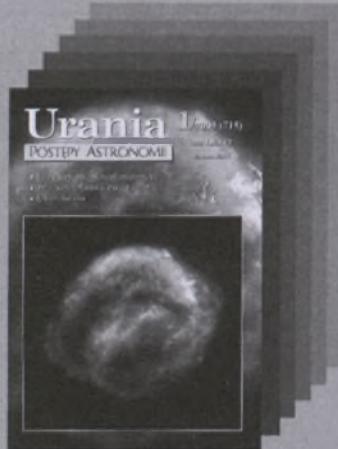
Momenty złączeń planet z Księżycem są podane dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są wszystkie złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Podano jedynie te maksymalne elongacje Phobosa i Deimos, które zachodzą w pobliżu górowania Marsa w Polscie, w okresie nowiu Księżyca w pobliżu opozycji.

Współrzędne równikowe są podane dla Epoki 2000.0.

Opr. T. Ścieżor

INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA



Prenumerata na rok 2005 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne
Bank Millennium S.A. o/Toruń
Nr. 44 11602202000000055305241

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

Piotr Wąz

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

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

Muzyka Odległych Przestrzeni

Tym razem chciałbym przedstawić muzyków z krajowego „podwórka” — zespół „Remote Spaces”. Jest to duet, który tworzą muzycy ze Stargardu Szczecińskiego: Konrad Jakrzewski i Krzysztof Rzeźnicki. W przeszłym roku minie okrągły 10 lat ich wspólnego muzykowania. Jednak, jak na tyle lat, ich oficjalny dorobek płytowy przedstawia się bardzo skromnie: 3 albumy studyjne i jeden projekt płytowy zrealizowany wspólnie z Tomaszem Pauskiem (znany pod pseudonimem *Odyssey*).

Debiutancki album „*Spirale*” ukazał się w 1998 r., a rok później nagrany został album „ α ”. Utwory zawarte na tych płytach (wydanych tylko w postaci CDR) zdobyły sporą popularność dzięki audycjom radiowym Jęzegro Kordowicza nadawanym w III programie PR. Tytuły takie jak „*Stars*”, „*Polaris*”, „*Kohab*” czy okładka płyty „ α ” (fragment mapy nieba z alfą Ursae Minor w centrum) wyraźnie wskazują na gwiezdne konesje i nie przypadkiem — Konrad Jakrzewski, na internetowej stronie zespołu, deklaruje w rubryce „hobby” tylko dwa zainteresowania: muzykę i astronomię!

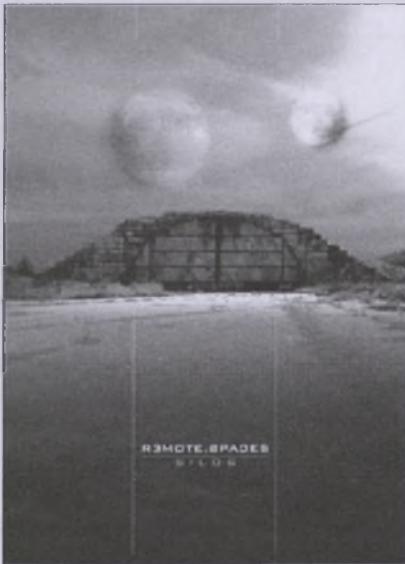
Ostatni studyjny album duetu „*Silos*” (wyd. Requiem Records, 2004) epatuje doskonałym brzmieniem i głębią muzycznych barw, zabierając słu-



Konrad Jakrzewski (wyżej) i Krzysztof Rzeźnicki

chacza w kosmiczną podróż do odległych przestrzeni (muzycznych?), a zaczynającą się w tytulowym silosie — domniemanej bazie kosmolotu.

Duet bardzo dobrze prezentuje się podczas koncertów, a ma ich na swo-

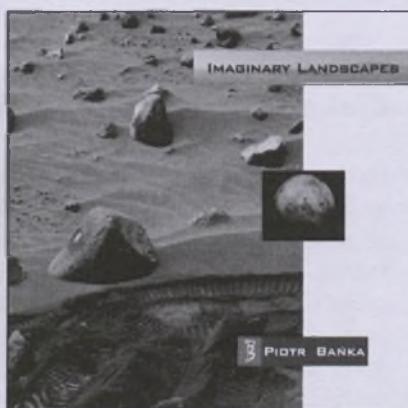


im koncie sporo. Duża ilość materiału dźwiękowego zarejestrowanego podczas występów „Remote Spaces” krąży wśród miłośników el-muzyki na nieoficjalnie wydanych bootlegach. Szczególnie godny uwagi jest ten z Międzynarodowych Prezentacji Muzycznych w Gorlicach z 2002 r. Są i oficjalne wydania, jak choćby z tegorocznego Elektronicznego Woodstocku w Kruszwicy (więcej na internetowej stronie zespołu: <http://www.remotespaces.neo.pl>)

W ogóle to warto wspomnieć, iż tego roku w naszym kraju miało miejsce kilka ciekawych imprez muzycznych, na których można było usłyszeć niemało interesujących nas kosmicznych klimatów. Oprócz wspomnianego El-Woodstocku były jeszcze coroczne Międzynarodowe Prezentacje Muzyczne AMBIENT w Gorlicach, „Live Electronic Concert 2005” w Szczecinie (na tym i poprzednich występował m.in. „Remote Spaces”), „Elektroniczne Pejzaże Muzyczne” w Olsztynie czy Wrocławski koncert Przemysława Wituckiego. W czasie, gdy będzie drukowany bieżący zeszyt

„Uranii”, w Gdańsku wystąpi Jean Michael Jarre, którego muzyka kiedyś do znudzenia wypełniała przestrzeń pod planetaryjnymi kopułami.

Po tym, co napisałem, można by odnieść wrażenie, że kosmiczne odwołania znajdują u nas tylko w muzyce tworzonej wyłącznie za pomocą syntezatorów i komputerów — wszak trudno zaprzeczyć ich predestynacji do tworzenia nieziemsko brzmiących dźwięków! Dlatego chciałbym szczególnie odnotować pojawienie się na rynku płytowym albumu Piotra Bańki „*Imaginary Landscapes*” będącego muzyczną podróżą po krajobrazach Marsa (natchnieniem stały się zdjęcia planety zrobione przez sondy Viking i Mars Global Surveyor oraz książkowa trylogia marsjańska Kim Stanely-Robinsona). Na krążku znajduje się 9 muzycznych fotografii najpiękniejszych krajów geograficznych Czerwonej Planety. W nagraniach udział wzięło, oprócz autora grającego na instrumentach klawiszowych i komputerach, sześciu gitarzystów, sopranistka i chór. W ścieżce dźwiękowej usłyszmy również „prawdziwe” nagrania planety zarejestrowane za pomocą radioteleskopów.



Zdjęcia, które zainspirowały kompozytora wraz z towarzyszącymi im fragmentami ilustracji muzycznych znajdują Czytelnicy na internetowej stronie: <http://www.banka.art.pl/>

Dwa egzemplarze wspomnianej płyty są do wygrania przez tych, którzy rozwiążą uranijną krzyżówkę!

Jacek Drążkowski

Rozwiązaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 3/2005 jest hasło:
„MIŁOŚNIK ASTRONOMII”.

Nagrody książkowe wylosowali: Natalia Kowalcuk z Łodzi i Jan Dlużewski z Warszawy. Gratulujemy.

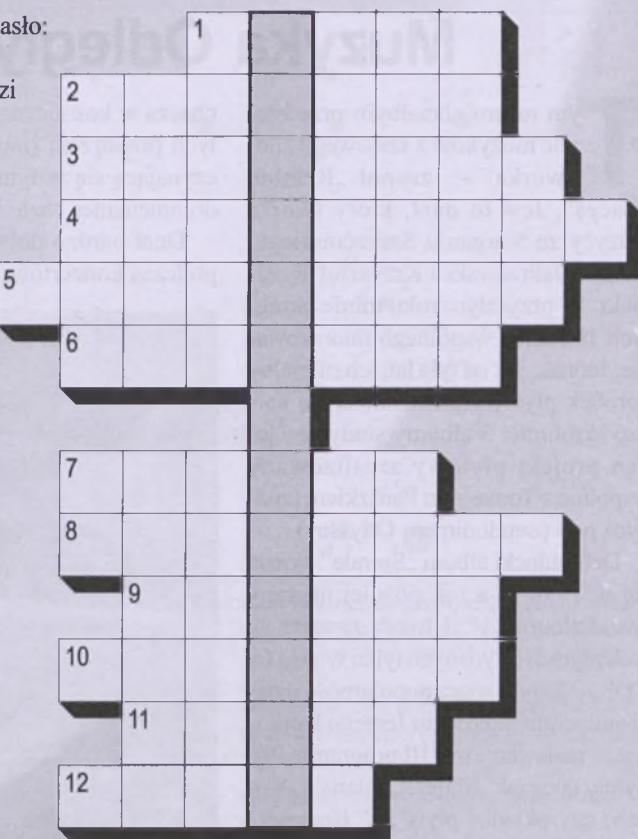
Nagrody wyślemy pocztą.

1. Odkrywca „dziesiątej planety”
2. ... światy na JENAM 2005
3. Cząstki elementarne o niecałkowitym spinie
4. Inaczej kształt
5. Zaburzenia
6. Źródło Geminidów
7. Pierwszy obserwator Wszechświata na falach radiowych
8. Rozproszenie
9. Planowana misja mająca badać promieniowanie tła
10. Miejsce XXXII Zjazdu PTA
11. Niebieskie — rodzaj TLEs
12. Efekt ...-Wolfa

Hasło będące rozwiązaniem obecnej krzyżówki utworzą litery z zaznaczonych kratek.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie płyty CD Piotra Bańki „Imaginary Landscapes” (opis na poprzedniej stronie). Na roz-

wiązania czekamy do końca października br. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.



Słowa kluczowe do odnalezienia hasła w krzyżówce z „Uranii-PA” 3/05:

1. Ptolemeusz, 2. hiperony, 3. Głębski, 4. Poleński, 5. Wszechświat, 6. blanketing, 7. zodiakalne, 8. Daktyl, 9. Zach, 10. GLAST, 11. Faeton, 12. Leverrier, 13. Charbonneau, 14. tranzyst, 15. Kaprikornidy, 16. Zeemana, 17. Perseidy, 18. Darwin.

Autor: J. Drążkowska

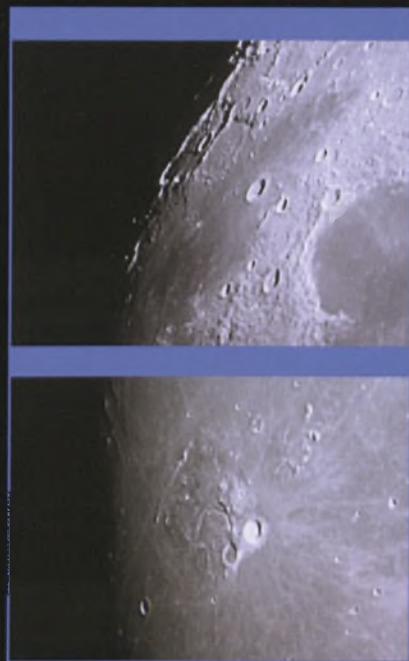
Ciekawe strony internetowe...

Dziś proponuję podróż stosunkowo niedaleką — tylko do Księżyca. Dr Randy Korotev z Uniwersytetu Waszyngtońskiego w St. Louis pod adresem http://epsc.wustl.edu/admin/resources/moon_meteorites.html pisze o bardzo rzadkich obiektach — meteorytach pochodzących z Księżyca. Dotychczas udało się zidentyfikować kilkudziesiąt kamieni — najcięższy z nich waży około 13,5 kg, następny tylko 1,4 kg, a najmniejsze mają po kilka gramów. Spośród ponad 26 000 skatalogowanych meteorytów tylko 1 na 1200 jest pochodzenia księżycowego. Samych kamieni jest więcej, ale niektóre z nich można zgrupować — pochodzą ze wspólnych źródeł. Pod wspomnianym adresem można znaleźć solidną porcję wiedzy na temat samych obiektów, sposobów ich identyfikacji jak i odnośniki do innych źródeł informacji, włączając w to teksty opublikowanych prac.

W numerze 6/2004 naszego pisma wspomniałem w tej rubryce o adresie <http://www.alcyone.de>, gdzie można było znaleźć m.in. ciekawy programik „Planet's Visibility”. Niedawno pojawiła się jego nowa wersja, nazywa się „Planetary, Lunar, and Stellar Visibility” — radzę zajrzeć ponownie pod wspomniany adres...

Galeria Uranii

Wyjątkowo, zamiast podawać opis techniczny prezentowanych zdjęć, publikujemy tekst listu ich autora, Jerzego Łagiewki z Katowic



Księżyca 12.5 dnia po nowiu
20.05.2005 godz. 20:10 - 20:30
Cassegrain RC 225/2300 + TK 2x
CCD SX 410z



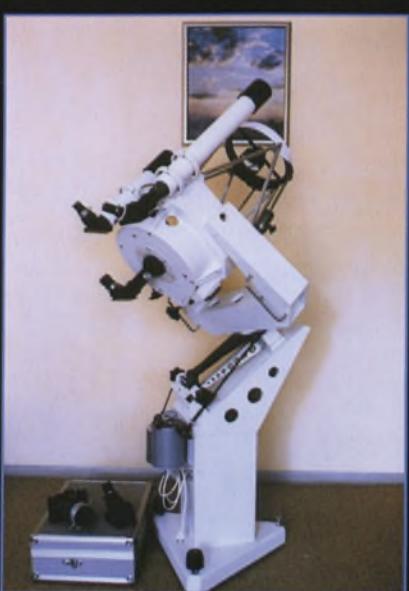
Księżyca 13.5 dnia po nowiu
21.05.2005 godz. 21:21 - 22:04 rwe
Cassegrain RC 225/2300 + TK 2x
CCD BY 610z



Z przyjemnością przesyłam Państwu, do ewentualnego wykorzystania, zdjęcia, które wykonałem w ostatnim czasie przy pomocy mojego teleskopu i cyfrowego urządzenia rejestrującego. Od niespełna dwóch lat posiadam teleskop Cassegraina systemu Ritchey-Chretiena o średnicy zwierciadła 225 mm i ogniskowej 2300 mm. Optykę wykonała dla mnie firma „ASTROKRAK”, natomiast resztę realizowałem sukcesywnie od 1996 r. w warunkach amatorskich, poświęcając sporo wolnego czasu. Początkowo teleskop służył mi tylko do obserwacji wizualnych, ale stale myślałem o możliwości robienia zdjęć. Przypadkowo stałem się posiadaczem uszkodzonego aparatu cyfrowego, który po usunięciu w nim obiektywu mogłem zaadaptować jako wydajne urządzenie rejestrujące obraz z teleskopu. Korzystam przy tym z funkcji zdjęć seryjnych (po około 30 dla pełnoformatowych zdjęć Księżyca lub około 100 dla planet), po czym komputerowo dokonuję ich nalożenia i rektryfikacji, aby otrzymać w efekcie jedno, ale za to dużo lepszej jakości niż materiał wyjściowy. Znany jest powszechnie program Registax, którego właśnie używam. Myślę, że tylko dlatego moje obserwacje balkonowe sprawią wrażenie, że są efektem pracy w czystym plenerze. Małe kadry formatu VGA 640x480 pikseli nie mogą dostarczyć tylu wrażeń, co obrazy w okularze teleskopu, ale zdecydowanie korzystniej wyglądają połączone ze sobą, tworząc mozaikowy obraz połowy terminatora księżycowego (o wiele szerszego planu niż w okularze). Brakuje mi na pewno odpowiednich narzędzi i umiejętności w dziedzinie informatycznej, ale dysponując niewielkimi zasobami, udało mi się (mam nadzieję?) osiągnąć ciekawe rezultaty. Jeśli kogoś zainteresują, będzie mi bardzo miło.

Serdecznie pozdrawiam

Jerzy Łagiewka



14.04.2005 godz. 22.40

15.04.2005 godz. 22.42

19.04.2005 godz. 21.00

19.04.2005 godz. 21.49

19.04.2005 godz. 22.56

21.04.2005 godz. 22.24

Radioźródło Fornax A



Olbrzymia galaktyka eliptyczna NGC 1316 w świetle widzialnym (niebieska, w centrum) i promieniowaniu radiowym (pomarańczowe płaty, ang. *lobes*). Jakieś 100 milionów lat temu galaktyka zaczęła „pożerać” bliskie sąsiadki. Część materii „pożeranych” galaktyk była wciągana przez znajdującą się w środku galaktyki NGC 1316 czarną dziurę. Spadając do niej, materia generowała powstawanie plazmy o temperaturach sięgających 10 milionów K, która emitowała ogromne ilości światła i promieniowania X. Wysokoenergetyczne cząsteczki odbijały się od plazmy i pobudzały do świecenia pobliską materię międzygalaktyczną, powodując powstawanie widocznych płyt radioowych mających rozmiary sięgające 600 tys. l. św. Widoczne struktury trwają kilka milionów lat. Nie rozumiemy jeszcze wielu mechanizmów fizycznych działających w tego typu obiektach (np. roli pola magnetycznego) i mamy nadzieję, że takie obrazy oraz obserwacje przy pomocy innych obserwatoriów kosmicznych (np. Chandra) i naziemnych pozwolą rozwiązać ten problem.

Prezentowany obraz został uzyskany przez nałożenie obrazu w świetle widzialnym, uzyskanego przez teleskop Hubble'a i obrazu radiowego, uzyskanego radioteleskopem VLA w Nowym Meksyku (NRAO/AUI i J. M. Uson)

Urania

6/2005 (720)

tom LXXVI

listopad—grudzień

POSTĘPY ASTRONOMII

- Prof. Bohdan Paczyński doktorem h.c.
- Kosmologia fluktuacji promieniowania tła, cz. 2
- Włodzimierz Zonne — w 100-lecie urodzin
- Powojenne lata Wrocławskiej astronomii



Teleskop SALT i zdjęcia uzyskane w czasie „pierwszej nocy”



Gromada kulista 47 Tucanae. Obraz uzyskany 1 września 2005 r. przez kombinacje obrazów w filtrach U (ekspozycja 20 s), V (20 s) i I (20 s). 47 Tuc jest starą (jej wiek ocenia się nawet na 10–12 mld lat) gromadą zawierającą wiele milionów gwiazd. Zdjęcie pokazuje, że tym teleskopem można uzyskiwać obrazy o bardzo dobrej rozdzielczości sięgającej 1 sekundy łuku



Galaktyka NGC 6744 — galaktyka spiralna z poprzeczką w gwiazdozbiorze Pawia. Jej odległość od nas wynosi 30 mln lat św., a rozmiar prawie 150 tys. lat św. Wyraźnie widać centralne jądro z czerwonawymi i żółtymi starymi gwiazdami oraz spiralne ramiona z młodszymi. Obraz został uzyskany przez złożenie trzech ekspozycji w pasmach fotometrycznych U, V i I trwających po 10 s



Widok ogólny teleskopu SALT zlokalizowanego koło miasteczka Karoo na pustyni Sutherland w Republice Południowej Afryki. Jest to teleskop tranzytowy z lustrem złożonym z 91 segmentów, tworzących razem powierzchnię zbierającą światło o średnicy ok. 10,5 m. Polska uczestniczy w 10% w budowie tego instrumentu i będzie miała prawo do 30 nocy obserwacyjnych w ciągu roku. Przed budynkiem teleskopu stoi ciężarówka, która w dniu 30 września br. przywiezła spektrograf małej rozdzielczości PFIS. Zainstalowany w pierwotnym ognisku teleskopu będzie w początkowej fazie jego pracy podstawowym instrumentem badawczym. Oficjalne otwarcie obserwatorium jest planowane na 10 listopada 2005 r.

Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Jeden z najwybitniejszych astronomów świata, Profesor Bohdan Paczyński, został uhonorowany najwyższym uniwersyteckim tytułem doktora honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego. Cieszymy się z tego bardzo. Po honorach, które spływały na Niego ze wszystkich zakątków świata, polski uniwersytet dostrzegł Jego wielkość i dał Mu swoje najwyższe odznaczenie. Przytaczamy na pierwszych stronach tego zeszytu argumenty, jakimi kierował się uniwersytet, przyznając ten tytuł, a następnie treść wykładu, jaki nadesłał Laureat na uroczyste podpisanie Jego dyplomu, następujące akt promocji doktorskiej.



Na Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego we Wrocławiu we wrześniu br. jedna z sesji naukowych była całkowicie poświęcona dorobkowi Profesora Paczyńskiego. O różnych aspektach badań i dokonań swego Mistrza mówili Jego uczniowie. Dało to obraz wielkiej różnorodności i wnikliwości badawczej Laureata oraz uwypukliło Jego wielką rolę we współczesnej astronomii.

O wspomnianym Zjeździe PTA piszemy na s. 263. Artykuły o profesorze Zonne i powojennych latach astronomii wrocławskiej to referaty na tym Zjeździe. W tym roku, 14 listopada, gdy ten zeszyt będzie już w Państwa rękach, przypada setna rocznica urodzin Profesora. Pisze o Nim Konrad Rudnicki, Jego pierwszy uczeń i współpracownik, który znał Go lepiej niż ktokolwiek inny. O astronomii wrocławskiej pisze też jeden ze świadków epoki, jeden z pierwszych jej absolwentów, jej współbudowniczy i uczestnik jej rozwoju, były dyrektor Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu, Tadeusz Jarzębowski.

Bartek Lew kontynuuje swą opowieść o kosmologii fluktuacji promieniowania tła. Nie jest to łatwy tekst, ale przecież „jak Pan Bóg stwarzał świat, to niekoniecznie chciał, abyśmy go łatwo zrozumieli” — powiedział kiedyś Einstein.

Wiele się działo ostatnio w polskim życiu astronomicznym. Oprócz astronomów zbierali się też Miłośnicy Astronomii. Odbył się już 9. Zlot Miłośników Astronomii — OZMA 2005 i Zjazd Towarzystwa Obserwatorów Słońca. Koło Miłośników Astronomii w Urzędowie świętowało swoje dziesięciolecie. A to świętowanie było szczególnne, bo połączone z otwarciem Obserwatorium Astronomicznego z 28-cm teleskopem pod kopułą, pracowniami astronomicznymi z licznymi komputerami i innym użytecznym wyposażeniem. Piszemy o tym wszystkim w bieżącym zeszycie.

Ale najważniejsze wydarzenie w polskiej astronomii dopiero nastąpi. W dniu 10 listopada w Republice Południowej Afryki odbędzie się uroczysta inauguracja pracy 10,5 m teleskopu SALT, który w 10% jest współwłasnością Polski. Polscy astronomowie będą mieli 30 nocy obserwacyjnych każdego roku na tym największym obecnie teleskopie na świecie. W tym zeszycie, na okładkach, przytaczamy jedno z pierwszych zdjęć uzyskanych tym teleskopem i obraz budynku teleskopu na parę tygodni przed otwarciem. Oczywiście najpierw teleskop zostanie poddany różnym testom i próbom, a jego pełna sprawność zostanie osiągnięta, gdy zostaną uruchomione planowane spektrografy.

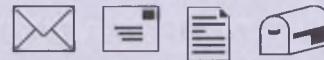
Jak zwykle dużo miejsca poświęcamy poradom obserwacyjnym poprzez kalendarz astronomiczny, galerię obiektów NGC, wykaz interesujących obiektów w wybranych gwiazdozbiorach, strony Astronomii w Szkole itp. Jest też dział muzyczny, recenzja, krzyżówka itd

Pokażcie, Drodzy Państwo, ten zeszyt swym Znajomym i Przyjaciołom i zachęćcie Ich do prenumeraty naszego czasopisma.

Życzę Państwu pogodnego nieba i przyjemnej lektury

Toruń, w październiku 2005 r.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Bohdan Paczyński". It is written in a cursive style with some loops and variations in thickness.



Witam serdecznie!

Jako stałego czytelnika śpieszę się podzielić wrażeniami z zaćmieniem Słońca, z którym mam nadzieję, że pomimo kaprysów pogody, większości udało się chociaż po części obcoować. A było na co poczekać, bo po ostatnich dniach deszczu i chmur nic nie zapowiadało, że uda się coś zobaczyć. Rano deszcz nie pozwalał rozwinięć sprzętu. Jakie więc było zaskoczenie, kiedy prawie na samo zaćmienie rozwiązały chmury, przepędziły deszcz i wyjrzała tarcza Słońca. Niestety, w Żaganiu Słońce trzeba było oglądać przez mgłę i przechodzące obłoki. Całkowicie zmieniło to warunki zdjęciowe. Ja nastawiłem się i tym razem na fotografowanie. Ledwie ostatnie krople deszczu spadły, pojawiły się pierwsze promienie odsłoniętego Słońca, natychmiast sprzęt wystawiłem na podwórze i zacząłem fotografować. Efekty widać na stronie www.astro-hobby.telesfor.net/zacmienie2005.php. Niestety, zakład fotograficzny też miał pecha

i częściowo zaświetlił mi klaszę. Tragedia... Filtru mylar nie dało się stosować, ale za to można było fotografować z odkrytym obiektywem. Wiem, wiem, nie wolno, ale światło było naprawdę tak osłabione, że wyszło jak na zdjęciach można oglądać. Sąsiedzi się zbiegły i dzięki temu dowiedzieli się, że na niebie też można w biały dzień zobaczyć niesamowite rzeczy.

Przyznam się, że wrażenia były głębsze w 2003 r. Ale wtedy nawet aura tajemniczości była inna: wczesny ranek, mgła poranna ścieląca się po ląkach i polach, ptaki i żaby nawet zamknięte, a warunki oświetlenia zmieniły się tak bardzo, że wpłynęły na parametry ekspozycji. Teraz aż takich różnic nie było, ale frejda była niesamowita. Rzadkość zjawiska powoduje, że jest to wspaniałe uczucie móc zobaczyć zaćmienie Słońca.

Z pozdrowieniami
Jacek Patka

Obok zdjęcie z godz. 11.18 (obiektyw 500 mm + telekonwerter x2, t_{eksp} = 1/1000, film Konica 100 ASA)

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 s.: 300,00 zł

1/4 s.: 200,00 zł

1/8 s.: 100,00 zł — ten rozmiar traktujemy jako najmniejszy „moduł”.

Podobnie jest ze stroną kolorową.

Istnieje możliwość negocjowania warunków.

Zapraszamy na nasze łamy!



- REKLAMA - REKLAMA - REKLAMA - REKLAMA - REKLAMA -

ZamKor
wspólny cel...



ZamKor
ul. Tętniąca 19, 31-352 Kraków
tel. (0 prefiks 12) 623-25-00
faks (0 prefiks 12) 623-25-13
zamkor@zamkor.pl
www.zamkor.pl

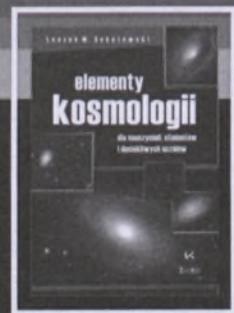
Leszek M. Sokołowski

ELEMENTY KOSMOLOGII

dla nauczycieli, studentów
i docieśliwych uczniów

Zgodnie z podstawą programową dla szkół ponadgimnazjalnych, elementy kosmologii wchodzą w zakres nauczania na poziomie podstawowym.

Jednak wielu nauczycieli podczas studiów nie zetknęło się z tą dziedziną nauki. Nasze publikacje (m.in. prezentowana książka) mają wspierać nauczyciela w przygotowaniu się do nauczania kosmologii.



Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

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

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” — dotyczącego miesiącnika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząco mowa numeracja „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez KBN.

Nakład: 1500 egz.

Redaktor Naczelny:

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

Zespół Redakcyjny:

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa
Krzysztof Rochowicz, CA UMK Toruń
Roman Schreiber, CBK PAN

Opracowanie graficzne

i skład komputerowy:
Jacek Drążkowski

Korekta:

Bożena Wyrzykowska

Adres Redakcji:

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Centrum Astronomiczne
ul. Gagarina 11
87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 52
fax. (0-56) 621 93 81

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

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

Druk:
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:
Piotr Wąż, CA UMK,
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ
tel. (0-56) 611 30 56
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2006 kosztuje 54 zł.
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty
w cenie 10 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.pta.edu.pl

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Zarząd Główny
ul. Miodowa 13 m.35, 31-055 Kraków
tel. (0-12) 422 38 92
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl
WWW: oa.uj.edu.pl/~ptma

Numer zamknięto w październiku roku 2005

* 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 Prof. dr hab. Bohdan Paczyński doktorem honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego

Laudacja kreśli sylwetkę naukową Laureata, podkreślając Jego osiągnięcia i wyjątkową rolę, jaką odgrywa w rozwoju astronomii XX wieku.

W wykładzie Doktorant przebiega myślą swą drogę naukową i pasje badawcze oraz omawia rolę swych Mistrzów i Kolegiów w Jego dokonaniach naukowych

248 Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (cz. 2)

Bartek Lew

Kosmologia jest obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się kierunków astronomii. W ostatnich latach XX w. i początku XXI w. stała się dyscypliną o poziomie dokładności otwierającym etap precyzyjnej kosmologii, dając nam jednocześnie dobrze ugruntowany i spójny standardowy model kosmologiczny. W niniejszym artykule omawiam cechy oraz współczesne zagadnienia i problemy związane z promieniowaniem reliktowym (CMBR) będącym jego integralną częścią

254 Włodzimierz Zonn 1905—1975

Konrad Rudnicki

Autor jest pierwszym uczniem i współpracownikiem Profesora Zonna. W 100 rocznicę Jego urodzin omawia sylwetkę swego Mistrza jako uczonego i jako Człowieka oraz Jego rolę w formowaniu i dojrzewaniu warszawskiego ośrodka astronomicznego

258 Powojenne lata Wrocławskiej astronomii

Tadeusz Jarzębowski

Autor prowadzi nas przez pierwsze powojenne lata astronomii wrocławskiej i odradzające się życie astronomiczne w Polsce, w czym Ośrodek Wrocławski odgrywał ważną rolę

w kolorze: SALT (ok. II) XXXII Zjazd PTA we Wrocławiu (wkł. I); Galeria Uranii (wkł. IV, okł. III); Hyperion pokraterowany (okł. IV)

w kraju: XXXII Zjazd PTA (263); OZMA 2005 (265); XXXIII Zjazd TOS (267); Otwarcie Obserwatorium Astronomicznego w Urzędowie (268); 10 lat Kola Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza w Urzędowie (270)

rozmaistości: Radiowe zaćmienie Słońca (271); Dorodny kosmiczny noworodek (272); Polscy astronomowie na tropie kosmicznej skali odległości (273)

galeria obiektów NGC: NGC 2655, NGC 2841 i NGC 2903

astronomia w szkole: Wirtualna podróż do ziemskich kraterów

kalendарь astronomiczny 2006: Styczeń — luty

astronomia i muzyka: „Do nieba i między gwiazdy”

recenzje: Encyklopedia uniwersalna Larousse'a

poradnik obserwatora: Interesujące obiekty: Mała Niedźwiedzica, Mały Lew, Mikroskop, Orion

relaks z Uranią: Krzyżówka

ciekawe strony internetowe

NA OKŁADCE

Mgławica Laguna (NGC 6530) jest położonym od nas w odległości 3800 lat św. skupiskiem pyłu i gazu, w którym rodzą się gwiazdy o dużych masach i dużych jasnościach. To właśnie promieniowanie tych gwiazd powoduje świecenie okolicznych chmur gazowych. Obiekt ten został wybrany jako jeden z pierwszych do przetestowania możliwości nowo budowanego teleskopu SALT w Południowej Afryce. Prezentowane zdjęcie jest jednym z pierwszych obrazów uzyskanych 1 września 2005 r. tym największym na południowej półkuli teleskopem (średnica ok. 10,5 m). Obejmuje centralną część mgławicy i zostało wykonane za pomocą kamery SALTICAM w trzech nałożonych na siebie pasmach fotometrycznych: U (eksponencja 120 s), V (20 s) i I (40 s). Jest to obszar mierzący ok. 10 min łuku (1/3 tarczy Księżyca w pełni), co odpowiada, biorąc pod uwagę odległość mgławicy, obszarowi o średnicy 10 lat św. Cała mgławica rozciąga się do 300 lat św. Astronomowie spodziewają się, że teleskop ten pozwoli m.in. badać proces narodzin gwiazd, interakcje nowo narodzonych gwiazd z chmurami i ruchy chmur gazowych

Prof. dr hab. Bohdan Paczyński doktorem honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego



ZAPROSZENIE

I. Laudacja

Bohdan Paczyński, wybitny astronomom naszych czasów, urodził się 8 lutego 1940 r. Studia wyższe odbył na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie dwa lata później, w 1964 r., zrobił doktorat. Habilitował się w wieku 27 lat, profesurę uzyskał po kolejnych 7 latach. Mając 36 lat został Członkiem Korespondentem Polskiej Akademii Nauk. W 1984 r. został wybrany na członka zagranicznego Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych, a od 1991 r. jest Członkiem Rzeczywistym Polskiej Akademii Nauk. Pierwsze zatrudnienie uzyskał w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego (lata 1959-62), a następnie podjął pracę w Zakładzie Astronomii Polskiej Akademii Nauk przekształconym w 1975 r. w Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie. Od 1982 r. jest profesorem na Uniwersytecie w Princeton, w Stanach Zjednoczonych, gdzie obecnie zajmuje eksponowane stanowisko

wisko Lyman Spitzer Jr. Professor of Astrophysics.

Bohdan Paczyński, już jako uczeń warszawskiego liceum, wiele nocy spędził na obserwacjach gwiazd zmiennych w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego w Ostrowiku pod Warszawą. Po ukończeniu studiów badania te kontynuował w ośrodkach zagranicznych. Rozprawę doktorską napisał jednak ze statystyki materii międzygwiazdowej, przedstawiając pracę teoretyczną i wyniki obliczeń rachunkowych metodą Monte Carlo. W tym też czasie swoje zainteresowania naukowe skierował w stronę teorii ewolucji układów podwójnych gwiazd. Badania te przyniosły mu światowe uznanie. Stosując techniki komputerowe do badania skutków utraty masy przez jeden ze składników, Bohdan Paczyński wyjaśnił m.in. pochodzenie układów typu Algol oraz układów, w których jedna z gwiazd jest

obiektem typu Wolfa-Rayeta. Zwrócił też uwagę badaczy na emisję fal grawitacyjnych w układach podwójnych, wyjaśniając znaczenie tej emisji w procesie powstawania gwiazd kataklizmicznych. Opracował teorię wymiany masy w układach, w których składnik tracący masę posiada otoczkę konwektywną i pokazał, że wiele układów musi przejść przez fazę wspólnej otoczki. Prace z tego okresu doczekały się licznych kontynuacji w wielu ośrodkach zagranicznych. Jego artykuł przeglądowy opublikowany w 1971 r. należy do kanonów literatury poświęconej ewolucji układów podwójnych. W latach 70. Bohdan Paczyński stał się światowym liderem teorii ewolucji gwiazd. Oprócz prac dotyczących układów podwójnych wniosł istotny wkład do rozwiązania szeregu podstawowych zagadnień z teorii ewolucji gwiazd pojedynczych. W serii sześciu artykułów pt. „Evolution of Single Stars” przedstawił ewolucję gwiazdy od momentu powstania aż do jej stadium końcowego, tj. do postaci gwiazdy zbudowanej z materii zdegenerowanej. Poznanie związku pomiędzy masą początkową gwiazdy a produktem końcowym należy do najważniejszych osiągnięć astrofizyki lat 70.

Pod koniec lat 70. w centrum zainteresowania prof. Paczyńskiego znalazły się dyski akrecyjne w układach podwójnych i wokół obiektów zwartych. Spośród wielu wyników z tego okresu wymienić należy szeroko cytowaną teorię „grubych dysków akrecyjnych” mającą zastosowanie do interpretacji danych o kwasarach.

Od 1986 r. Bohdan Paczyński jest niekwestionowanym liderem propagującym ideę, że błyski gamma mają miejsce na odległościach kosmologicznych i w konsekwencji reprezentują najbardziej energetyczne eksplozje we Wszechświecie od czasu Wielkiego Wybuchu. Przez całą dekadę pogląd Paczyńskiego był odosobniony, lecz w ostatnich latach został w pełni potwierdzony obserwacyjnie. W kilku pracach z tego okresu zaproponował on różne modele, pozwalające wyjaśnić wydzielanie się w krótkim czasie ogromnej energii błysku. Miał istotny udział w ugruntowaniu się poglądu, że „większość błysków gamma jest przejawem ogromnej

mocy eksplozji zachodzącej podczas kolapsu gwiazd masywnych do czarnej dziury”.

Kolejny rozdział działalności naukowej prof. Bohdana Paczyńskiego rozpoczął się opublikowaniem w 1986 r. pracy pokazującej, jak mikrosoczewkowanie grawitacyjne może być wykorzystane do badania ciemnej materii. Wysunięta przez Bohdana Paczyńskiego 10 lat temu idea, jak zrealizować pomysł z 1986 r. była całkowicie nowatorska, a obecnie jest jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin astronomii na świecie. Prof. Bohdan Paczyński jest liderem dwóch polsko-amerykańskich masowych przeglądów nieba: OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) i ASAS (All-Sky Automated Survey) oraz ekspertem w kilku innych podobnych projektach. Największym atutem projektu OGLE jest skupienie się nie na specyficzny wąskim celu naukowym, ale na specyficznej technologii wykorzystywanej do wszystkiego, co można badać przy jej pomocy. Te massive przeglądy nieba zaowocowały m.in. odkryciem ponad 500 przykładów soczewkowania przez gwiazdy, udokumentowaniem, że nasza Galaktyka ma tzw. centralną poprzeczkę i odkryciem kilkuset tysięcy gwiazd zmiennych, co znacznie stymuluje rozwój wielu dziedzin w astrofizyce.

Osiągnięcia prof. Bohdana Paczyńskiego spotkały się już z wieloma wyróżnieniami uznania za strony międzynarodowej społeczności naukowej. Był zapraszany przez czołowe amerykańskie i europejskie uniwersytety oraz obserwatoria astronomiczne. Jest członkiem wielu towarzystw naukowych.

Otrzymał szereg nagród i medali. Lista tych zaszczytów i wyróżnień obejmuje kilkadesiąt pozycji.

Związki prof. Bohdana Paczyńskiego z Instytutem Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego zostały zapoczątkowane w latach 60., kiedy to na

wspólnych warszawsko-wrocławskich seminariach astrofizycznych były omawiane różne aspekty rodzącej się wówczas teorii ewolucji gwiazd. W latach 80. wysyłał młodych wówczas astronomów wrocławskich na staże do Cambridge w Anglii i Harvardu w USA. Pomagał w uzyskiwaniu przez nich stypendiów i grantów NASA. W ostatnich latach pracownicy Instytutu i doktoranci korzystają intensywnie z wyników obserwacyjnych wspomnianego wcześniej projektu OGLE. Na bazie tego materiału robione są w Instytucie Astronomicznym odkrycia naukowe i doktoraty.

Prof. Bohdan Paczyński jest zawsze niebywale zainteresowany pracą naukową innych, a zwłaszcza poczynających adeptów nauki. Dzięki niemu stały otworem drzwi w najlepszych ośrodkach astronomicznych na świecie w Bostonie, Oxfordzie, Cambridge, Princeton itd. dla wielu polskich astronomów i fizyków z Warszawy, Torunia, Krakowa i Wrocławia. Wielu z nich stało się znanimi w świecie specjalistami. Niewątpliwie działalność Bohdana Paczyńskiego buduje prestiż i uznanie nauki polskiej na świecie. W trudnych dla nauki polskiej latach 80. wspierał polskie ośrodki naukowe materialnie, kupując czasopisma i komputery. Jednak największe korzyści astronomia czerpie z faktu, że prof. Bohdan Paczyński tworzy i propaguje wiedzę astronomiczną na najwyższym międzynarodowym poziomie. Wyniki jego badań wypełniają treść wykłady dla studentów astronomii i fizyki na wszystkich kontynentach od wielu już lat.



II. Wykład prof. Bohdana Paczyńskiego z okazji nadania Mu tytułu doktora honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego 29 czerwca 2005 r.

Szanowni Państwo,

Jest dla mnie wielkim zaszczytem i ogromną przyjemnością być uhonorowanym doktoratem honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego. Pragnę gorąco podziękować Rektorowi i Senatowi Uniwersytetu za to wyróżnienie. Pozwalam sobie skorzystać z okazji, że mam głos (a raczej głos mączytający te słowa) i opowiedzieć o wydarzeniach, które zapewne doprowadziły do dzisiejszej uroczystości, czyli o pewnych aspektach mojego życia naukowego, a właściwie naukowo-organizacyjnego. Zarazem przepraszam za moją nieobecność — stan mojego zdrowia nie pozwala mi obecnie na długie podróże.

Miałem wielkie szczęście być uczniem Profesorów Stefana Piotrowskiego i Włodzimierza Zonna. Professor Piotrowski był niewątpliwie najwybitniejszym polskim teoretykiem swojego pokolenia, narzucającym wysoki intelektualny standard swoim uczniom. Pamiętam, że rzadkie wypadki jego nieobecności na wtorkowych konwersatoriach powodowały, że w moich oczach spotkania te mały dużo niższą rangę niż te, w których Professor Piotrowski uczestniczył. Po wielu latach efekt ten zmniejszył się — zrozumiałem, że wtedy stałem się samodzielnym, dorosłym astronomem. Jednak Professor zawsze budził we mnie respekt i jestem Mu za to bardzo wdzięczny.

Professor Zonn był dobrym astronomem, lecz jego największą zaletą była życzliwość i bezpośredni stosunek do młodszych pokoleń. Dzięki niemu, jeszcze w liceum, spędziłem kolejne wakacje w Ostrowiku, stacji obserwacyjnej Uniwersytetu Warszawskiego. Ogromnym wkładem Profesora było uświadomienie następnemu pokoleniu, że popularyzacja nauki jest równie ważna jak uprawianie nauki; Professor był świetnym i cenionym popularyzatorem.

Miałem też szczęście mieć wybitnych kolegów starszych ode mnie o kilka lat i tworzących atmosferę, w której „zabawa w astronomię”, w najlepszym

tego słowa znaczeniu, była powszechnie przyjęta. W tej grupie wyróżniali się Krzysztof Serkowski, w dużej mierze ze względu na wiek i siłę charakteru, oraz Andrzej Kruszewski, ze względu na ogromną wiedzę i głębokie rozumienie tego, co w astronomii było najważniejsze. Wprawdzie całe to środowisko było bardzo ważne, ale Ci dwaj mieli największy wpływ na mnie.

Jednym z pierwszych moich sukcesów, nie tyle naukowych co organizacyjnych, było napisanie wraz ze starszym kolegą, Józefem Smakiem, opracowania projektu tego, co po kilku latach stało się CAMK-iem. Tekst ten napisaliśmy na zlecenie Komitetu Astronomii PAN w tak zwanym roku nauki. Rok ten odznaczał się pisaniem planów i opracowań o przyszłości astronomii w Polsce — ogromna strata czasu, a na pewno zajęcie utrudniające pracę naukową. Jednak zarówno Smak, jak i ja potraktowaliśmy nasze opracowanie poważnie. Niestety, a może na szczęście, Komitet Astronomii tak da-



lece nie interesował się swym zlecienniem, że nie doszło nawet do odczytania naszego krótkiego raportu na posiedzeniu Komitetu — sprawa została całkowicie zignorowana. Dzięki pewnej wolności prasy, nawet w czasach komuny, nasze opracowanie ukazało się w „Postępach Astronomii” (1970, t. 18, s. 389-397), zaś Smak przetłumaczył tekst na angielski.

Następnie stał się cud: dzięki inicjatywie Profesora Roberta O'Della, blińskiego przyjaciela Józefa Smaka, zostały uzyskane fundusze ze Stanów Zjednoczonych na budowę CAMK oraz na kupno komputera PDP 11/45.

Oczywiście Smak i jego koledzy, głównie Wojciech Dziembowski i Wojciech Krzemieński, musieli się ciężko naprawić, zanim powstał CAMK — Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika.

Trzeba przyznać, że wygraliśmy los na loterii. Ale należy też wyraźnie powiedzieć, że ani CAMK-u, ani komputera nie byłoby, gdyby Smak z kolegami, z pewnym moim udziałem, nie dali losowi szansy. Cały ten epizod był dla mnie bardzo pouczający: bez kupna losu na loterii mowy nie ma, aby coś wygrać.

Inny sukces, graniczący z cudem, to powstanie OGLE, czyli Optical Gravitational Lensing Experiment. Od lat marzyłem o niewielkim, ale własnym teleskopie w dobrym klimacie, na przykład w Chile, gdzie od kilku lat mieszkał i pracował jako astronom nasz kolega z Warszawy, Wojciech Krzemieński. Marzyłem o losie na loterii w postaci miliona dolarów na kupno metrowego „prywatnego” teleskopu. W pewnym momencie zdałem sobie sprawę, że gdyby taki los uśmiechnął się do mnie, to byłbym w katastrofalnym kłopocie: nie miałem pojęcia, jak w praktyce sprawić, aby wymarzony teleskop zadziałał. Na moje szczęście Aleksander Schwarzenberg-Czerny zwrócił mi uwagę, że Andrzej Udalski jest niezwykle utalentowanym instrumentalistą. Gdyby teraz los z milionem dolarów się uśmiechnął, to moje marzenie o małym teleskopie miałoby szanse na realizację.

Pamiętam dzień w budynku Warszawskiego Obserwatorium, gdy siędzieliśmy w pracowni Marcina Kubika i marzyliśmy o niewielkim teleskopie w Chile. Wydawało się nam, że to tylko marzenie. Nagle ktoś zapukał do drzwi i za chwilę ukazał się Robert Głębocki, astronom i zarazem minister nauki w pierwszym postkomunistycznym rządzie. Na pytanie, co sądzi o teleskopie za milion dolarów, Głębocki odpowiedział, że to nie byłaby zbyt wygórowana kwota jak na tamte czasy. Tuż po upadku komuny procent budżetu na naukę był całkiem pokaźny. Dopiero później wolnorynkowi fun-

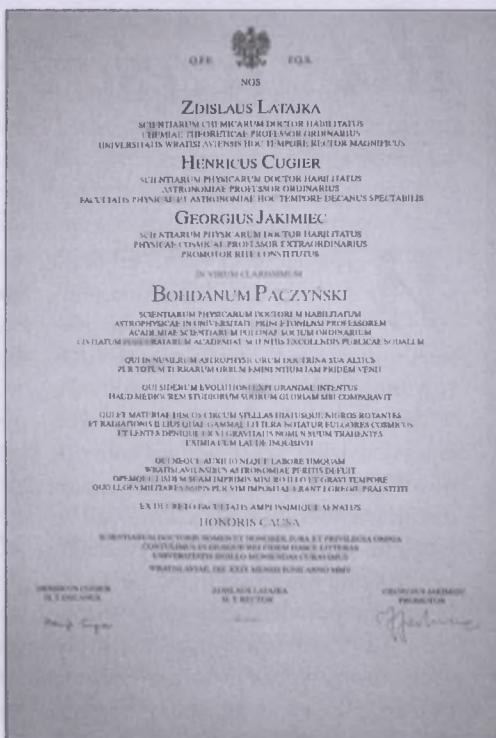
damentalniści w kolejnych rządach zaczęli systematycznie co roku zmniejszać fundusze na badania naukowe. Kto „załapał się” z projektem w porę — ten miał prawie to, co chciał. Czy teleskop jednometrowy, czy radioteleskop 32-metrowy.

Oczywiście, starania o teleskop w Chile nie były trywialne. Zarówno Marcin Kubiak, jak i jego koledzy musieli dołożyć wielkich starań, aby zdobyć niezbędne fundusze i побudować teleskop w Chile na terenie Las Campanas Observatory, zarządzanym przez Carnegie Institution of Washington z siedzibą w Pasadenie. Poza teleskopem krytycznie ważne było to, że Andrzej Udalski potrafił nie tylko zapewnić sprawne działanie teleskopu, ale też zbudować kolejne kamery CCD. Najpierw kamerę $2K \times 2K$ pikseli, która była podstawą OGLE-II, potem kamerę $8K \times 8K$ pikseli, która stała się podstawą OGLE-III. No, a gdzie OGLE-I? Zanim na Las Campanas stanął warszawski teleskop, zespół OGLE dostał co roku około 60–80 nocy na teleskopie Swope, należącym do Carnegie. Oczywiście poza teleskopem i kamerami CCD krytycznie ważną częścią systemu było oprogramowanie — to domena Michała Szymańskiego.

Ale jaka w tym moja rolą, poza marzycielską? Dziwnie ważna, bo teleskop miał stanąć na terenie Carnegie, z prawnego punktu widzenia praktycznie to teren USA. Warszawiacy, z punktu widzenia Carnegie, nie budzili zaufania. Czy będą kompetentni? Czy będą wypłacalni? Będąc w Princeton, występowałem w stosunku do Carnegie w roli poręczyciela solidarności warszawiaków. Ale i to nie wystarczało. Prawnicy Carnegie i prawnicy Princeton nie mogli uzgodnić detali porozumienia między Princeton, Carnegie i Warszawą. Warszawa nie miała prawników i nigdy nie było z nią kłopotów. Ale ci z Kalifornii i ci z New Jersey nie mogli się porozumieć. Starałem się dowiedzieć, o co chodzi. Jeden z administratorów dał mi przykład problemu do rozwiązania. Wyobraźmy sobie, że obserwator z Warszawy leci do Princeton, a następnie do Las Campanas, łapie przewód pod napięciem i zostaje porażony prądem. Co wtedy? „Trzeba go natych-

miaści wyrzucić za niekompetencję” — odpowiadam. „To nie takie proste, on będzie żądać odszkodowania” — mówi mój rozmówca. Pytanie: „Kogo obserwator pozywa do sądu: Carnegie czy Princeton?” Wiadomo, że Warszawa nie ma pieniędzy, więc nikt nie będzie ciągnąć do sądu Warszawy.

Na szczęście po wielu kłopotach, typowo amerykańskich, teleskop stanął. Warszawiacy okazali się fantastycznie sprawni, kompetentni i wypłacalni. Tak więc nie było kłopotów z przedłużeniem porozumienia — z początkowych 10 lat na następne 10, już



bez udziału Princeton jako firmy pośredniczącej i ubezpieczającej. Warszawa stała się samodzielna. Teraz marzymy o większym teleskopie i większej kamerze CCD. Wiadomo, że Andrzej Udalski potrafi to zbudować i zapewnić działanie, na razie nie wiemy, skąd zdobyć fundusze. Jak zwykle jestem optymistą. Sądzę, że w ciągu kilku lat znajdę się pieniędze. Powód do optymizmu: los na loterii wygraliśmy w CAMK i potem w OGLE. To, co było niezbędne, to dobre pomysły organizacyjne i naukowe. Istnienie Andrzeja Udalskiego jest naszym decydującym atutem.

Miałem też szczęście trzeci raz. Od lat marzyłem o znalezieniu wszystkich jasnych gwiazd zmiennych. Z mapą rozkładu takich gwiazd było oczywi-

ste, że 90 % jasnych gwiazd zmiennych nie zostało jeszcze odkrytych. Wiedziałem już, że najważniejszy jest człowiek. Udałem się więc do starego przyjaciecia, Andrzeja Kruszewskiego, z prośbą o radę. No i przyjaciel polecił Grzegorza Pojmańskiego. Spotkaliśmy się w Warszawie pewnego wieczoru i było oczywiste, że Pojmański wie, jak zrealizować moje marzenie i że projekt spodobał mu się. W ten sposób powstał ASAS — All Sky Automated Survey. Dotychczasowy dorobek to kilka lat obserwacji z Las Campanas za pomocą zautomatyzowanego teleskopu o średnicy 7 cm z ogniskową 20 cm, czyli zwykłego teleobiektywu zaopatrzonego w kamerę CCD o rozmiarach $2K \times 2K$ pikseli. ASAS odkrył dotąd 50 tys. gwiazd zmiennych na południe od deklinacji $+28^\circ$, czyli pokrył $3/4$ całego nieba. Do niedawna Pojmański pracował jako jedyny członek ASAS. Zaprojektował i wykonał sprzęt, opracował oprogramowanie, zbierał obserwacje, tylko raz na rok bywając w Chile — teleskop pracował automatycznie, wykorzystując obserwatorów OGLE do wymiany taśm z danymi i do „potrącania” od czasu do czasu sprzętem ASAS, gdy coś się zacięło. O ile wiem, taka interwencja potrzebna jest mniej więcej raz na tydzień. Zaś w każdą pogodną noc, gdy obserwator OGLE otwiera czy zamyka kopułę, to automat otwiera lub zamyka budkę ASAS.

Opis zarówno OGLE, jak i ASAS najprościej można znaleźć, wstukując do Google litery OGLE lub ASAS. Na trzecim miejscu ukazuje się informacja, jak trafić do astronomii.

Opis początków OGLE można znaleźć w moim opracowaniu „Gravitational Microlensing and the Search for Dark Matter: A Personal View” w elektronicznym wydawnictwie „Matters of Gravity” na s. 5 (gr-qc/9409004, Jorge Pullin).

Jeszcze na koniec słowo o moich marzeniach teoretyka. Chciałbym zrozumieć, na czym polegają błyski gamma. Sądzę, że na szczęście nie grozi mi realizacja znanego przekleństwa: „Oby spełniły się wszystkie twoje marzenia”. Sądzę, że mogę spać spokojnie.

Bohdan Paczyński

Kosmologia fluktuacji promieniowania tła (część 2)

W poprzedniej części artykułu zostały przedstawione podstawowe właściwości promieniowania tła (CMBR) oraz sformułowane definicje różnego rodzaju widm mocy powszechnie używanych w tej dziedzinie kosmologii. Omówiono również szczególną rolę, jaką to promieniowanie odgrywa w kosmologii ze względu na szereg przewidywanych teoretycznie własności (niektóre zostały dobrze potwierdzone obserwacyjnie). Tu przedstawię procesy, które mają główny wpływ na formowanie się poszczególnych widm mocy w myśl standardowego, inflacyjnego modelu kosmologicznego.

2.2. Formowanie się widm mocy

Pomiary temperaturowego widma mocy fluktuacji (TT) są obecnie już dobrze ugruntowaną wiedzą obserwacyjną, choć przyszłe eksperymenty będą wyznaczać je na wyższych częstotliwościach, rozdzielcościach kątowych i z większą czułością. Pomiary polaryzacyjnych widm dopiero, *de facto*, zaczynają obecnie być odkrywane, choć teoretycznie są studiowane już od paru lat. W szczególności pomiary modów B są jak na razie nieosiągalne i wyznaczono jedynie górne granice na sygnały tego typu.

2.3. Reżim liniowy

Widmo mocy CMBR może być teoretycznie przewidziane z bardzo dużą

dokładnością przez liniową teorię zaburzeń. Jest tak, dlatego że fluktuacje gęstości materii w czasie, kiedy CMBR było formowane (czyli w czasie ostatniego rozproszenia), znajdowały się jeszcze w liniowym reżimie, tj. były znacznie mniejsze od jedności. Natomiast w okresie, kiedy struktury kosmiczne weszły w etap nieliniowy, nie istniało praktycznie żadne sprzężenie pomiędzy polem gęstości promieniowania a polem gęstości materii. W okresie przedrekombinacyjnym powstanie znaczących odstępstw od jednorodnego rozkładu materii barionowej (plazmy) w stanie bliskim równowagi termodynamicznej nie jest możliwe, ze względu na częste rozpraszania thomsonowskie.

Najprostsze modele inflacji przewidują płaskie widmo fluktuacji materii (niezależne od skali) oraz że każdy z modów fourierowskich, odpowiadających fluktuacjom o pewnych rozmiarach, oscyluje niezależnie od siebie. Pierwotne, kwantowe fluktuacje gęstości w wyniku inflacji zostały powiększone do rozmiarów wielokrotnie przekraczających horyzont częstek w czasie inflacji (około $t \sim 10^{-34}$ s). Do czasu ich powtórnego wchodzenia pod horyzont (czyli momentu, kiedy rozmiary przyczynowo połączonych obszarów były porównywalne z charakterystycznymi rozmiarami danej fluktuacji gęstości) wszystkie mody pozostawały nie zmienione. W momencie ich wchodzenia pod horyzont (zgodnie z teorią Jeansa) rozpo-

czynały oscylacje (wskutek przeciwnych sił grawitacji i ciśnienia promieniowania). Naturalnie mody o mniejszych rozmiarach przestrzennych rozpoczęły oscylacje wcześniej niż mody o większych rozmiarach. Zaobserwowane przez sondę WMAP dwa piki akustyczne w temperaturowym widmie mocy są przejawem dwóch podstawowych faktów. (I) Pierwszy (największy) pik odpowiada modom fluktuacji o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami horyzontu w czasie ostatniego rozproszenia (gdyż jest to ostatni moment, kiedy CMBR było jeszcze sprzężone z polem gęstości materii). Fluktuacje te rozpoczęły oscylacje w momencie wchodzenia pod horyzont i ich obecne rozmiary kątowe wynoszą około 1° . Dolina pomiędzy pierwszym i drugim pikiem jest obserwowana pod kątem odpowiadającym rozmiarom horyzontu równym wielkości odpowiadających fluktuacji, która do czasu rekombinacji wykonała pół cyklu długości swojej fazy, stąd też obserwowana moc dla tych częstotliwości fourierowskich (dla tych rozmiarów kątowych) jest minimalna. Drugi pik wszedł pod horyzont wcześniej niż pierwszy i oscylował do czasu rekombinacji, przez co jest obserwowany w nieco innej fazie oscylacji niż pik pierwszy, przez co jego amplituda jest mniejsza od piku pierwszego. (II) Mody o tych samych rozmiarach wchodzą pod horyzont w tym samym czasie, więc oscylują zgodnie w fazie. Naturalną konsekwencją tego jest powstawanie w widmie mocy serii pików i dolin. Gdyby nie koherencja modów, fluktuacje o tych samych rozmiarach przestrzennych byłyby obserwowane pod różnymi kątami, co prowadziłoby do rozmycia się struktury pików i dolin.

Porównanie pików akustycznych z tymi powstającymi w pudle rezonansowym, np. gitary, jest więc niepełną analogią, gdyż w gitarze są możliwe tylko oscylacje będące wielokrotnością rozmiarów pudła stanowiącego ograniczenie. Takiego ograniczenia w przypadku CMBR nie ma. Wszystkie mody mają tę samą moc, lecz w momencie rekombinacji są obserwowane w różnej fazie swej oscylacji.

Serie pików i „dolin” pomiędzy nimi są naturalną konsekwencją inflacji, jednak ich pozycje i wielkości w widmie mocy zależą nie tylko od momentu rekombinacji i tempa ekspansji, ale rów-

nież od krzywizny przestrzeni (od której zależą obserwowane kąty) oraz od liczby elektronów, dzięki którym ewolucja modów gęstości została odbita w CMBR. Stąd wypływa silny związek pozycji i wielkości pików akustycznych na wartości podstawowych parametrów kosmologicznych (takich jak np. Ω_{tot} , Ω_b , H_0 i innych). Przykładowo gęstość całkowita Wszechświata wyznaczona z położenia pierwszego piku akustycznego jest zgodna z płaską geometrią Wszechświata, która jest również przewidywaniem teorii inflacji.

Oscylacje akustyczne, duże na skalach odpowiadających 1° w widmie TT, na skalach dużo mniejszych są bardzo wydajnie tłumione. Tłumienie to powstaje na skutek tego, że sprzężenie pomiędzy promieniowaniem a plazmą nie jest idealne i w rzeczywistości istnieje pewna droga swobodna dla fotona pomiędzy dwoma rozproszeniami comptonowskimi. Amplituda fluktuacji maleje praktycznie wykładniczo, gdy droga rozmycia (ang. *Diffusion length*) zależy od chwilowej gęstości ośrodka przewyższa długość odpowiadającą liczbie falowej danej fluktuacji. Tłumienie to nazywa się tłumieniem Silka. Gdy długości rozmycia osiągają wskutek rekombinacji (ekspansji Wszechświata) rozmiary horyzontu dźwięku, oscylacje akustyczne ustają. Widmo polaryzacyjne (mody E) na tym etapie jest generalnie płaskie — polaryzacja jest zerowa. Lokalnie jedynie pewna moc może być widoczna w dipolu wynikającym z prędkości cząstek w plazmie. Mody B natomiast (w przybliżeniu pierwszego rzędu teorii zaburzeń) w ogóle nie są produkowane w reakcjach rozproszeń thomsonowskich. Jednakże materia barionowa nie obejmuje całości spraw, które należy wziąć pod uwagę. Symulacje N-ciało pokazują, że czas, jaki byłby potrzebny na uformowanie struktur kosmicznych takich, jakimi je dzisiaj obserwujemy, wymagałby czasu znacznie przekraczającego oszacowany wiek Wszechświata, jeśli symulacje są prowadzone bez uwzględnienia znaczących ilości ciemnej, zimnej, niebarionowej materii (nbCDM). Z wielu niezależnych eksperymentów (w tym z pomiarów widma mocy TT) również wynika konieczność wprowadzenia nbCDM w ilości około $\Omega_m h^2 \approx 0,135$. Podstawową cechą tej materii jest to, że nie oddziałuje ona z niczym w sposób inny niż gra-

witacyjnie (i ewentualnie słabo) — zatem nie podlega rozpraszaniom. Konsekwencją tego jest możliwość grawitacyjnego narastania fluktuacji w pierwotnym rozkładzie materii nawet w sytuacji, kiedy zachodzi równowaga termodynamiczna pomiędzy materią barionową a promieniowaniem w epoce przedrekombinacyjnej. Tego typu niejednorodności mogą już tylko narastać i przyspieszać powstawanie struktur z materii barionowej, której organizacja we wcześniejszym Wszechświecie jest hamowana polem promieniowania. Tak więc, im większa jest gęstość ciemnej materii, tym szybsze jest tempo formowania się wielkoskalowych struktur. Szybciej również zajdzie odprężenie materii od promieniowania, będzie więc mniej czasu na pozostawienie śladu na polu promieniowania przez zaburzenia gęstości, zanim zostanie zerwane sprzężenie pomiędzy materią a promieniowaniem. W czasie rekombinacji zostaje zerwany wszelki kontakt pomiędzy polem gęstości materii i promieniowania i od tego czasu ewoluują one mniej więcej niezależnie. Materia barionowa zaczyna śledzić rozkład ciemnej materii i formować pierwsze widoczne struktury kosmiczne. W procesie powstawania szczątkowej polaryzacji CMBR (wykrytej po raz pierwszy w eksperymencie DASI (2001 r.)) i formowania się polaryzacyjnego widma mocy (EE) rozpraszania thomsonowskie mają decydujące znaczenie. Początkowo (dla częstych rozproszeń) polaryzacja jest niewielka ze względu na chaotyczność ruchów plazmy. Znikomy, obserwowany stopień polaryzacji liniowej CMB (rzędu paru procent) jest produkowany jedynie pod koniec rekombinacji. Fotony są polaryzowane w wyniku rozproszeń na elektronach, o mniej lub bardziej uporządkowanym polu prędkości, wyznaczonym przez pojawiające się na tym etapie multipolowe konfiguracje nierownomierne rozłożonych cząstek częściowo jeszcze naładowanych (elektronów) i już neutralnych (atomów wodoru). Zmniejszona liczba wolnych elektronów decyduje o małym stopniu polaryzacji. Charakterystycznie moc modów polaryzacyjnych jest o rzędzie mniejsza od temperaturowych (rys. 7). Gdyby rekombinacja następowała natychmiastowo, CMBR nie byłaby spolaryzowane. Reasumując, całkowicie niezależną od pola gęstości, powiązane-

go mapą fluktuacji temperatury, informację niesie w sobie mapa polaryzacji i jej widmo (EE). Jest to informacja związana z polami prędkości w plazmie i ich gradientami.

Jak wiadomo, Wszechświat na pewnym etapie ewolucji przeszedł przez fazę całkowitej rejonizacji. Wprowadza ona powtórnie niewielkie sprzężenie pomiędzy fotonami CMBR a plazmą. Jednak prawdopodobieństwo rozproszeń jest stosunkowo niewielkie ze względu na znacznie zmniejszoną (od czasu rekombinacji) gęstość przestrzenną zarówno fotonów, jak i elektronów, na których może dojść do rozproszenia. Mówimy zatem, że rejonizacja ma niewielką głębokość optyczną (τ), która jest proporcjonalna do przekroju czynnego na reakcje rozproszeń i kolumnowej gęstości elektronów na linii widzenia. Położenie maksimum funkcji widoczności dla rejonizacji zależy mocno od modelu kosmologicznego (zwłaszcza od tempa ekspansji i formowania się struktur kosmicznych). Tak więc rejonizacja pozostawia ślady w widmie TT, ale również w widmie EE. Teoretycznie przewidzianą cechą (pikiem) w widmie EE będącą śladem rejonizacji przedstawia rys. 7. Słabe sprzężenie (barionów i fotonów) wprowadzone przez jonizację jest charakterystyczne dla rozmiarów horyzontu cząstek w czasie rejonizacji. Cechą ta więc oczywiście będzie widoczna na największych skalach kąto-

wych, dlatego występuje na tak niskich multipolach. Ze względu na małą głębokość optyczną rejonizacji moc tego sygnału jest o wiele rzędów wielkości słabsza od struktur uformowanych w czasie ostatniego rozproszenia. Jedenoczesne pomiary obu (widm) są gwarancją dokładnego wyznaczenia szczegółów rejonizacji (czasu zajścia, głębokości optycznej i innych detali), ale również są testem teorii spójności teorii. (Wyniki obserwacji sondy WMAP opublikowane w 2003 r. przedstawiają kroskorelacyjne widmo TE, na podstawie którego oszacowano, że rejonizacja Wszechświata nastąpiła dużo wcześniej niż uważano).

Fotony wolno rozprzestrzeniające się, poruszając się w polach grawitacyjnych formującymi się strukturami kosmicznymi ulegają poniebieszczeniu i poczerwienieniu, wpadając i wychodząc ze studni potencjału. W statycznym Wszechświecie efekt ten by się redukował. Ewolucja struktur kosmicznych w różnych skalach wielkości powoduje jednak, iż efekt ten nie jest zerowy. Nie bez znaczenia dla zmiany energii fotona jest to, jakiej wielkości będą pierwotne struktury kosmiczne, gdyż będą się one odbijać właśnie w różnej wielkości fluktuacjach na największych skalach kątowych. Głębokość studni, jak również jej czasowa ewolucja (możliwe zmiany kształtu), będą się przekładać na postać obserwowanych fluktuacji.

Jeśli przykładowo dana fluktuacja gęstości materii znajdowała się w fazie kolapsu (czyli głębokość studni potencjału się zwiększała), to wszystkie fotony znajdujące się w jej regionie będą uległy poniebieszczeniu i odwrotnie dla fluktuacji zanikającej. Czoło frontu falowego przechodzącego przez taką fluktuację będzie dodatkowo zdeformowane wskutek grawitacyjnej dylatacji czasowej w obszarze fluktuacji w stosunku do zewnętrznych obszarów. Łączny efekt zmiany temperatury fotonu wskutek grawitacyjnych od-

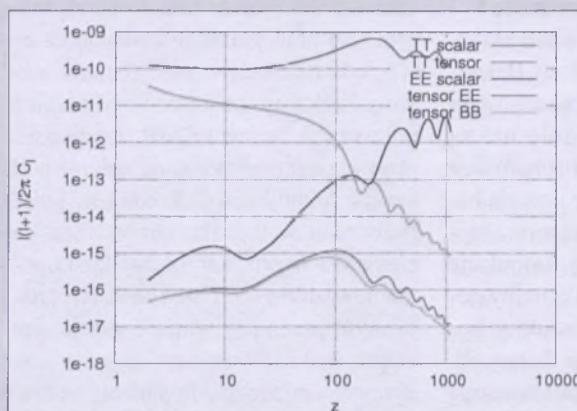
działywań z ewoluującymi w czasie wielkoskalowymi strukturami wzdłuż linii widzenia jest nazywany wczesnym, zintegrowanym efektem Sachs-Wolfa (ISW). Jego wpływ modyfikuje temperaturowe widmo mocy głównie na największych skalach kątowych, gdzie nie obserwuje się jeszcze oscylacji akustycznych, a zatem na skalach większych od rozmiarów horyzontu w czasie ostatniego rozproszenia.

2.4. Reżim nieliniowy — struktury kosmiczne

Kiedy fluktuacje materii znacznie przewyższają średnią gęstość, mówimy, że wkroczyły one w reżim nieliniowy. Efekt analogiczny do Sachs-Wolfa, tylko pochodzący od mniejszych struktur, formujących się w reżimie nieliniowym jest nazywany efektem Rees-Sciamy. Obecnie uwaga kosmologów stopniowo przesuwa się w kierunku analizy właściwie małoskalowych, nieliniowych fluktuacji wymuszanych przez galaktyki i gromady galaktyk.

2.4.1. Słabe soczewkowanie grawitacyjne

Kolejnym i ważnym w konsekwencjach źródłem niegaussowości CMBR (patrz część 1. artykułu: „Urania-PA” 5/2005) jest słabe soczewkowanie grawitacyjne wolno rozprzestrzeniających się fotonów CMB, poruszających się w polach grawitacyjnych wielkoskalowych struktur kosmicznych. O ile wpływ tego efektu na widmo mocy TT jest niewielki — zmienia on nieznacznie kształty pików akustycznych (oscylacji Sachorowa) — o tyle jest on dobrze zauważalny w symulacjach sztucznych map fluktuacji, gdzie soczewkowanie zmienia rozkład (i morfologię) fluktuacji. Prowadzi to naturalnie do odstępstw od gaussowości. W dziedzinie polaryzacji soczewkowanie prowadzi do zamiany części modów E polaryzacji w mody B. Ma to kolosalne znaczenie, jeśli chodzi o detekcję pierwotnych modów B oraz fizykę bardzo wczesnego Wszechświata, gdyż sygnał od słabego soczewkowania grawitacyjnego będzie się nakładał na grawitacyjne mody B pochodzące z czasów inflacji. Jeśli charakterystyczna dla inflacji skala energii jest mniejsza niż 10^{15} GeV, to amplituda wyprodukowanych w niej modów B polaryzacji (która jest proporcjonalna do tej skali energii) będzie porównywalna z tymi,



Rys. 7. Skalarne i tensorowe widma mocy fluktuacji CMBR otrzymane teoretycznie dla standardowych parametrów kosmologicznych, zgodnych z wyznaczeniami satelity WMAP. Jak widać, skalarne widmo temperaturowe jest najsielsze ze wszystkich pozostałych. Wyraźnie widać również antykorelację pomiędzy pikami w widmie TT i EE, co znajduje wytlumaczenie w fakcie, że fluktuacje w polaryzacji (mody E) biorą się z pól prędkości plazmy, a fluktuacje w temperaturze z pól gęstości materii. Tego natomiast powinny być w antyfazie. Tam, gdzie jest największa (lub najmniejsza) gęstość materii, nie ma dużych gradientów prędkości i na odwrót. W tych obszarach polaryzacja będzie najmniejsza. Lokalnie tam, gdzie wartości kontrastu temperatury są najmniejsze (a pola prędkości największe), można oczekiwac największego stopnia polaryzacji

pochodzącymi od słabego soczewkowania. Dla niższych energii redukcja efektu soczewkowania będzie potrzebna, by móc zarejestrować widmo pierwotnych modów B. Jeśli jednak (jak się przewiduje) inflacja ma związek z wielką unifikacją oddziaływań (przewidywaną na energiach rzędu $\sim 10^{16}$ GeV), to pierwotne mody B mogą być wystarczająco duże, by mogły być zarejestrowane.

2.4.2. Silne soczewkowanie grawitacyjne

Gromady galaktyk, jako koncentracje ogromnych mas, poprzez soczewkowanie znieksztalcają rozkład fluktuacji CMBR. Modelowanie pola odkształceń takich soczewek grawitacyjnych stwarza możliwość wyznaczenia masy soczewki. Tego rodzaju analiza nie jest obarczona problemami innych metod szacowania masy, związanymi ze stopniem, w jakim masa widoczna (galaktyki) śledzi masę niewidoczną (halo ciemnej zimnej materii). Więc jest to metoda na wyznaczenie funkcji masy $N(M,z)$, o której jest mowa w rozdziale 2.1.4. Kształt tej funkcji jest bardzo zależny od stałej kosmologicznej (bądź innych składników ciemnej energii).

2.4.3. TSZ i KSZ

Źródłem najsilniejszego z sygnałów pochodzących od nieliniowych fluktuacji jest termiczny efekt Sunyaeva-Zeldovicha (TSZ). Fotony CMBR w gorącym ($T \approx 10^{6-8}$ K) gązie gromadowym zostają awansowane energetycznie wskutek rozproszeń comptonowskich na „termicznych” elektronach. Wynikiem tego procesu jest obserwowany deficyt strumienia w kierunku gromady galaktyk na niskich częstotliwościach — mniejszych od około $\nu_{0\text{TSZ}} \approx 218$ GHz. Powyżej tej częstotliwości, w kierunku gromady, jest obserwowana pewna nadwyżka strumienia w porównaniu z kierunkiem poza gromadą (pod warunkiem oczywiście, że w obu kierunkach mamy tę samą temperaturę fluktuacji w tle). Efekt ten może osiągać wartość nawet 1 mK, co znacznie przewyższa temperaturową pierwotną anizotropię tła.

Obserwacyjnie potwierdzono wykrycie tego efektu dla wielu źródeł. Ma on dominujące znaczenie na skalach kątowych od kilku do kilkunastu minut kątowych. Wielkość tego efektu zależy od gęstości elektronów w gromadzie i ich temperatury. Jest więc on ich pośrednia miarą. TSZ spektralnie powoduje wy-

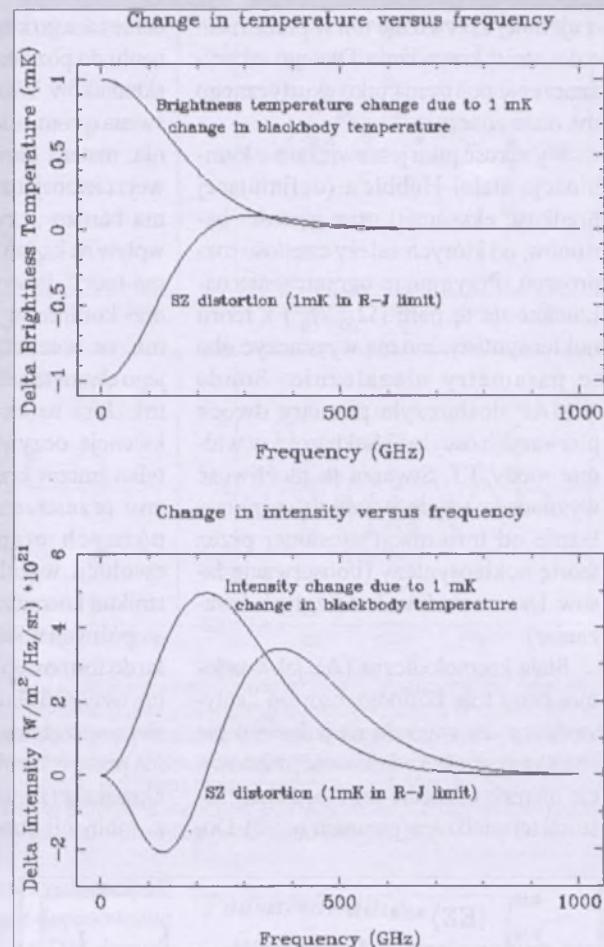
krzywienie widma ciała doskonale czarnego i ta cecha widmowa jest niezależna od redshiftu gromady.

Kinematyczny efekt Sunyaeva-Zeldovicha (KSZ) jest zdecydowanie słabszy (na poziomie μK) i wynika z osobliwych radialnych ruchów gromad względem układu fundamentalnego. TSZ i KSZ mają różne sygnatury widmowe (rys. 8) i na tej podstawie można próbować dokonać ich odseparowania. KSZ dostarczałby wówczas niezależnie od innych metod² i niezależnie od redshiftu informacji o polu prędkości gromad galaktyk. Tego rodzaju informacje dawałyby możliwość sprawdzenia spójności teorii, np. z wynikami symulacji komputerowych N-ciał. Detekcja KSZ będzie z pewnością łatwiejsza na częstotliwościach zbliżonych do 218 GHz, gdzie TSZ jest bliski零 i KSZ dominuje. Obserwacje spolaryzowanego promieniowania pochodzącego od gromad dałyby ważne informacje na temat ruchów transwersalnych gromad.

2.5. Parametry kosmologiczne

Wiele z omówionych powyżej efektów jest powiązanych mniej lub bardziej z różnymi parametrami kosmologicznymi. Podam kilka jakościowych przykładów silnych zależności pomiędzy widmem mocy TT a niektórymi parametrami kosmologicznymi.

Położenie pierwszego piku akustycznego ma bardzo silny związek z para-



Rys. 8. Zmiana temperatury jasnościowej (górnego panelu) i strumienia (dolnego panelu) w widmie gromady galaktyk wywołana termicznym i kinetycznym efektem SZ. Temperatura ciała doskonale czarnego w kierunku gromady jest wyższa o 1 mK niż otoczenia

metrem całkowitej gęstości Wszechświata ($I_{pik} \sim \Omega_{tot0}^{-1/2}$), co implikuje jednoznacznie promień krzywizny przestrzeni (oraz sumę $\Omega_m + \Omega_\Lambda$). Przy założeniu fluktuacji adiabatycznych (zob. 2.1.1) rozmiar horyzontu cząstek (czy też horyzontu dźwiękowego, który był w czasie ostatniego rozproszenia niewiele mniejszy) widzimy obecnie pod kątem około 1°. Kąt ten zależy od stosunku rozmiarów samego horyzontu do odległości rozmiarów kątowych do horyzontu. Obie te wielkości są funkcjami wszystkich składników Wszechświata, chociaż w czasie rekombinacji dobrym przybliżeniem jest zaniedbanie wpływu niezerowej gęstości materii i stałej kosmologicznej. Obecnie wpływ gęstości promieniowania i materii barionowej na dynamikę ekspansji Wszechświata jest praktycznie do pominięcia. Niezależnie od wartości poszczególnych składników rozmiary kątowe zależą od krzywizny przestrzeni, w której dokonuje się obserwacji. Takie same rozmiary liniowe horyzontu dźwiękowego będą widoczne pod mniejszym kątem w przestrzeni

² Obecne metody oszacowania ruchów własnych gromad galaktyk używają oszacowań odległości w celu odjęcia Hubble'owskiej prędkości z prędkością wywnioskowaną z przesunięcia ku czerwieni. Takie metody jednak szybko są zdominowane przez błędy systematyczne wynikające z niepewności pomiarów odległości.

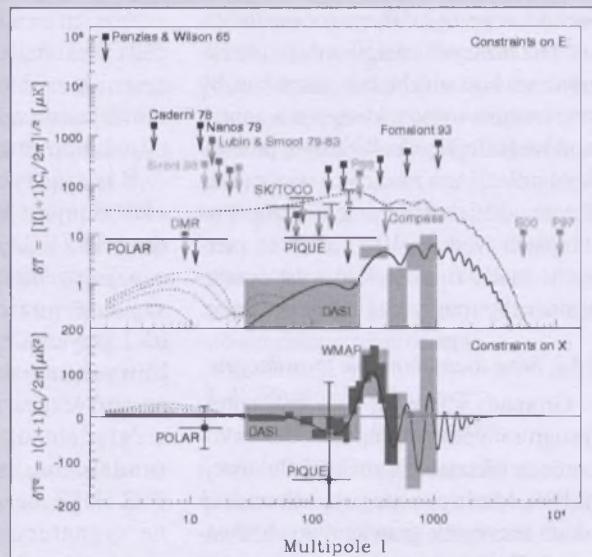
o ujemnej krzywiźnie niż w przestrzeni o dodatniej krzywiźnie. Dlatego też wyznaczenie położenia piku akustycznego ma duże znaczenie.

Wysokość piku jest związana z kombinacją stałej Hubble'a (definiującej prędkość ekspansji) oraz gęstości barionów, od których zależy częstość rozproszeń. Przyjmując ograniczenie narzucone na tę parę ($\Omega_{b0} H_0^2$) z teorii nukleosyntezy, można wyznaczyć oba te parametry niezależnie. Sonda WMAP dostarczyła pomiary dwóch pierwszych oscylacji Sakharova w widmie mocy TT. Stwarza to możliwość wyznaczenia tych parametrów niezależnie od informacji niesionej przez teorię nukleosyntezy (i obserwacje lasów Ly α w widmach odległych kwasarów).

Stała kosmologiczna (Λ), jak wiadomo, pełni rolę kosmologicznego „antyatraktora” ze względu na jedynie sobie charakterystyczną właściwość, mianowicie ujemne ciśnienie przy dodatniej gęstości tej wielkości (parametr $w < 0$). Do-

danie takiego komponentu do pozostałych składników Wszechświata (promieniowania, materii barionowej i ciemnej materii) ma bardzo „czysty” wpływ na kształt widma mocy. Powoduje ono kompresję widma ze wszystkimi jego charakterystykami. Jest to konsekwencja oczywiście tylko zmiany krzywiźny przestrzeni na późnych etapach ewolucji wszelkich struktur kosmicznych — późnych w stosunku do formowania się np. oscylacji akustycznych (w czasie ścisłego sprzężenia materii i promieniowania przed rekombinacją). Przyspieszona ekspansja (zaniedbywalna w czasie rekombinacji) obecnie jest dominującym składnikiem) sprawia, że obserwowane fluktuacje CMBR będą występowały w widmie na większych wielkościach kątowych niż w przypadku braku stałej kosmologicznej.

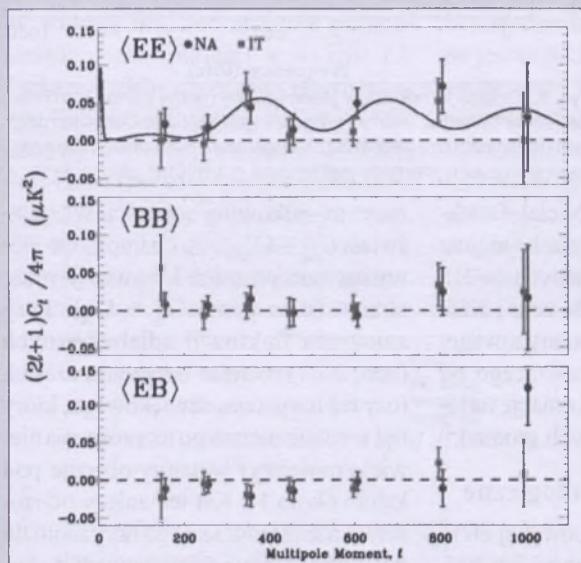
Widmo mocy TT jest bardzo czułe na zmiany wartości gęstości optycznej do rejonizacji. Dzieje się tak dlatego, że rejonizacja na powrót wprowadza pewne niewielkie sprzężenie pomiędzy materią a promieniowaniem i w ten sposób niszczy uprzednio uformowane fluktuacje. Większe wartości gęstości optycznej skutkują w bardziej płaskim widmie temperaturowym. W przyszłości dokładną informację o czasie zajścia rejonizacji dostarczą obserwacje polaryzacyjnego widma EE, w szczególności położenia piku na największych rozmia-



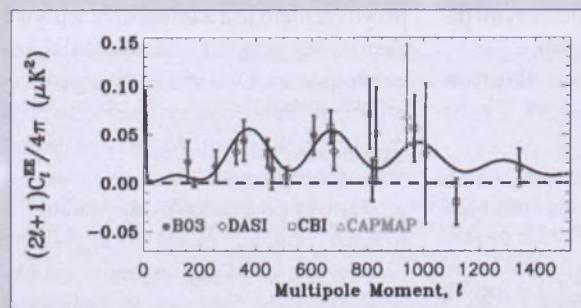
Rys. 9. Synteza wybranych pomiarów modów EE od roku 1965 (Penzias, Wilson) do 2003 i wyznaczonych przez sondę WMAP ograniczeń na widmo TE, wykonana przez A. de Oliveira-Costa (arXiv:astro-ph/0406358)

rach kątowych. Wyznaczy to rozmiary horyzontu dźwiękowego ($\sim c_s/H_0$) w czasie rejonizacji, a to jednoznacznie określi czas zajścia rejonizacji. Wysokość piku jest również związana z głębokością optycznej rejonizacji, a ta z kolei z gęstością przestrzenną wolnych elektronów. Analiza tego widma dostarczy więc niezależnego narzędzia do badania jonizacyjnej historii Wszechświata.

Innym przykładem zależności pomiędzy rozkładem anizotropii a poszukiwanymi parametrami jest związek pomiędzy stałą Hubble'a a czasem zrównania się gęstości materii i promieniowania (t_{eq}). Okazuje się, że im dłużej trwa epoka radiacyjna (im większe t_{eq}), tym mniejsza jest stała Hubble'a i tym większy staje się pierwszy pik akustyczny. Opóźnienie momentu t_{eq} może jednak być również uzyskane poprzez dodanie stałej kosmologicznej. Należy pamiętać, że wszystkie relacje łączące nasze obserwacje z poszukiwanymi parametrami są funkcjami wszystkich parametrów naraz. Wiele różnych zestawów parametrów kosmologicznych, opisujących różne modele Wszechświata, skutkuje w podobnym widmie mocy TT. Dodatkowo w sytuacji, gdy wykonyane mapy anizotropii tła posiadają niską rozdzielczość, jak np. w przypadku satelity COBE (którego rozdzielczość nie schodziła poniżej 7°), w ogóle nie istnieje możliwość obserwacji i analizy obszaru oscylacji akustycznych. Różnice pomiędzy tego typu zdegenerowanymi modelami można dostrzec poprzez prowadzenie obserwacji z dostatecznie



Rys. 10. Otrzymane w wyniku dwóch niezależnych analiz (punkty „NA” i „IT”), „zbinowane” widmo mocy EE, BB oraz ich korelacja (EB). Rysunek pochodzi z publikacji (arXiv:astro-ph/0507514)



Rys. 11. Porównanie wyznaczonych widm mocy pomiędzy różnymi eksperymentami. Rysunek pochodzi z publikacji (arXiv:astro-ph/0507514)

dużą zdolnością rozdzielczą i czułością, analizując dodatkowo widma polaryzacyjne lub też polegając na niezależnych obserwacjach wyznaczających któryś z parametrów niezależnymi metodami.

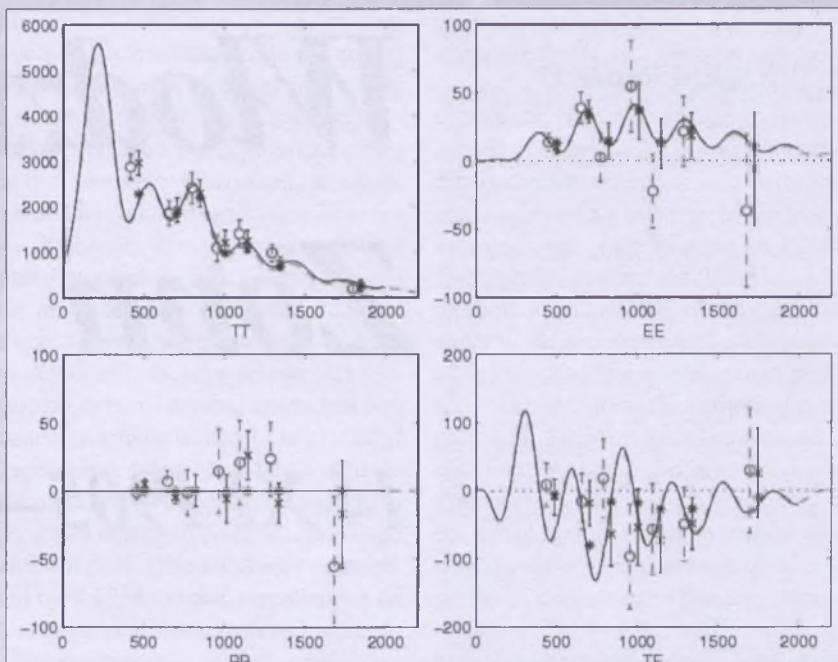
2.6. Synteza obserwacji widm polaryzacyjnych

W poprzedniej części artykułu („Urania-PA” 2005/5) przedstawiono syntezę pomiarów temperaturowego widma mocy. W tym rozdziale przedstawiam historię oraz dotychczasowe osiągnięcia w zakresie wyznaczenia widm polaryzacyjnych oraz perspektyw na przyszłość.

Rys. 9 przedstawia syntezę pomiarów polaryzacyjnych modów EE (górnego panelu) oraz widma kroskorelacyjnego TE (dolny panel). Poszczególne eksperymenty sukcesywnie obniżały górną granicę wielkości sygnałów EE oraz TE aż do momentu wykrycia kolejno modów TT oraz modów polaryzacyjnych uwięzionych sukcesem DASI.

Kluczową rolę w obecnych i przyszłych badaniach sygnałów polaryzacyjnych będą miały obserwacje i symulacje galaktycznych pól magnetycznych, rozkładu promieniowania swobodno-swobodnego, synchrotronowego oraz pyłu dominujących na odpowiednio małych i dużych częstotliwościach. Niespolaryzowany komponent wymienionych mechanizmów promieniowania jest już w miarę dobrze poznany, jednakże sytuacja przedstawia się dużo gorzej, jeśli chodzi o emisję spolaryzowaną. Wszystkie wymienione mechanizmy promieniowania, jak również galaktyczne pola magnetyczne mogą mieć swój udział w formowaniu się spolaryzowanych sygnałów nakładających się na sygnały CMBR. Przykładowo emisja termiczna wydłużonych ziaren pyłu ustawionych w sposób nieprzypadkowy może się przyczynić do polaryzacji promieniowania. Podobnie emisja synchrotronowa jest do pewnego stopnia spolaryzowana liniowo i jako taka może stanowić szum w badaniach pierwotnych widm EE.

Na rys. 10 przedstawiono opublikowane niedawno wyniki pomiarów widma mocy EE przez balonową misję Boomerang. Przedstawiono również ograniczenia na detekcję modów B. Obecnie ich wielkość jest zgodna z zetrem, a ich potencjalna detekcja będzie wymagać jeszcze dokładniejszych pomiarów.



Rys. 12. Widma mocy fluktuacji CMBR otrzymane z interferometrycznego, naziemnego eksperymentu CBI. Zdecydowane odstępstwo pierwszego punktu (od lewej) w widmie TT od widma teoretycznego prawdopodobnie jest jedynie konsekwencją wpływu „wariancji próbki”. Eksperyment CBI nie obserwuje całego nieba, lecz jedynie jego mały fragment (maksymalne pole ma rozmiary $4,5^\circ \times 4,5^\circ$), stąd naturalnie powstające różnice powodowane brakiem odpowiedniej statystyki pomiarów dla kątów porównywanych z rozmiarami obserwowanego pola. Rysunek pochodzi z publikacji (arXiv:astro-ph/0509203)

Czarna ciągła linia na rysunkach 10 i 11 przedstawia najlepsze dopasowanie teoretycznego modelu Λ CDM danych obserwacyjnych satelity WMAP, konkretnie widma TT. Zgodność modelu wyznaczonego z temperaturowego widma mocy z satelity WMAP z obserwacjami polarymetrycznymi misji Boomerang jest dobrym eksperymentalnym sprawdzianem modelu Λ CDM. O ile mody B nadal wymykają się detekcji, mody E definitelycznie zostały zarejestrowane, a ich widmo i wyznaczone z nich parametry kosmologiczne w granicach błędów pozostają w zgodzie wynikami innych eksperymentów.

Na rys. 12 przedstawiono opublikowane niedawno wyniki interferometrycznego, naziemnego eksperymentu CBI (Cosmic Background Imager). Przedstawione widma mocy zostały wyznaczone z danych zbieranych w czasie od września 2002 do kwietnia 2005 r. — zaznaczone krzyżykami. Cztery „zbinowane” widma mocy zostały nałożone na widmo wyznaczone teoretycznie w oparciu o parametry kosmologiczne wyznaczone przez sondę WMAP w ramach modelu Lambda CDM. Jest to kolejne, bardzo mocne, obserwacyjne potwierdzenie istnienia niezerowych modów E, pomimo braku detekcji mody B.

Podsumowanie

Współczesna kosmologia dała nam dobrze ugruntowany obserwacyjnie model kosmologiczny. Najbliższe lata dostarczą nowych danych obserwacyjnych ze wszystkich dziedzin badań omawianych w tym artykule. Pozwolą one zwiększyć dokładność, z jaką znamy poszczególne parametry kosmologiczne, sprawdzić i udoskonalić aktualny model standardowy, rzucając, być może, trochę światła na sektor ciemnej materii, uzupełniać wiedzę na temat formowania się struktur kosmicznych na wszystkich skalach odległości (od „kosmicznej pajęczyny” — supergromad galaktyk do pojedynczych galaktyk i ich halo) oraz pozwoli poznać historię ionizacyjną Wszechświata. Być może pozwolą również uściślić i określić model inflacyjny, jak i fizykę za nim stojącą.

Bartek Lew jest doktorantem astronomii w Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, obecnie w Japonii, przygotowującym swoją rozprawę doktorską w dziedzinie kosmologii

Włodzimierz Zonn

14 XI 1905 — 28 II 1975



Zaproponowano mi przygotowanie artykułu na setne urodziny Włodzimierza Zonna, bo jestem Jego pierwszym magistrem¹, pierwszym wykładowcą przez Niego doktorem, przy habilitacji był moim recenzentem, a potem współpracowałem z Nim aż do jego śmierci. Byłem jego bliskim, a może i najbliższym uczniem. On wiedział, że może zawsze liczyć na mnie i ja, że mogę na Niego, ale że obaj byliśmy indywidualistami, więc często dochodziło między nami do iskrzenia. Dobrze tę sytuację określa jego odpowiedź z roku 1968 na moje pytanie, czy będzie miał za złe, jeśli się z Jego zakładu przeniosę do Krakowa, gdzie mi proponują objęcie katedry. Odpowiedział spontanicznie i bez namysłu: „Ależ znakomicie, będziemy wtedy mogli bliżej ze sobą współpracować”. W tym nie było ironii. Rzeczywiście przez następne kilka lat przyjeżdżał chętnie na zaproszenia z referatami do Krakowa, mnie często zapraszał do Warszawy (mogłem się zawsze zatrzymywać w jego mieszkaniu), a jednocześnie przestały istnieć między nami kontrowersje natury formalnej. Ale po co ja wspominam istnienie tych kontrowersji? Otóż kiedyś na pogrzebie człowieka, którego On nie lubił, wygłosiłem mowę pogrzebową,

a co gorsza opublikowałem wspomnienie o tym człowieku w piśmie astronomicznym. Zonn był bardzo zły na mnie i powiedział: „Zabraniam panu pisać o mnie wspomnienia pośmiertnego”. Sprawa — jako błaha — poszła rychło w niepamięć, ale że nie omawialiśmy już potem, co kto ma napisać po jego śmierci, więc zakazu nigdy nie odwołał. Uważam więc, że obowiązuje on dalej. I dlatego — szanując wolę zmarłego — nigdy nie wygłosiłem i nie napisałem o Nim żadnego pośmiertnego wspomnienia. Ale myślę, że napisany dziś artykuł o Ptolemeuszowi nie podpada pod zakres wspomnień pośmiertnych, tak samo rzecz o Śniadeckim czy Banachiewiczu. Również gdy piszę o Zonnie w 100 lat po jego narodzeniu i w 30 po śmierci, nie będzie to żadne pośmiertne wspomnienie, tylko historyczny przyzczynek. I tu jeszcze jedno wyjaśnienie, dlaczego piszę o nim, można powiedzieć bez szacunku, „Zonn”. Otóż tak Go nazywaliśmy — wszyscy współpracownicy, asystenci i studenci. Tytułami określało się innych, on był swój, po prostu Zonn. Tak mówiły też o nim jego kolejne żony, czasem zdrabniając nazwisko na „Zonik” (wołacz: „Zoniku!”).

Ale trzeba przejść do rzeczy.

Włodzimierz Zonn urodził się 14 listopada 1905 r. w Wilnie przy ulicy, która się wówczas nazywała „Aleksandrowskij bulwar”. Jego ojciec Karol był baronem kurlandzkim, ale rychło w czasie zamieszek rewolucyjnych zaprzestał

¹ Formalnie opiekunką mojej pracy magisterskiej była prof. Wilhelmina Iwanowska, bo Zonn, będąc tylko doktorem i adiunktem, nie miał prawa według ówczesnych przepisów prowadzić prac magisterskich. Opisałem to dokładniej w „Uranii” 2/2003 s. 58–62.

się pisać „von”. Ewangelicka rodzina Zonnów świadoma niemieckich korzeni, trwała całkowicie w kulturze rosyjskiej. Przed zbliżającymi się wojskami niemieckimi w roku 1915 Zonnowie ewakuowali się w głąb Rosji. Wrócili do Wilna w roku 1920, jako biali emigranci. Włodzimierz Zonn — właściwie agnastyk — pozostał formalnie do śmierci ewangelikiem, choć ostatni raz widziałem go w ewangelickim kościele na początku lat 50. Jeden z jego braci, działacz bolszewicki, pozostał w Rosji i oczywiście był ateistą², siostra wyszła w Polsce za prawosławnego i całkiem przylgnęła do prawosławia w Poznaniu, zaś starszy brat, Aleksander, został kapłanem rzymskokatolickim w zgromadzeniu Księży Misjonarzy w Żaganiu (pochowany w Krakowie). Każde z rodzeństwa było więc innego wyznania.

Młody Włodzimierz Zonn rozpoczął formalną edukację — jak na barona przystało — w korpusie kadetów w Pskowie. Podczas rewolucji korpus ewakuowano na Syberię i następnie rozwiązano. Piętnastoletni Zonn przebył, w znacznej mierze pieszo, tysiące kilometrów, po drodze doraźnie pracując i zarabiając na życie, do Orła, gdzie przebywał jego ojciec. Mówił mi, że niebawem podjętą decyzję powrotu do Wilna przyjął jako naturalną. Był Niemcem wychowanym w kulturze rosyjskiej, a Polska, do której wówczas należało Wilno, leżała właśnie między Niemcami a Rosją. Uznał, że los wyznacza mu konieczność stania się świadomym Polakiem i w szesnastym roku życia rozpoczął intensywną naukę języka polskiego. Później trudno było uwierzyć, że polski nie jest jego językiem macierzystym. Kto o tym wiedział, mógł tylko zauważyc, że gdy istniały dwa synonimy na jakieś określenie, a jeden z nich był identyczny ze zwrotem rosyjskim, Zonn na wszelki wypadek, aby wykluczyć podejrzenia o rusycyzm, używał tego drugiego.

Dorabiając korepetycjami do skromnego budżetu rodzinnego, Zonn ukończył w Wilnie szkołę średnią i podjął na tamtejszym uniwersytecie studia astronomiczne, gdzie jego mistrzem stał się profesor Władysław Dziewulski, a koleżanką Wilhelmina Iwanowska. Z nimi

² Niech mi nikt nie mówi, że ateizm nie jest wiara i wyznanie. Wiem, bo sam przez dziesięć lat byłem ateistą.

pozostał w kontakcie trwającym całe życie. W tym czasie odbył też służbę wojskową w oficerskiej szkole artylerii i otrzymał asystenturę w uniwersyteckim obserwatorium. Jego znaną pracę w tym okresie była uzyskana w czasie zaćmienia całkowitego fotografia korony słonecznej. Zonn opowiadał, jak tuż przed momentem całkowitości zepsuła się migawka, dla której miał precyzyjnie wyliczony czas ekspozycji. Zasłonił w desperacji obiektyw teleskopu kapeluszem, odsunął zasuwę kasety i na wykucie na chwilę odśniął i znów zakrył kapeluszem teleskop. Zdjęcie okazało się naświetlone optymalnie i było swoego czasu obiektem podziwu. Niedługo zrobił u prof. Dziewulskiego doktorat. Od roku 1938 uzyskał etat adiunkta na Uniwersytecie Warszawskim z przeznaczeniem do świeżo otwartego wówczas obserwatorium na Popie Iwanie. Niewiele tam zdążył działać. Rychło zmobilizowany, wziął nieznaczny tylko udział w kampanii roku 1939 i cały pozostały czas wojny przebył w jenieckim obozie oficerskim w Murnau, w Alpach Bawarskich. Nie próżnował, wykładał obozowym kolegom przedmioty ścisłe, w tym astronomię ogólną i teorię błędów. Wróciwszy w roku 1945 do Warszawy, miał więc gotowe notatki do wykładów.

Rok 1945 był ważną cezurą w Jego życiu. Stał się wtedy faktycznie samodzielnym naukowcem. Obserwatorium w Warszawie było zburzone. Obserwatorium na Popie Iwanie było nie tylko zburzone, ale i znalazło się za granicą. Uniwersytecka Katedra Astronomii pozostała od jesieni nie obsadzona. Jej kuratorem był matematyk. Dwaj adiunkci i jeden asystent zajmowali się wizualnymi obserwacjami gwiazd w prowizorycznej uniwersyteckiej stacji obserwacyjnej w Przegorzałach pod Krakowem (dziś Kraków). Cała dydaktyka spoczęła na adiunkcie — Zonne i starszym asystencie mgr. Macieju Bielickim. Świętne przygotowane i wygłaśiane „z sercem” Zonnowe wykłady astronomii ogólnej — obowiązkowe tylko dla kierunku *astronomia* — przyciągały rzesze studentów innych specjalności. Niebawem Zonn ze swoim temperamentem i umiejętnością współpracy z ludźmi stał się tym, wokół którego skupili się astronomowie pracujący w Warszawie. Szybko nawiązał współpracę z Politechniką Warszawską,

gdzie astronomią praktyczną i geodezyjną parali się prof. Felicjan Kępiński oraz adiunkci Wiesław Opalski i Walenty Szpunar. Niedługo do tego grona dołączyli geofizyk, ale z zamiłowaniemi astronomicznymi — prof. Edward Stenz i repatriowana z Wilna mgr Maria Mackiewiczówna. Na przełomie lat 1946/1947 zorganizowano regularne, wspólne spotkania naukowe. Honory gospodarza w politechnicznym lokalu pełnił najstarszy wiekiem w tym gronie prof. Kępiński, ale niewiele wracał się do programu. Merytoryczne kierownictwo w naturalny sposób spoczęło w rękach Zonna. Tak rozpoczęła się naukowa, powojenna praca astronomiczna w powracającej do życia Warszawie. Niedługo do uczestnictwa zaproszono starszych studentów astronomii, zarówno tych uniwersyteckich, jak i geodezyjnych.

Myślę, że dziś niełatwo jest docenić znaczenie, jakie w owych czasach miały te zebrania naukowe. Obecnie wieść czerpiemy z bibliotek, z księgarń, z prenumerowanych międzynarodowych czasopism, wreszcie z Internetu. Wówczas ocalone biblioteki i księgarń (raczej antykwiary) oferowały książki nie młodsze niż sprzed 7 lat, Internetu jeszcze nie wynaleziono, a pocztowa wymiana naukowa ze światem dopiero usiłowała odzyskać po wojnie i była maksymalnie utrudniana przez cenzurę i inne czynniki bezpieczeństwa. Pamiętam, jak nawet zaprenumerowane telegramy z centrali odkryć astronomicznych miały prawo przychodzić tylko do centrum wymiany prasy naukowej, skąd po oceniurowaniu wysypane były zwykłą pocztą do obserwatorium. Sprawały zresztą tyle kłopotów zastrzeżeniami censorów (były pisane kodem), że Zonn zdecydował, by przestać je prenumerować. Jakakolwiek książka czy zeszyt czasopisma z nowościami naukowymi były więc niesłuchanie cenne. Kto je miał, referował innym. Zonn zaproponował, aby systematyczne referować na tych zebraniach kolejne rozdziały pierwszego wydania książki Pawła Parenago *Zwiedzna astronomia*, gdzie znajdowały się podstawy wiedzy o naszej Galaktyce i o budowie Wszechświata. Jej wstępne rozdziały, uwzględniające nowoczesne na owe czasy ujęcia obserwacyjnych podstaw astronomii, były jednakowo ważne dla wszystkich astronomów niezależnie od ich ukierun-

kowania. Książka miała i tę zaletę, że w Warszawie istniało parę jej egzemplarzy, co ułatwiało przygotowanie kolejnych referatów. Samorzutnie przyjęło się też referowanie nowości naukowych, jeśli ktoś jakieś zdobył. Potem stało się to stałą częścią zebrania — „kroniką”. Na te zebrania przychodziło się mniej więcej w takim nastroju, w jakim się dziś otwiera Internet lub nowy zeszyt nadawanego właśnie pocztą czasopisma.

Te zebrania w niedługim czasie zaczęły dostarczać pobudek do prac magisterskich, doktorskich, do prac naukowych w ogóle. Jeśli popatrzymy na to, co warszawscy astronomowie opublikowali w pierwszych latach powojennych, stale widzimy powiązania z tematyką tych zebrań. W kilka lat później, po odbudowie warszawskiego obserwatorium uniwersyteckiego, zebrania z Politechniki przeniesiono do odrestaurowanego gmachu w Alejach Ujazdowskich, gdzie przez kilka późniejszych lat odbywały się pod firmą Oddziału Warszawskiego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (istniał kiedyś taki oddział!), a do dziś trwają jako zebrania naukowe Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego i są nadal pożyteczne, ale daleko im do znaczenia, jakie miały w pierwszych powojennych latach, gdy kierował nimi bezpośrednio, z ogromnym zaangażowaniem, Zonn i gdy były prawdziwą oazą na astronomicznej, powojennej warszawskiej pustyni.

Można by mówić o formalnej karierze naukowej Zonna. W roku 1949 na podstawie obserwacji wykonanych w Szwecji, a opracowanych w Warszawie, habilitował się na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. W roku później został profesorem Uniwersytetu Warszawskiego. Ale czy jest sens mówić o formalnych stopniach i tytułów w stosunku do człowieka, który do formalności nie przywiązywał nigdy zbyt dużo wagi. Zonn stał się głównym astronomem warszawskim już w roku 1945, a choć w ciągu dziesięcioleci pod takim lub innym względem prześcignęli go ci, których On wychował lub których sprowadził do Warszawy, w powszechnej świadomości do swojej śmierci zajmował w astronomicznej Warszawie główne miejsce.

W latach 50., w porozumieniu z Janem Jerzym Kubikowskim i Andrzejem Ziębą z Wrocławia, zorganizował tak zwaną Grupę Warszawsko-Wrocławską

zajmującą się zastosowaniami matematyki w astronomii. Grupa zbierała się na przemian wrocławiu i w Warszawie. Przyciągnęła do siebie kilkanaścioro młodych osób, które zdobywały na tych spotkaniach pomoc lub zgłębiały podstawy do własnych prac naukowych. Była grupą nieformalną i nikt nie prowadził jej kroniki. Nie potrafię nawet dociec, kiedy się odbyło jej pierwsze zebranie, kiedy ostatnie i ile ich było wszystkich razem. W toku kolejnych spotkań grupa podzieliła się na dwie części: dynamiczną, pod kierownictwem Andrzeja Zięby obranego większością głosów jej samowładnym „dyktatorem”, i statystyczną, która przez akklamację powołała na swego demokratycznego „przewodniczącego” Zonna. Z początkiem lat 60. grupa przestała istnieć. Jej idee przetrwały jednak i odrodziły się, dając w latach 1968–2000 cykl siedemnastu Krakowskich Szkół Letnich Kosmologii. Ich koncepcja, wbrew późniejszej nazwie, została podjęta przez astronomów wrocławskich i warszawskich, byłych uczestników grupy. Więc i one były kontynuacją organizacyjnych poczynań Zonna.

Dowodem powszechnego uznania jego umiejętności pobudzania działalności naukowej i organizacyjnej jest aż dziewięciokrotny Jego wybór na Prezesa Polskiego Towarzystwa Aastronomicznego — absolutny rekord w historii Towarzystwa.

Zonn ma w swoim dorobku naukowym prace z zakresu heliofizyki, gwiazd fizycznie zmiennych (habilitacja), astronomii pozagalaktycznej, historii astronomii... Jednak wyniesione z wileńskiej szkoły profesora Dziewulskiego zainteresowania astronomią gwiazdową, uzupełnione studiami najpierw podręcznika Parenagi, a potem innych dzieł obcych i prac własnych dyskutowanych w Warszawie wspólnie z współpracownikami, były do końca życia głównym tematem naukowych prac Zonna. Zwłaszcza Jego pasją był wpływ materii ekstyngującej na widome rozmieszczenie ciał niebieskich. Działając w Grupie Warszawsko-Wrocławskiej Zonn zbudował podstawy swoich najważniejszych, moim zdaniem, prac tworzących ogólną teorię statystycznego traktowania „kłaczkowej” — jak on to określał — budowy ekstyngującej materii międzygwiazdowej (i międzygalaktycz-

nej). Niestety prace te, choć stale w głównych zarysach aktualne, pozostały szerzej nie znane, gdyż były publikowane w nie najbardziej czytanych w świecie czasopismach radzieckich. Gdy się czasem dziś spotyka aktualne prace fotometryczne z zakresu budowy Galaktyki, gdzie ekstynkcję międzygwiazдовą traktuje się jako ciągłą funkcję współrzędnych i w wyniku dochodzi do błędnych wniosków, aż się prosi, aby prace Zonna zostały przypomniane. Jego pierwsi uczniowie są już za starzy, aby się tym zająć. Ale chciałoby się, aby spośród Jego uczniów młodszych lub najmłodszych znalazł się ktoś, kto by zredagował te prace w zrozumiałym dla większości języka i opublikował to w którymś z powszechnie czytanych czasopism astronomicznych.

Skoro mowa o uczniach Zonna, trzeba powiedzieć, że nikomu nie wyznaczał tematów pracy. Angażując asystenta chciał, aby ten przyłączył się do którejś z działających grup, choćby pod zupełnie innym kierownictwem, choćby i poza Warszawą, aby był aktywny naukowo w astronomii. Był życzliwy wszelkim kontaktom zewnętrznym. Na życzenie doradzał tematy prac, indywidualne lub dla grupy, ale nigdy niczego nie narzucał. Kiedyś zaangażował dobrze zapowiadającego się młodego magistra, który formalnie wykonywał wszystkie polecenia, ale w sensie pracy naukowej nie robił dosłownie niczego, nie zainteresował się niczym. Był zdziwiony, gdy po roku Zonn z całą życzliwością mu powiedział, żeby sobie poszukał innej pracy: w szkole, w wydawnictwie, w instytucji oświatowej... Innym, którzy coś tam próbowali działać, ale bez zapału, mówił to samo po kilku latach. Cenił samodzielność, szanował ją i chciał mieć współpracowników samodzielnych. Gdyby przepisy pozwalały, nie wymagałby uzyskiwania kolejnych stopni naukowych; wymagał pozytku w nauce. W ostateczności wystarczały mu prace drobne, ale realne, pożyteczne.

Zamiłowanie do faktów, lekceważenie niepozorów, wraz ze świadomością, że są one jednak ważne dla innych, wiązało się z Jego wolnomularskimi poglądami. Do ruchu masońskiego został przyjęty w okresie wileńskim w roku 1932 (loża „Wolność Przywrócona”). Nie udało mi się w pełni zweryfikować informacji, że od roku 1961 należał do słynnej loży

„Copernicus”, głęboko utajnionej, funkcjonującej w pewnym sensie ponad obediencjami, jedynej kontynuującej w Polsce w okresie komunistycznym działalność wolnomularską. Wiem natomiast, że pozostała w bliskich kontaktach osobistych z jej członkami. Wiedząc, że był godnym masonem³, można lepiej zrozumieć, dlaczego przy kontaktach z ludźmi nie miały dla niego znaczenia ani przynależność partyjna, ani wyznanie religijne, ani żadne inne formalne związki międzyludzkie (również związki pomiędzy nim samym a innymi osobami), ale wewnętrzna wartość człowieka i realne powiązania wynikające z istoty rzeczy. Nie uginał się przed panującymi ideologiami, ale też ryzyko przeciwstawienia się im podejmował tylko wtedy, gdy mogło się ono opłacić, gdy ryzykowna postawa mogła dać skutek. Gdy w marcu 1953 r. jako dyrektor Obserwatorium otwierał zebranie poświęcone śmierci Stalina (musieli przyjść wszyscy pracownicy), powiedział pogodnym głosem: „Zebraliśmy się z okazji śmierci Józefa Stalina. Proszę sekretarza organizacji partyjnej o wygłoszenie referatu”. Używając określeń ze znanego dowcipu, można mu było wtedy zarzucić co najwyżej niewłaściwą „melodię”, ale „tekst” był poprawny. Kilka lat później, po powrocie z wizyty w Moskwie, na publicznym odczycie wesoło krytykował styl nowej moskiewskiej architektury. Bałsmy się, że się naraża, ale on wiedział, co robi. Niedługo potem ukazały się w moskiewskim „Krokodyle” dowcipy na ten sam temat. Tu ryzyka nie było. Nie zawała się natomiast podpisać, jako jeden z piętnastu, w roku 1974 słynnego listu w sprawie kontaktu z Polonią w Związku Radzieckim. To ryzyko warto było podjąć. List był jednym z istotniejszych uderzeń w partyjny system Peerełu. Partia zaczęła rozumieć, że intelektualiści

myślą samodzielnie. Zonn stracił uznanie w kregach partyjnych. Nie odważono się jednak chorego już Zonna nękać aresztowaniem czy wyniszczającymi przesłuchaniami. To był ostatni silny akord w Jego życiu i działalności. Rak płuc rozwijał się szybko. Przechodząc jeszcze na niektóre spotkania naukowe, Zonn siadał w wygodnym fotelu specjalnie dla niego przygotowywanym i mówił coraz ciszej. Zmarł 28 lutego 1975 r. W momencie śmierci stanął Jego biurkowy zegar.

Mówiąc o różnych dziedzinach działalności Zonna, trzeba też wspomnieć o Nim jako o popularyzatorze. Jako młody astronom lubił prowadzić pokazy nieba i mówić o niebie. Nie przejmował się szczegółami, szło mu o przekazanie widzom i słuchaczom podstawowych spraw i poglądów astronomicznych. Instruując w Warszawie młodych pracowników obserwatorium uniwersyteckiego, mających prowadzić pokazy nieba, przyznał, że kiedyś w Wilnie pomylił się w ustawnieniu teleskopu i zamiast na Arktura nastawił na jakąś inną gwiazdę. Szczerze to, gdy już powiedział, że Arktur ma temperaturę cztery i pół tysiąca stopni, jest 180 razy jaśniejszy od Słońca itd., itd. Przez chwilę się namyślił, czy się nie przyznać do pomyłki i nie nastawić teleskopu prawidłowo. Biorąc jednak pod uwagę, że w teleskopie wszystkie gwiazdy wyglądają jednakowo i jego pomyłka w niczym nie mogła zaszkodzić uczestnikom pokazu, kontynuował informacje o Arkturze nie ruszając teleskopu, a potem przeszedł spokojnie do pokazu innych obiektów. W okresie warszawskim pokazy nieba prowadził tylko wyjątkowo. Natomiast wygłaszał odczyty popularne i pisnął popularne książki i artykuły, które podobały się ludziom i kreowały nowe zastępy miłośników astronomii. Nie można powiedzieć, żeby w Jego odczytach i książkach nie zdarzały się drobne błędy, nie tylko literowe, ale oświetlenie problemów astronomicznych było zawsze prawdziwe i interesujące.

Byłoby zupełną pomyłką traktowanie Zonna przede wszystkim jako popularyzatora, bo i takie tendencje się spotyka. Był przede wszystkim uczniem, badaczem i animatorem badań. Jeśli natomiast uważamy, że przyzwoity uczeń musi potrafić przedstawić społeczeństwu, które go utrzymuje, sens

badań naukowych swoich i swoich kolegów, że musi być również popularyzatorem, to trzeba przyznać, że Zonn był uczonym przyzwoitym.

Od Redakcji

Dla bardziej kompletnej sylwetki Profesora Włodzimierza Zonna wypada jeszcze dodać kilka zdań na temat Jego zasług dla Ośrodka Warszawskiego. Wspomniane już były Jego zasługi dydaktyczne, ale trzeba chyba je uzupełnić. Oprócz podręcznika Astronomii gwiazdowej, Profesor był wcześniej autorem podręcznika akademickiego Astrofizyka ogólna. Był to wówczas jedyny w Polsce podręcznik astrofizyki obserwacyjnej w języku polskim, na którym kształcili się młodzi astronomowie w całej Polsce w latach 50. i 60. Bardzo szybko Profesor Zonn zdał sobie sprawę z wagi i potrzeby rozwijania astrofizyki teoretycznej. W roku 1953 nakazał do przejścia z Krakowa do Warszawy dra Stefana Piotrowskiego, który świeżo wrócił do Polski po rocznym stażu w Stanach Zjednoczonych. W USA dr Piotrowski pracował w Harwardzie pod kierunkiem Henry'ego Norrissa Russella, gdzie uczestniczył w badaniach rozpraszania promieniowania w atmosferach gwiazd, a z Z. Kopalem opracował nową metodę rozwiązywania orbit gwiazd zaćmieniowych. To ostatnia tematyka badawcza została z powodzeniem zaszczepiona przez niego na grunt warszawski. W Warszawie prof. Zonn i prof. Piotrowski stanowili dwie niezwykle osobowości, z których pierwszy porywał studentów swym sposobem bycia i swymi wykładami, w których ukazywał uroki astronomii, a drugi zapewniał studentom solidną wiedzę matematyczno-fizyczną i doprowadzał ich do pierwszych linii frontu współczesnych badań naukowych. Obaj stworzyli warszawską szkołę astronomii. W atmosferze pełnej swobody doboru tematyki badawczej kształcili się młodzi astronomowie warszawscy, którzy później stali się wybitnymi badaczami i chłubnie zapisali się na kartach polskiej astronomii. Trzeba tu wymienić m.in. profesorów: Krzysztofa Serkowskiego, Stanisława Grzędzielskiego, Andrzeja Kruszewskiego, Józefa Smaka, Bohdana Paczyńskiego, Kazimierza Stepnia, Wojciecha Dziebowskiego i wielu innych. Autor wspomnienia był już magistrem, gdy wyżej wymienieni rozpoczęli studia i miał już wyrobione zdanie na temat swych zainteresowań badawczych, a nawet wizję swych przyszłych badań.

Autor jest byłym docentem Uniwersytetu Warszawskiego, emerytowanym profesorem Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i byłym dyrektorem Obserwatorium Astronomicznego UJ, zaś aktualnie — profesorem Wyższej Szkoły Ochrony Środowiska w Bydgoszczy

³ Publikacje masońskie przedstawiają Zonna jako wybitnego wolnomularza. Natomiast źródła antymasońskie przypisują mu zarówno przynależność do nieregularnych obediencji, jak również pewne zupełnie fantazyjne działania (na przykład działalność wolnomularską w Warszawie w czasie okupacji, gdy w rzeczywistości był w oflagu). Niektórym sugestiom tych źródeł uległ nawet poważny badacz masonerii, Ludwik Haas, który w książce *Masoneria polska XX wieku* (Warszawa 1996) oprócz prawdziwych informacji o Zonne powtarza również bardziej dorzecznie wyglądające plotki z niedorzecznych źródeł.

Powojenne lata wrocławskiej astronomii



Parę słów o odległej przeszłości

Obserwatorium astronomiczne w pruskim Breslau istniało formalnie od roku 1790 — jakkolwiek obserwacje astronomiczne przy uniwersytecie wykonywane były już na początku XVIII stulecia. Przez pierwsze półtora wieku mieściło się ono w centrum miasta, w tzw. Wieży Matematycznej głównego gmachu uniwersytetu. Lokalizacja ta stawała się z czasem coraz mniej odpowiednia do obserwacji. W roku 1930 obserwatorium otrzymuje nową siedzibę poza śródmieściem, w parku, przy ulicy, która przyjmuje imię Kopernika¹.

Przed drugą wojną światową Sternwarte Breslau posiadało dwie filie. Jedna, założona w roku 1934, znajdowała się bardzo daleko, w Windhuku (była kolonia niemiecka: Niemiecka Afryka Południowo-Zachodnia). Ale we wrześniu 1939 r. tę stację obserwacyjną zamknięto, personel niemiecki internowano, a instrumenty zużyto częściowo na cele wojenne. Natomiast Windhuk jest dziś stolicą Republiki Namibii.

Ta druga filia znajdowała się względnie blisko Wrocławia, we wsi Belkawe — obecnie Białków (powiat wołowski). Obserwatorium побudował właściciel tamtejszego majątku, miłośnik astronomii, niejaki Wutschihowski (Wuczychowski?). Największym in-

strumentem był tam doskonały refraktor Repsolda z obiektywem o średnicy 25 cm. Po śmierci właściciela — w roku 1932 — spadkobiercy przekazali ten obiekt Uniwersytetowi Wrocławskiemu.

Dziś ta stacja obserwacyjna działa i rozwija się.

W polskim Wrocławiu

Festung Breslau kapituluje 6 maja 1945 r. Budynki przy Nikolaus Kоперnikus Strasse ocalały (personel niemiecki opuścił je przed oblężeniem miasta). Do września stacjonowała w obserwatorium armia radziecka; działał tam też warsztat wojskowy. Obiekt przejmuje następnie od wojska Uniwersytet Wrocławski; z ramienia uczelni występował podówczas dr Kazimierz Kordylewski, adiunkt Obserwatorium Krakowskiego.

Jako początek działalności obserwatorium w powojennym Wrocławiu można przyjąć datę 5 października 1945 r. Dnia tego przybywa tu prof. Eugeniusz Rybka, który obejmie kierownictwo tej placówki naukowej i rozpoczęcie organizowanie polskiego ośrodka astronomicznego.

Kadrę naukową w nowo powstającym Uniwersytecie Wrocławskim stanowili w znacznej mierze byli pracownicy Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie. Prof. Rybka w latach 1932–1945 był kierownikiem Zakładu Astronomicznego (od roku 1936 Ob-

¹ Jest to bodajże jedyna ulica w polskim Wrocławiu, która zachowała tego samego patrona.

serwatorium Astronomicznego) tegoż Uniwersytetu. Z lwowskiej uczelni przybyli też: mgr Stefania Ninger, dr Antoni Opolski (który cały okres wojny spędził w niemieckim oflagu) oraz dr Jan Mergenthaler. Później wrocławskie grono powiększyły jeszcze: dr Stanisław Szeligowski ze szkoły więleńskiej i dr Stefan Wierzbicki z Poznania.

Natomiast pierwszym wykształconym na Uniwersytecie Wrocławskim astronomem (rok 1950) był Jan Kubikowski. O tej osobie mówić można w samych tylko superlatywach, otwierały się przed nim szerokie perspektywy. Niestety... odszedł on od nas w kwietniu wieku, w okresie rozkwitu swej działalności naukowej.

Co zastaliśmy

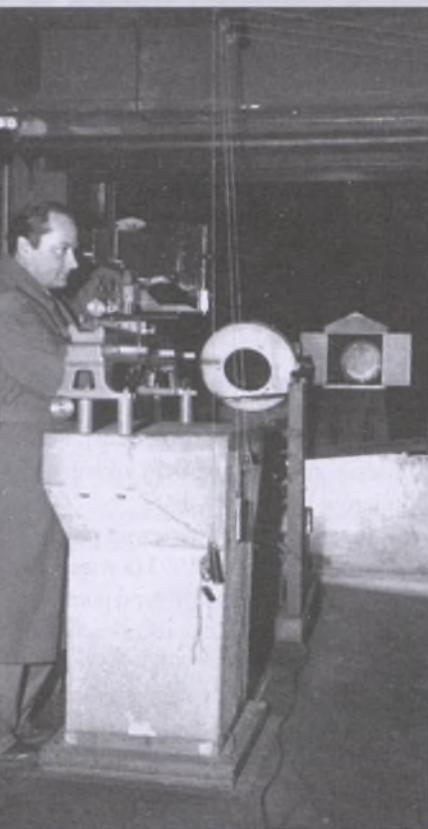
Największym instrumentem był wspomniany 25-cm refraktor Repsolda. Ale fragmenty rozbitego obiektywu leżały na podłodze, zaś mocno zdezasztowany montaż trzeba było wysłać do Zakładu Aparatów Naukowych w Krakowie; został on tam gruntownie wyremontowany i w roku 1949 wrócił do swej kupy w Białkowie. Z obiektywem było więcej problemów. Wykonana w jeleniogórskiej Państwowej Wytwórni Optycznej kopią dawała obrazy o tak złej jakości, iż trzeba było szukać innego rozwiązania. Rozpoczęcie obserwacji się opóźniało.

Natomiast we Wrocławiu, w kopule na budynku głównym Obserwatorium, znajdował się mniejszy, 20-cm refraktor Repsolda — ten przetrwał w stosunkowo dobrym stanie. Jedynie z zamontowanej przy nim 18-cm kamery fotograficznej zniknął obiektyw.

W budynku głównym znajdował się

jeszcze inny, jakże unikalny zestaw obserwacyjny, mianowicie reflektor horyzontalny o ogniskowej 11 m. Obserwowało tu Słońce i planety. Może parę słów więcej o tej „zabytkowej” aparaturze. Otóż główne 30-cm lustro sferyczne znajdowało się tu na wysokim betonowym słupie na zewnątrz budynku, od jego południowej strony. Było ono nieruchome. Natomiast na ścianie budynku, na swego rodzaju balkonie, znajdowało się lustro płaskie. Kierowało ono horyzontalnie w kierunku lustra sferycznego promieniowanie obserwowanego obiektu. Obraz tego ciała niebieskiego rejestrował się wewnątrz budynku (patrz fot. 3). Ale utrzymanie stałego kierunku biegu promieni wymagało obracania się tego płaskiego lustra ze zmienną prędkością. Realizowane to było w bardzo już niewspółczesny sposób... przy pomocy pływaka w zbiorniku wody, której poziom się obniżał.

Po wojnie teleskop ten funkcjonował jeszcze przez lat kilka (najpierw trzeba było jednak uzyskać nowe 30-cm lustro, bo jakiś zapewne żołnierz wybrał sobie tamto za cel). Instrument ten zdawał jednak egzamin na skromną trójkę z minusem i pozostały dziś po nim tylko wspomnienia (no i ów betonowy słup). A w pomieszczeniu, w którym stała aparatura odbiorcza, jest dziś gabinet dyrektora Instytutu.



Fot. 3. Profesor Antoni Opolski przy 30-cm teleskopie horyzontalnym — w głębi widoczne główne lustro umieszczone na słupie

Obserwacje południkowe

Przejdzmy do tematyki obserwacyjnej, udzielając najpierw głosu astronomii klasycznej. W pawilonie południkowym znajdowały się dwa instrumenty do pomiarów astrometrycznych: 15-cm instrument przejściowy i 15-cm koło wertykalne. Pierwszy służy do wyznaczania rektascensji gwiazd, drugi — do deklinacji (podobno było tylko pięć takich kompletów na świecie). Oba te instrumenty przetrwały we względnie dobrym stanie i one były tymi pierwszymi, które w powojennym Wrocławiu skierowano ku gwiazdom.



Fot. 1. Wygląd budynku głównego Obserwatorium Astronomicznego we Wrocławiu w pierwszych latach po wojnie



Fot. 2. Obserwatorium w Białkowie — widoczny pomost łączący pałac z kopułą teleskopu

Obserwatorium wrocławskie włączyło się do przedsięwzięcia zainicjowanego i organizowanego przez astronomów radzieckich. Był to tzw. Katalog Gwiazd Słabych. Należało tu wyznaczyć rektascensje i deklinacje wybranych gwiazd w przyznanych pasach deklinacyjnych. Obserwacje były prowadzone w latach 1949–1953. Realizatorami byli — na początku jeszcze jako studenci — Jan Kubikowski i Przemysław Rybka (syn prof. Rybki). Rezultatem ich 4-letniej pracy były pomierzone wartości rektascensji i deklinacji ponad 500 gwiazd. Dokładność pomiarów była rzędu 0,4".

I tu nasuwa się dziś pewne porównanie. W latach 1989–1993 (a więc także przez cztery lata) tego typu pomiary wykonywane były za pośrednictwem aparatury na satelicie Hipparcos. Zostały wówczas wyznaczone współrzędne 118 tys. gwiazd z dokładnością rzędu 0,001", jak też 1058 tys. gwiazd z dokładnością około 0,05". No cóż, Kubikowski i Przemysław Rybka nie mogli nawet przypuszczać, że w tym samym jeszcze wieku wyniki ich cięż-



Fot. 4. Profesor Eugeniusz Rybka podczas obserwacji fotometrem fotoelektrycznym — odczyt wskazań galwanometru

kiej pracy przybiorą znaczenie już tylko historyczne.

Fotometria fotoelektryczna

Odkrycie zjawisk fotoelektrycznych to rok 1887, a wyjaśnienie praw fotosemisyjnego podał Einstein w roku 1905. W połowie XX w. fotopowielacze za-

częły odgrywać istotną rolę w astrofizyce przy rejestraniu słabego promieniowania gwiazd.

W roku 1949 prof. Rybka przebywał w Holandii, w Lejdzie, gdzie zapoznawał się z fotometrią fotoelektryczną. Zamówione tam zostały dwa fotometry do refraktorów we Wrocławiu.

Tab. 1. Zjazdy naukowe w ośrodku wrocławskim w latach 1948–1968

Data	Miejsce	Informacje o zjeździe
Rok 1948 10–11 października	Wrocław	III Zjazd PTA (pierwszy powojenny) — 24 uczestników
Rok 1950 11–13 czerwca	Wrocław	Zjazd Naukowy PTA z udziałem 12-osobowej grupy astronomów ze Związku Radzieckiego
Rok 1953 25–26 sierpnia	Wrocław	Sympozjon PTA o tematyce astrofizycznej. Referujący: prof. Iwanowska, prof. Opolski, prof. Piotrowski, prof. Zonn, prof. Mergenthaler
Rok 1956 12–14 czerwca	Wrocław	Konferencja przeglądowa PTA z udziałem 10 astronomów z Czechosłowacji
Rok 1956 16 grudnia	Wrocław	Walne zebranie PTA — VIII Zjazd PTA
Rok 1959 25–27 czerwca	Wrocław	IX Zjazd PTA — przegląd prowadzonych w Polsce badań naukowych (32 referaty)
Rok 1960 12–14 września	Wrocław	Konferencja PTA o tematyce heliofizycznej z udziałem prof. Marcela Minnaerta z Holandii
Rok 1961 listopad	Tatrzańska Łomnica	Pierwsze z sympozjów heliofizycznych, organizowanych przez Uniwersytet Wrocławski i Instytut Astronomii Czechosłowackiej Akademii Nauk
Rok 1962 październik	Kalatówki (Zakopane)	Drugie polsko-czechosłowackie sympozjum heliofizyczne
Rok 1964 październik	Tatrzańska Łomnica	Trzecie polsko-czechosłowackie sympozjum heliofizyczne
Rok 1966 20–23 września	Sopot	Sympozjum heliofizyczno-magneto-hydrodynamiczne — uczestniczą przedstawiciele sześciu państw
Rok 1967 26–28 października	Wrocław	XIII Zjazd PTA — uchwała w sprawie organizacji w Polsce w 1973 r. kongresu MUA
Rok 1968 wrzesień	Poczdam	Piąte sympozjum heliofizyczne — nie uczestniczą astronomowie z Czechosłowacji (interwencja wojsk Układu Warszawskiego)
Rok 1968 wrzesień	Opole	Pierwsza Letnia Szkoła Kosmologii Obserwacyjnej i Teoretycznej. Główny organizator — doc. Jan Kubikowski

wiu i Białkowie. Kupiono też fotopowielacze 1P21. Obserwacje rozpoczęto we Wrocławiu pod koniec roku 1950. Nie wszystko oczywiście wyglądało tak bardzo nowocześnie. Wielkość generowanego w fotokomórce prądu elektrycznego mierzyło się galwanometrem lusterkowym. Skręcenie lusterka odczytywano na odległej o kilka metrów skali i zapisywano w notesiku (patrz fot. 4). Trzeba też było spojrzeć na chronometr i odnotować czas.

Tematem obserwacji była początkowo fotometria fundamentalna, określanie jasności gwiazd w wybranych polach (podobne prace wykonywano we Lwowie metodą fotograficzną). Natomiast później na refraktorze wrocławskim prowadzono badania zmienności blasku gwiazd magnetycznych.

Zjazdy naukowe

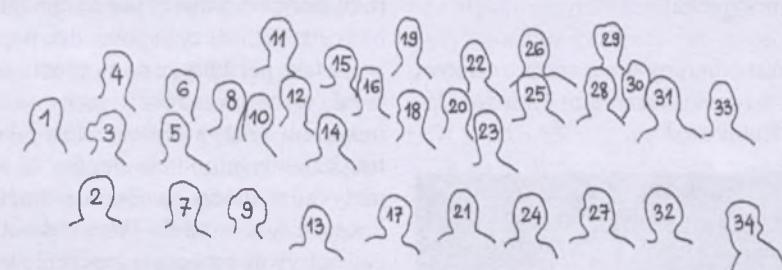
Z przedstawionego wykazu (tab. 1) wynika, że w tamtym okresie dużo się działało w ośrodku wrocławskim. Parę komentarzy w odniesieniu do niektórych z wymienionych zjazdów.

Wydarzeniem wielkiej wagi był III Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, jaki odbył się w roku 1948. PTA powstało w roku 1923, gdy astronomowie polscy zebrali się w Toruniu, by uczcić 450 rocznicę urodzin Mikołaja Kopernika. Ale trzeba stwierdzić, że działalność tego Towarzystwa w okresie międzywojennym była bardzo skromna, na co wskazuje choćby fakt, że następny i jedyny zjazd członków odbywał się dopiero w roku 1934. Tak więc celem zwołanego do Wrocławia Zjazdu było reaktywowanie istniejącego przed wojną Towarzystwa (ewentualnie powołanie nowego). Zjazd podjął decyzję o reaktywowania, jak też zatwierdził przygotowany wcześniej przez Komitet Organizacyjny projekt statutu. Obok wymienieni są uczestnicy tego Zjazdu — osoby, które ponad pół wieku temu zapalały zielone światło dla PTA².

W zjeździe naukowym odbytym w roku 1950 uczestniczyli też astronomowie radzieccy; goście wygłosili 18 referatów. Ale wówczas (Stalin zmarł

Tab. 2. Uczestnicy III Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego Wrocław, 10-11 października 1948 r.

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Prof. dr Tadeusz Banachiewicz | 13. Dr Lucjan Orkisz |
| 2. Prof. dr Władysław Dziewulski | 14. Dr Janusz Pagaczewski |
| 3. Dr Jan Gadomski | 15. Dr Stefan Piotrowski |
| 4. Prof. dr Wilhelmina Iwanowska | 16. Dr Tadeusz Rakowiecki |
| 5. Prof. dr Felicjan Kępiński | 17. Prof. dr Eugeniusz Rybka |
| 6. Jadwiga Kordylewska | 18. Dr Józef Ryzner |
| 7. Dr Kazimierz Kordylewski | 19. Mgr Adam Strzałkowski |
| 8. Mgr Stefania Kosibowa | 20. Mgr Róża Szafraniec |
| 9. Doc. dr Karol Koziel | 21. Mgr Aldona Szczepanowska |
| 10. Dr Jan Mergentaler | 22. Dr Stanisław Szeligowski |
| 11. Dr Wiesław Opalski | 23. Inż. Walenty Szpunar |
| 12. Dr Antoni Opolski | 24. Dr Włodzimierz Zonn |



Fot. 5. Uczestnicy Sympozjonu Astrofizycznego w Białkowie, rok 1953

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1. Stanisław Gąska | 12. Adam Strzałkowski | 24. Wilhelmina Iwanowska |
| 2. Aldona Szczepanowska | 13. Lucjan Orkisz | 25. Tadeusz Przypkowski |
| 3. Jadwiga Krawiecka
(Rybikowa) | 14. Stanisław Szeligowski | 26. Kazimierz Kordylewski |
| 4. Stefan Piotrowski | 15. Stefania Ninger-Kosibowa | 27. Karol Koziel |
| 5. Halina Tomasiak | 16. Edward Stenz | 28. Jan Mergentaler |
| 6. Jan Kubikowski | 17. Jadwiga Kordylewska | 29. Tadeusz Jarzębowski |
| 7. Andrzej Lisicki | 18. Krzysztof Serkowski | 30. Przemysław Rybka |
| 8. Wiesław Wiśniewski | 19. Konrad Rudnicki | 31. Henryk Iwaniszewski |
| 9. Helena Wilma Jaśko | 20. Maria Mackiewicz | 32. Jan Gadomski |
| 10. Barbara Kołaczek | 21. Eugeniusz Rybka | 33. Roman Ampel |
| 11. Antoni Głania | 22. Róża Szafraniec | 34. Maria Karpowicz |
| | 23. Jan Walichiewicz | |

² Te i inne dane według redagowanych wówczas we Wrocławiu „Sprawozdań Polskiego Towarzystwa Astronomicznego”. Zeszyty tych Sprawozdań wychodziły do roku 1953, kiedy to na ich miejscu pojawił się kwartalnik „Postępy Astronomii”.

dopiero w roku 1953) nawet język był typowy dla epoki. Może dwa fragmenty z wystąpienia V.E. Stiepanowa, ów-

czesnego dyrektora Lwowskiego Obserwatorium Astronomicznego: „Za równo monarchia austriacka, jak i na-

stępnie pański rząd polski³ nie uważały za konieczne rozwijać astronomię". „Z chwilą oswobodzenia Ziem Zachodniej Ukrainy zaistniały możliwości rozwoju naukowej działalności obserwatorium".

Rok 1953. Widocznych na zamieszczonym obok zdjęciu (fot. 5) uczestników Sympozjum można już było zaprosić do odwiedzenia Białkowa. Teleskop doczekał się nowego, dobrego obiektywu, działał już też fotometr fotoelektryczny.

Rok 1961 — znamienny dla heliofizyków — rozpoczyna się współpraca z kolegami z Czechosłowacji. Głównym organizatorem jest tu prof. Jan Mergenthaler. Na pierwsze wspólne sympozjum zebrano się po przeciwległej stronie Tatr, w Tatrzańskiej Łomnicy. Drugie, w roku następnym, odbyło się po stronie polskiej. (Wybór przygranicznych miejsc wynikał tu z możliwości przekraczania granicy na podstawie dowodu osobistego).

Początkiem września 1968 r. W piątym Sympozjum Heliofizycznym mieli uczestniczyć przedstawiciele sześciu państw. Zostało ono jednak zdecentralizowane. Tu polityka władczyła się w naukę. Niecały miesiąc przed Sympozjum, w nocy z 21 na 22 sierpnia, wojska Układu Warszawskiego rozpoczęły likwidację „prańskiej wiosny". Z Czechosłowacji nikt nie przyjechał.

Wspomnijmy raz jeszcze o naszym przedwcześnie zmarłym Koledze, Janie Kubikowskim.



Fot. 7. Jan Jerzy Kubikowski (1927–1968)

Astrometria, której poświęcił kilka pierwszych lat, nie była tematyką z wyboru. Tą najbardziej lubianą dziedziną była astrofizyka teoretyczna. Uczestniczył on szczególnie aktywnie w spotkaniach Astronomicznej Grupy Warszawsko-Wrocławskiej. Później zainteresowania zaczęły koncentrować się wokół tematyki kosmologicznej. To on, już jako docent, zainicjował organizowanie Letnich Szkół Kosmologii Obserwacyjnej i Teoretycznej. Po-

magał mu w tym wrocławski matematyk, doc. Andrzej Zięba. Pierwsze spotkanie uczestników tej Szkoły, poświęcone tematyce teorii względności i kosmologii, odbyło się we wrześniu 1968 r. w Opolu. Wkrótce zaskoczyła jednak wszystkich tragiczna wiadomość o śmierci Kubikowskiego. Prof. Antoni Opolski tak napisał w nekrologu: „...Ale 11 listopada 1968 roku przyszła śmierć; przyszła nagle, bez ostrzeżenia czy zapowiedzi, przyszła z taką perfidią, że na moment uderzenia wybrała czas poświęcony na seminarium relatywistyczne. Jest jakaś tragiczna dysproporcja między tą tematyką, w której swobodnie można konstruować modele Wszechświata czy opisywać procesy o znaczeniu kosmicznym, a kompletną bezradnością wobec prostego zjawiska, jakim jest ostatnie uderzenie serca".

On nie żył... ale zainicjowane przez niego Letnie Szkoły Kosmologii żyły. Trzy kolejne — w roku 1970, 1972 i 1974 — odbyły się też w Opolu. To one dały początek krakowskiej grupie kosmologów; organizowaniem póź-

³ Aby to zrozumieć, trzeba zająć się Historią WKP/B. W rozdziale VIII tytuł paragrafu 4 — gdzie omawiane są wydarzenia roku 1920 — brzmi: NAJAZD JAŚNIEPAŃSKIEJ POLSKI NA KRAJ RADZIECKI.



Fot. 6. Profesor Jan Mergenthaler — dyrektor Instytutu Astronomicznego we Wrocławiu w latach 1957–1971

niejszych Szkół zajął się już ośrodek krakowski.

Kończąc, chciałbym cofnąć się na chwilę do tych pierwszych wrocławskich lat i wspomnieć o drobnym wydarzeniu, którego nie dałoby się zapomnieć.

Rok 1948. Wigilia Bożego Narodzenia. Siedzę w bibliotece obserwatorium. Wchodzi prof. Rybka, rozmawia i dowiaduję się, że będę tu przez cały wieczór. I wówczas słyszę: „My, astronomowie, my wszyscy stanowimy jedną rodzinę — zapraszam do mnie do domu na wigilię".

Trudno byłoby wyobrazić sobie dziś podobną sytuację — profesor zaprasza do siebie na wigilię studenta — ale te powojenne czasy były inne.

Autor był jednym z pierwszych absolwentów Astronomii Wrocławskiej i uczestnikiem jej rozwoju na wszystkich stanowiskach — od asystenta do dyrektora Instytutu. Zasłynął, cytowanymi do dzisiaj, obserwacjami fotoelektrycznymi zmienności gwiazd magnetycznych w opisanych wyżej warunkach początku lat 50. Na kilka dni przed oddaniem tego zeszytu do druku zaskoczyła nas smutna wiadomość o Jego odejściu

XXXII Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

W2001 r. Kraków gościł jubileuszowy, XXX Zjazd, odbywający się w Toruniu w roku 80-lecia powstania Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, też był właściwie jubileuszowy. W tym roku Wrocław także miał swoją małą rocznicę. Po okrągłych dwudziestu latach, w dniach 19–23 września 2005 r., we Wrocławiu odbył się kolejny, XXXII Zjazd PTA.

Obrady odbywały się nieopodal Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego, w sali kongresowej pięknego i nowoczesnie wyposażonego Ośrodka Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy, malowniczo położonego na skraju największego parku Wrocławia — Parku Szczytnickiego. Ponad 140 uczestników Zjazdu zamieszkało w znajdującym się tuż obok Ośrodka hotelu „Park”, zwracającym uwagę niebanalną, inspirowaną wzornictwem okrągłym architekturą budynku, zaprojektowanego przez Hansa Scharouna na wystawę „Mieszkanie i miejsce pracy” w 1929 r.

Dzięki, jak na główny polski ośrodek heliofizyczny przystało, „dobrym układom ze Słońcem”, Wrocław „zagwarantował” piękną pogodę przez cały czas trwania Zjazdu. Pogoda miała ogromne znaczenie podczas plenerowego, nieoficjalnego spotkania towarzyskiego (m.in. z ogniskiem), które odbyło się na terenie Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego 19 września wieczorem. Spotkało się na nim kilkudziesięciu uczestników Zjazdu, a dobra atmosfera, która zapanowała wśród zebranych, nie opuściła ich już do końca pobytu we Wrocławiu. Program toczył się dokładnie wg zapowiedzi opublikowanej w poprzednim zeszytce „Uranii – Postępów Astronomii”.

W uroczystym otwarciu Zjazdu, 20 września o godz. 12:00, uczestniczyli: wicepremier dolnośląski Stanisław Janik i Rektor Uniwersytetu Wrocławskiego prof. Leszek Pacholski. Entuzjazm uczestników otwarcia wzbudził pojawienie się nestora polskich astronomów, jednego z twórców powojennej wrocławskiej astronomii, emerytowanego profesora Uniwersytetu Wrocław-

skiego, Antoniego Opolskiego. Profesor Opolski odebrał dyplom honorowego członka Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, przyznany mu podczas XXXI Zjazdu PTA w Toruniu. W trakcie otwarcia zostały wręczone tradycyjne nagrody PTA. Medal im. prof. Włodzimierza Zonna za popularyzację wiedzy o Wszechświecie otrzymał pośmiertnie nieodkładowany prof. Robert Głębocki, wieloletni prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Laureatem Nagrody Młodych PTA został dr Maciej Konacki z Torunia, którego niedawne odkrycie planety w potrójnym układzie gwiazd odbiło się szerokim echem w mediach.

Referaty zjazdowe, a było ich 30, wygłaszano w ramach pięciu plenarnych sesji naukowych. Sesja I poświęcona była zagadnieniom historycznym. Omówiono pierwsze dwadzieścia lat astronomii we Wrocławiu po drugiej wojnie światowej, a informacje, które usłyszeli uczestnicy, były podane z pierwszej ręki, bowiem referat wygłosił jeden z pierwszych powojennych absolwentów wrocławskiej astronomii, doc. Tadeusz Jarzębowski. W trakcie kolejnych referatów przedstawiono nieznane powszechnie związki Wrocławia ze słynnymi astronomami: Mikołajem Kopernikiem, Tycho de Brahe i Edmundem Halleyem, a także przybliżono wszystkim, a zwłaszcza młodym uczestnikom Zjazdu, postać warszawskiego astronoma Włodzimierza Zonna, w 100 rocznicę jego urodzin.

Sesje II i IV były poświęcone odpowiednio asterosejsmologii i heliofizyce. Obie te dziedziny od wielu lat są intensywnie rozwijane we wrocławskim ośrodku. Ze względu na udział gości zagranicznych językiem wykładowym na tych sesjach był angielski. Na sesji II mówiono o metodach wykrywania gwiazd pulsujących różnych typów i przedyskutowano, jak poprzez analizę zmienności tych gwiazd można udoskonalać ich modele budowy wewnętrznej. W sesji IV były dyskutowane obserwacje i modele dwóch najbardziej energetycznych typów zjawisk zachodzących w koronie słonecznej, tj. rozbłysków i koronalnych wyrzutów materii (CME)

oraz ich wpływ na klimat Ziemi. Omówiona została również historia satelitarnych badań Słońca w Polsce, zainicjowanych przez twórcę wrocławskiej i polskiej heliofizyki, prof. Jana Mergenthalera, a kontynuowanych współcześnie przez ośrodek Centrum Badań Kosmicznych PAN we Wrocławiu. W sesji uczestniczyli m.in. dwaj doktorzy honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego: prof. Cornelius de Jager (Holandia) i prof. John Leonard Culhane (Anglia). Materiały z tych dwóch sesji ukazały się w specjalnym anglojęzycznym numerze „Uranii – Postępów Astronomii”.

Wyjątkowy charakter miała sesja III poświęcona dorobkowi naukowemu prof. Bohdana Paczyńskiego z Princeton, który w czerwcu br. otrzymał tytuł doktora honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego. Laureat, ze względu na stan zdrowia, nie mógł przybyć na Zjazd, ale przesłał list, w którym przedstawił bardzo osobisty opis swojej drogi naukowej. Pod nieobecność Mistrza referaty wygłosili jego uczniowie i współpracownicy. Omówione zostały te dziedziny astronomii, na których koncentruje się aktywność naukowa prof. Paczyńskiego: teoria ewolucji gwiazd, dyski akrecyjne, soczewkowanie grawitacyjne, błyski promieniowania gamma. Były również referaty poświęcone dwóm programom obserwacyjnym, które zainicjował prof. Paczyński: OGLE i ASAS.

Sesja V była poświęcona najnowszym odkryciom astronomicznym, a także projektom przyszłej współpracy międzynarodowej. Obok referatu laureata Nagrody Młodych, dr. Konackiego, pojawiła się relacja z misji kosmicznej *Cassini/Huygens* na Tytana, księżyce Saturna. Były referaty poświęcone rozkładowi pola magnetycznego w galaktykach i najnowszym wynikom w dziedzinie astrofizyki wysokich energii. Szczególnie żywy odzew miał referat o zbliżającym się uruchomieniu 10,5-m teleskopu SALT w Południowej Afryce, w którego budowie Polska bierze udział. Goście Zjazdu: dr John Davis z Edynburga i prof. Johannes Andersen z Kopenhagi przedstawili europejskie programy OPTICON i ASTRONET

i gorąco zachęcali do korzystania z możliwości zacieśniania współpracy astronomów naszego kontynentu, jakie dają te programy.

Podczas sesji plakatowej zaprezentowano ponad 50 posterów.

Wszyscy, którzy czuli niedosyt wykładow o tematyce astronomicznej, mogli wysuchać referatów trzech gości z CAMK PAN z Warszawy, którzy 23 września wygłosili wykłady dla szerokiej publiczności w ramach VIII Dolnośląskiego Festiwalu Nauki. Wykłady na temat: astronomicznych zagadek piramid egipskich, przyczyn porażki Związku Radzieckiego w podboju Księżyca i kształtu Wszechświata cieszyły się ogromnym zainteresowaniem, gromadząc rekordową, głównie młodą widownię. Prawdziwą zaś atrakcją uroczystego zakończenia VIII DFN był udział Królewskiego Astronoma z Uniwersytetu w Glasgow w Szkocji, prof. Johna C. Browna. Wygłosił on (transmitowany na żywo w Internecie) wykład pt. „Czarne dziury i białe króliki”, podczas którego w charakterystyczny dla siebie, bardzo atrakcyjny sposób, fakty naukowe przeplatał magią i humorem, tworząc porywające widowisko.

22 września po południu, po smaczny obiedzie i spacerze po pięknym parku, członkowie Towarzystwa zgromadzili się na Walnym Zebraniu. Obady, pod przewodnictwem prof. Jerzego Kreinera, przebiegały sprawnie. Wyłoniono nowy Zarząd Towarzystwa, któ-

rego Prezesem został ponownie, ku powszechnemu zadowoleniu zebranych, prof. Andrzej Woszczyk. Wiceprezesem został dr Krzysztof Ziolkowski z Warszawy. Do Zarządu Towarzystwa weszli również: dr Agnieszka Kryszczyńska z Poznania, dr Adam Michalec z Krakowa, dr Maciej Mikołajewski z Torunia, prof. Andrzej Pigulski z Wrocławia i prof. Ewa Szuszkiewicz ze Szczecina. W skład Komisji Rewizyjnej weszli: dr Henryk Brancewicz, prof. Michał Ostrowski, prof. Michał Tomczak. Wybrano Sąd Koleżeński w osobach: prof. Honorata Korpikiewicz, dr Jerzy Kuczyński, prof. Joanna Mikołajewska, prof. Konrad Rudnicki, prof. Józef Smak. W trakcie dyskusji uchwalono składek członkowską na następne lata w niezmienionej wysokości 60 zł. Podjęto problem trudności finansowych pisma „Urania–Postępy Astronomii” i dyskutowano możliwości poprawienia zaistniałej sytuacji. Poruszono kilka ważnych kwestii, które przekazano do rozpatrzenia przez nowy Zarząd PTA, w tym propozycję ustanowienia nagrody (medalu) przyznawanej przez Towarzystwo za wybitne osiągnięcia w astronomii i astrofizyce.

Jako że nie samą nauką astronom żyje, po zakończeniu obrad przygotowano dla uczestników Zjazdu dodatkowe atrakcje. Zaproponowano wysłuchanie koncertu kameralnego w wykonaniu muzyków z Akademii Muzycznej im. Karola Lipińskiego we Wrocławiu.

Koncert odbył się w Oratorium Marianum, zabytkowej sali muzycznej, będącej jedną z architektonicznych perelek gmachu głównego Uniwersytetu Wrocławskiego. Po koncercie czekała na wszystkich kolejna atrakcja – bankiet na wieńczącej gmach uniwersytetu Wieży Matematycznej. Miejsce na to spotkanie wybrano nieprzypadkowo. Wieża Matematyczna była siedzibą pierwszego Obserwatorium Wrocławskiego, założonego tam około 1791 r. przez profesora Longinusa Antonia Jungnitzę, mianowanego pierwszym dyrektorem obserwatorium. W Wieży do dziś podziwiać można wiele zabytkowych instrumentów astronomicznych, w tym linię południkową, wytyczoną tam jeszcze przez Jungnitzę. Uczestnicy Zjazdu z tarasu na Wieży podziwiać mogli nocną panoramę Wrocławia. Piękną (oczywiście) pogodę „zapewnili”, mający „dobré układy z nocnym niebem”, wrocławscy astrofizycy.

W piątek, 23 września, poza wspomnianymi wykładami w ramach VIII DFN, uczestnicy Zjazdu mieli do wyboru: wizytę w głównej stacji obserwacyjnej Instytutu — w Obserwatorium w Białkowie lub zwiedzanie Wrocławia pod opieką przewodnika. W Białkowie goście mogli obejrzeć jeden zaledwie kilku istniejących na świecie egzemplarzy największego, 53-cm koronografu do obserwacji Słońca. Wraz z jego nowoczesnym wyposażeniem stanowi on przyrząd liczący się na świecie, a w skali kraju — przyrząd unikatowy. Pod kopułą w Białkowie stoi 60-cm reflektor, odnowiony i wyposażony w profesjonalną kamerę CCD, za pomocą której wrocławscy astrofizycy prowadzą program obserwacji wybranych gromad gwiazdowych nieba północnego.

Ogromne podziękowania złożone przez uczestników organizatorom tegorocznego Zjazdu należą się nie tylko Lokalem Komitetowi Organizacyjnemu, ale właściwie wszystkim pracownikom Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego, a także doktorantom i studentom Instytutu. Znakomita organizacja Zjazdu możliwa była m.in. dzięki wsparciu sponsorów, którymi byli: Uniwersytet Wrocławski, Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, Fundacja Astronomii Polskiej i Urząd Miejski we Wrocławiu.

Wkrótce po zakończeniu Zjazdu pogoda we Wrocławiu popsuła się, ale uczestnicy XXXII Zjazdu PTA z pewnością wywieźli z tego miasta ciepłe i słoneczne wrażenia. Miejmy nadzieję, że chętnie powrócą do stolicy Dolnego Śląska i że nastąpi to znacznie szybciej niż po kolejnych 20 latach.



Sesja plakatowa. Po prawej prof. Andrzej Zdziarski

Barbara Cader-Sroka

XXXII Zjazd PTA w obiektywie



Przed wejściem do centrum konferencyjnego stoją prof. A. Woszczyk, prof. M. Sarna i dr A. Niedzielski



Uczestnicy Zjazdu w sali konferencyjnej; w pierwszym rzędzie od prawej siedzą: Prezes PTA prof. Andrzej Woszczyk, członek honorowy PTA prof. Antoni Opolski, wicewojewoda dolnośląski Stanisław Janik i J.M. Rektor Uniwersytetu Wrocławskiego prof. Leszek Pacholski



Doc. Tadeusz Jaczbowiak w czasie wykładu o początkach powojennej astronomii wrocławskiej



Dyskusja podczas przerwy na kawę — dr Ryszarda Gętko i prof. Cornelius de Jager



Wieża Matematyczna w głównym gmachu Uniwersytetu Wrocławskiego — siedziba pierwszego Obserwatorium Wrocławskiego założonego w 1791 r.



Linia południkowa na Wieży Matematycznej. Po drugiej stronie „południka” stoją (od lewej) profesorowie Jerzy Jakimiec, Henryk Cugier i Maria Jakimiec
Fot. Barbara Cader-Sroka

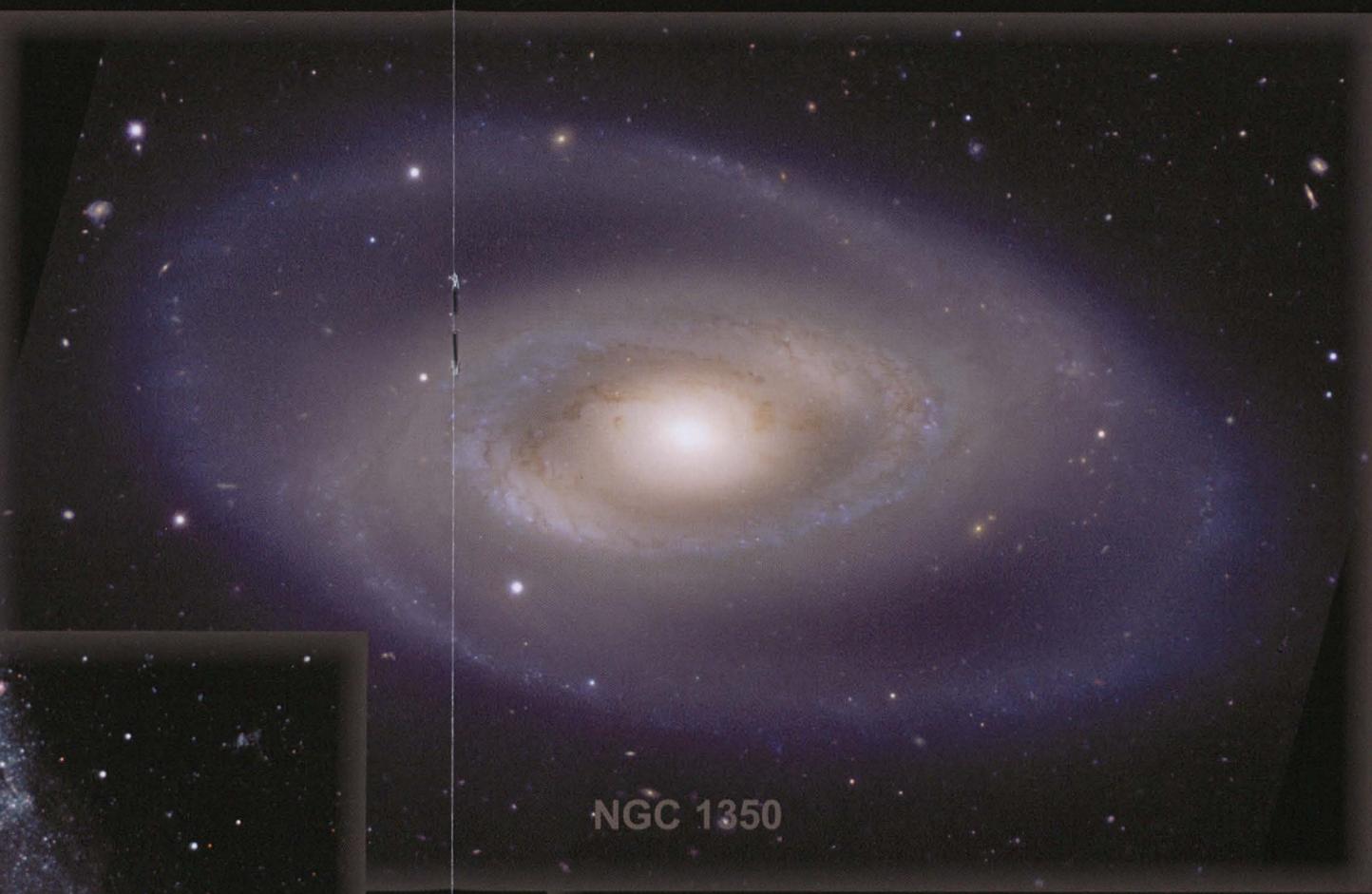
Kuzynki Mlecznej Drogi

+ E S +
O

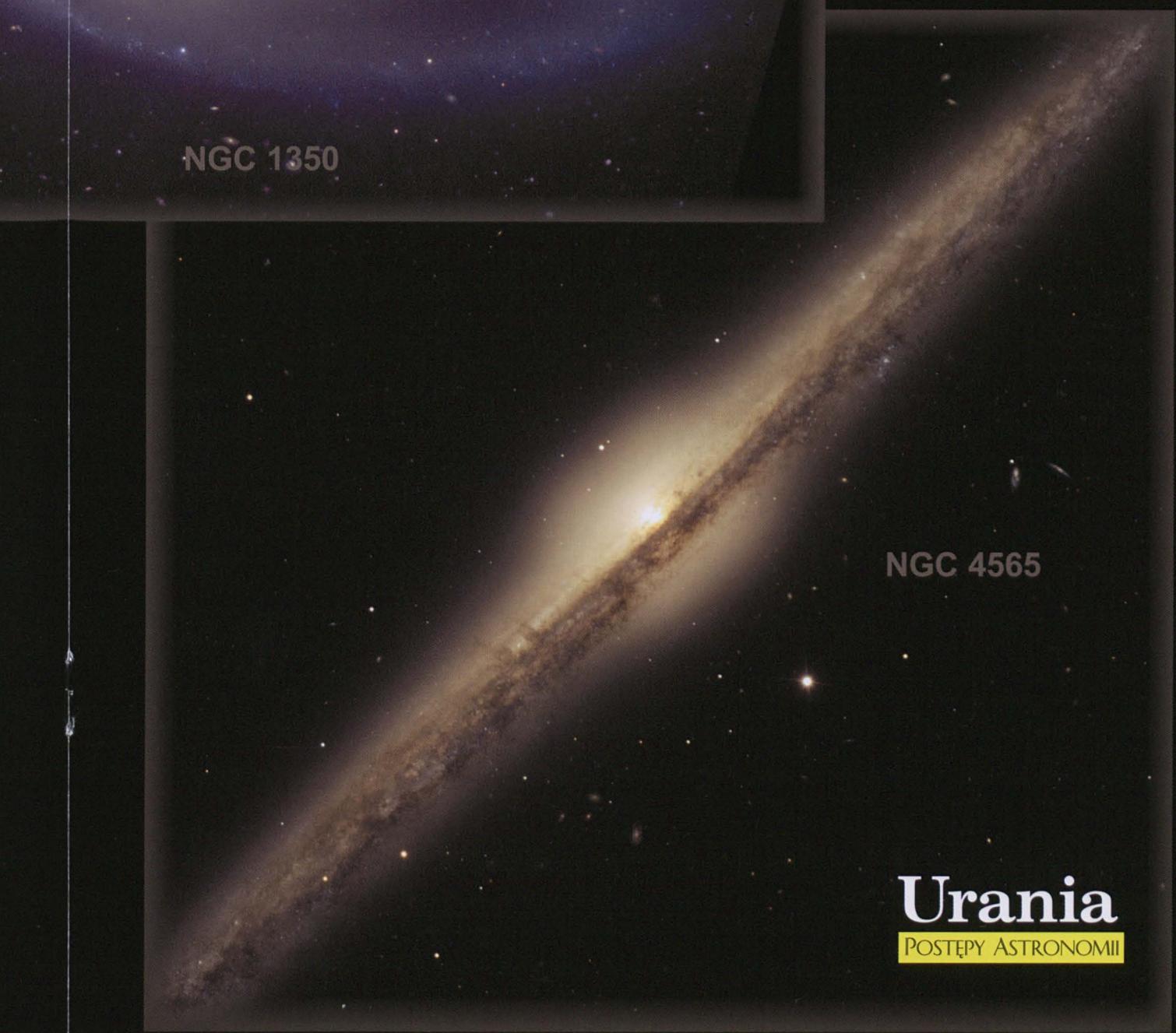
M 83



NGC 1350



NGC 4565



Urania
Postępy Astronomii

Zaczynamy prezentację zdjęć wybranych spośród tych, które dotarły do redakcji na ogłoszony konkurs „Zdjęcie obiektów letniego nieba”. Z uwagi na dużą liczbę nadesłanych prac rozstrzygnięcie konkursu podamy w następnym zeszycie „Uranii-PA”



„Ostatni dzień lata” — tak zatytułował autor zdjęcie przedstawiające kamienny krąg im. rycerza Herkusa Monte w Lidzbarku Warmińskim. Krąg spełnia rolę zegara słonecznego (na zdjęciu rolę gnomonu pełni wbita w ziemię kopią, normalnie — stojący w środku człowiek). Zdjęcie zostało wykonane w dniu jesiennego zrównania dnia z nocą (23 września br., godz. 15.20, eksp. 1/15 s z filtrem polaryzacyjnym i przy przysłonie f/16, film Kodak Gold 200). Fot. Jerzy Puszcz



Bartosz Szymański przysłał na konkurs całą serię zdjęć wykonanych w czerwcu i lipcu w swoim mieście — Zielonej Górze. Tu przedstawiamy słup świetlny powstały podczas zachodu Słońca przez odbicie światła od zewnętrznych ścian kryształków lodowych (18 czerwca, Canon EOS 300 z obiektywem f = 70 mm, czas eksp. 1/8 s, przysłona 5,6, film Fuji 100 ISO)

OZMA 2005

Niebo gwiazdiste od dawien dawna przyciąga uwagę ludzi. Zarówno tych, którzy na chwilę zatrzymują się, by je podziwiać, jak i tych, którzy podporządkowali mu swoje życie. Okazuje się jednak, że ma ono w sobie zdecydowanie coś ważniejszego niż nieskończoność, skrywaną tajemnicę, różnorodność. Potrafi gromadzić i jednociąć w jednym miejscu ludzi dorosłych i młodzieży, z północy i z południa, tych, którzy już dosyąd dobrze je poznali i zupełnie laików, po to, by wymienić się doświadczeniami, poznać nowe prawdy, zawiązać przyjaźnie.

W powyższych słowach najlepiej wyraża się to, co się dzieje podczas Ogólnopolskiego Zlotu Miłośników Astronomii — **OZMA**, który w tym roku odbywał się już po raz dziewiąty. W dniach 11–14 sierpnia 2005 r. do Niemczyna (niedaleko Białegostoku) zawitało ok. 50 osób, amatorów nieba. Ponieważ nie było możliwe zamówienie nocy non stop, na czas zlotu organizatorzy zapewnili moc atrakcji, aby jak najlepiej wypełnić wolny czas, a przy tym stworzyć warunki do integracji. Jak to wszystko wyglądało?

Czwartek

Oficjalne otwarcie zlotu nastąpiło o godzinie 19:00, tak by większość osób

mogła w nim uczestniczyć. Najpierw przemówił organizator oraz okoliczne władze gminy, które przede wszystkim życzyły owocnych obserwacji i mile spędzonego czasu. Należy dodać, że po przybyciu do Niemczyna można było się domyślać, że pobyt w tej miejscowości będzie udany. Proszę sobie tylko wyobrazić miejsce pełne małych, skromnych, drewnianych domków, przyrodę, która nie została okaleczona przez człowieka i nadal rządzi się swoimi prawami i niebo, którego ciemności nie zakłócą żadne miasto.

Po przemówieniach nastąpił poczęstunek i dalsza część wieczoru przeniosła się w obręb ogniska, gdyż „oglądacze” nieba było uniemożliwione przez chmury. A że młodzież i dorośli posiadają różne talenty, przy dźwiękach gitary śpiewano piosenki, umilając sobie czas, stwarzając przy tym niesamowity klimat.

Piątek

Gdy tylko wybiła godzina 11:00, uczestnicy wyruszyli na autokarową wyprawę do atrakcji turystycznych gminy Czarna Białostocka. W ten oto sposób poznali najbardziej charakterystyczne miejsca tego regionu Polski. Wędrując „Szlakiem Rękodzieła Ludowego” ozmowicze mogli podziwiać sztukę wy-

robu łyżek z drewna od kilkucentymetrowych do metrowych oraz przyjrzeć się pracy garncarza, z którego rąk wychodzi słynna „siwa” ceramika. Poza tym niektórzy zostali obdarowani podkowami, które powstały, na ich oczach, u kowala z Czarnej Wsi Kościelnej, by szczęście zawsze trwało. Ostatnim punktem wycieczki był spacer po terenie rekreacyjnym wokół Zalewu Wodnego „Czapielówka”.

Następnie powrót, tradycyjny obiad i można było zajmować miejsca, by uczestniczyć w części edukacyjnej zlotu.

Wystąpił dr Franciszek Chodorowski (z PTMA — oddział Białystok). Wykładem zatytułowanym *Architektura Wszechświata* zaprezentował początek swojej fascynacji gwiazdami, pierwszy sprzęt obserwacyjny, którego używał oraz liczne fotografie nieba.

Gdy nastąpił wieczór, dla najmłodszych uczestników odbył się konkurs wiedzy astronomicznej. Młodzież zacięcie walczyła, a wyłonienie zwycięzcy było dość trudne ze względu na dużą wiedzę uczestników. Ostatecznie triumfatorem został Patryk Nikodem z Szubina.

Tej nocy wydawało się, że w końcu będzie można coś zaobserwować. Gdy tylko pojawiły się gwiazdy, część osób

na rozkładówce:

Kuzynki Mlecznej Drogi

Choć nie będzie nam dane przekonać się, jak wygląda z zewnątrz nasza Galaktyka, możemy podziwiać więcej coraz piękniejszych portretów innych wszechświatów — wysp. Wybrałyśmy dla Państwa trzy galaktyki spiralne z przebogatego archiwum obserwatorium ESO. Oczom uważnych Czytelników polecamy nie tylko nasze bohaterki, ale też liczne przykłady o wiele bardziej odległych galaktyk widocznych w ich sąsiedztwie, zwłaszcza na zdjęciach NGC 1350 oraz NGC 4565.

M 83, opisywana w „Uranii-PA” nr 3/2001, jest mniej więcej dwukrotnie mniejsza od Drogi Mlecznej, ale za to doskonale prezentuje strukturę swych ramion spiralnych przedzielonych poprzeczką. Odległa o 15 mln lat św., na niebie zajmuje obszar o rozmiarach ok. 10°. Zdjęcie jest mozaiką obrazów uzyskanych za pomocą szerokopasmowych filtrów B, I, R oraz filtra H α .

NGC 1350 jest klasyfikowana jako typ Sa(r), czyli spirala z rozwiniętym obszarem centralnym. Jest nieco większa od Mlecznej Drogi (jej rozmiary to ok. 130 tys. lat św.), leży w odległości 85 mln lat św. w konstelacji Piec. I choć jest to siedziba jednej z gromad galaktyk, sama NGC 1350 już do niej nie należy (gromada jest o 20 mln lat św. bliżej). Ta gwiezdna wyspa oddala się od nas z prędkością prawie 2000 km/s. Jej zdjęcie powstało jako mozaika obrazów z szerokopasmowych kamer B, V, R, I.

NGC 4565 daje nam wyobrażenie o wyglądzie naszej Galaktyki obserwowanej w płaszczyźnie dysku. Nie bez powodu nazwana Igłą prezentuje wyraźne pasma pyłu oraz zgrubienie centralnego obszaru. Odkryta przez Williama Herschela w roku 1785 galaktyka jest odległa o 30 mil lat św. i zajmuje na niebie obszar o rozmiarach nieco większych niż pole widzenia kamery FORS (7'). Zdjęcie to mozaika obrazów w szerokopasmowych filtrach B, V, R oraz I. (Fot. ESO)

wybrała się na pole obserwacyjne, by w pozycji leżącej oglądać perseidy, gdy inni przez teleskopy podziwiali te bardziej oddalone obiekty Wszechświata. Niestety, stan ten nie trwał długo, gdyż po dwóch godzinach gwiazdy się zbuntowały i ukryły pod płaszcem z chmur. Tym samym wieczór ponownie zakończył się wspólnym śpiewaniem przy ognisku.

Sobota

Dzień ten był najbardziej pracowity i różnorodny. Najwięcej wykładów, najwięcej konkursów, najwięcej balonów.

W części edukacyjnej pojawiły się wykłady najmłodszych przedstawicieli PTMA z Białegostoku. Jak można było się domyśleć, ze względu na przenne działanie sekcji obserwatorów komet w tym regionie, prelekcje były poświęcone tym obiektem. I tak Maciej Jarmoc przedstawił pokrótkę, na czym polegają amatorskie obserwacje komet. Z kolei Wojciech Burzyński przedstawił osiągnięcia obserwatorów z Podlasia w wykładzie *Obserwacje kometarne na Podlasiu w latach 2000–2005 na tle krajowych obserwacji komet*. A trzeba

przyznać, że oddział białostocki PTMA ma się czym pochwalić.

Czy czerwone można zmienić w zielone, czyli o możliwości terraformowania Marsa na zakończenie zreferował Łukasz Wołyniec. W ten sposób zaprezentował możliwości przystosowania Marsa do ewentualnego, choć bardzo odległego w czasie, zamieszkania go przez człowieka.

Między wykładami uczestnicy mogli również podziwiać zdjęcia oraz sprzęt przywiezione przez uczestników, aby wybrać swoich faworytów do corocznie przyznawanych nagród Grand-Oz.

Jeśli chodzi o balony, o których była wzmianka na początku, towarzyszyły one grupie studentów ze Studenckiego Koła Inżynierii Kosmicznej przy Wydziale Elektroniki i Techniki Informacyjnej Politechniki Warszawskiej. Podczas OZMY nastąpiło wypuszczenie balonu troposferycznego, który unosząc się coraz wyżej, podawał temperaturę na kolejnych wysokościach do nadajnika znajdującego się na ziemi. Niestety, w pewnym momencie kontakt został przerwany, a dalsze losy balonu są do dziś dnia nieznane.

Nie wiadomo, kiedy nastąpił późny wieczór. Ostatnie wspólne chwile. Oficjalne zakończenie. Ogłoszenie zwycięzców Grand-Ozów. I tak w kategorii „astrofotografia” zwyciężył dr Franciszek Chodorowski, zaś „sprzęt astronomiczny” pana Anatola Matwiejczyka zrobił największe wrażenie na uczestnikach.

Niedziela — koniec

W tym miejscu chciałabym bardzo podziękować organizatorom tegorocznego zlotu na czele z Wojciechem Burzyńskim z PTMA Białystok, przede wszystkim za wybór miejsca, który wielu osobom dał możliwość odpoczynku od codzienności, zgiełku miasta. Dziękuję za uśmiech i wszelką pomoc udzielaną uczestnikom zlotu. Dziękuję również wszystkim uczestnikom za bardzo mile spędzony czas, obfitły w pozytywne emocje.

Na zakończenie pozostaje mi tylko powiedzieć: do zobaczenia za rok, na jubileuszowej, bo już 10. OZMIE, która odbędzie się w Niedźwiadach (niedaleko Bydgoszczy).

Danka Bukowska



Uczestnicy OZMA 2005 na pamiątkowej fotografii

XXXIII Zjazd Towarzystwa Obserwatorów Słońca

Wdniach 16–17 lipca 2005 r. w Żarkach Letnisku odbył się XXXIII coroczny Zjazd członków i sympatyków Towarzystwa Obserwatorów Słońca, w którym wzięło udział 19 osób.

Zjazd rozpoczął się o godz. 12 w Szkole Podstawowej w Żarkach Letnisku położonych ok. 25 km na południe od Częstochowy. Głównym celem zjazdu były wybory nowych władz Towarzystwa na kolejną, 4-letnią kadencję. Z tego powodu zrezygnowano z wcześniej z planów zorganizowania zjazdu także w Dąbrowie Górnictwie. O 12:10 zebranych przywiatał przewodniczący TOS Piotr Urbański i przedstawił plan spotkania. Chwilę później nastąpiło otwarcie Walnego Zgromadzenia Członków TOS i wybór Komisji Skrutacyjnej, w skład której weszli: Krystyna Jaskulska i Piotr Wirkus. Odczytano sprawozdanie z działalności TOS za 2004 r. Poruszono kwestie niewielkiej liczby kompleksowych obserwacji Słońca oraz braku nowych osób przesyłających swoje wyniki. Wyrażono wdzięczność Krzysztofowi Szatkowskiemu za administrowanie witryny TOS oraz nieobecnemu Arkadiuszowi Dudce za nowe oprogramowanie komputerowe ułatwiające opracowywanie wyników obserwacji. W dalszej kolejności zostały odczytane sprawozdania: finansowe oraz Komisji Rewizyjnej. O 12:45 rozpoczęto główną część Zgromadzenia. Członkowie TOS dokonali swego wyboru na kartach do głosowania. Komisja Skrutacyjna po zliczeniu wszystkich głosów o 13:30 odczytała swój protokół. Wyboru dokonało 13 członków z 15 mających do tego prawo. Spośród 7 członków zwykłych kandydujących do władz Towarzystwa został ustalony **nowy skład Zarządu TOS na lata kadencji 2005–2009:** Krzysztof Szatkowski – przewodniczący; Piotr Urbański – zastępca i sekretarz; Zbigniew Ziółkowski – skarbnik; Grzegorz Dalek – członek zarządu. W drugiej turze wyborów z pozostałych kandydatów wyłoniono dwuosobową Ko-

misję Rewizyjną: Piotr Wirkus – przewodniczący; Krystyna Jaskulska – członek komisji. O 14:35 Walne Zgromadzenie Członków TOS zakończyły wspólnym zdjęciem naszej słonecznej grupy.

Po godz. 17 w posiadłości państwa Dudało odbyło się spotkanie towarzyskie przy grillu. Wszyscy mieliśmy okazję poznać nowych uczestników, odnowić znajomości i porozmawiać we wspólnym gronie, w sympatycznej atmosferze.

Następnego dnia, w niedzielę o godz. 10, zebraliśmy się wraz z naszym sprzętem obserwacyjnym w Centrum Żarek Letniska w celu wykonania pokazu obserwacji plam słonecznych wczasowiczom i mieszkańcom. Niestety, na Słońcu nie były widoczne żadne plamy, a co najwyżej jaśniejsze pochodnie fotosferyczne. Specjalnie na pokaz dojechała grupa z Dariuszem W. Nelle i Maciejem Wójcikiem z Dąbrowy Górnictwie wraz z niezwykłym teleskopem umożliwiającym obserwacje Słońca w linii widmowej H α . Dzięki temu teleskopowi Słońce stało się znacznie atrakcyjniejsze. Na skraju tarczy ujrzaliśmy protuberancję ponad 4 razy większą od Ziemi. Był to niesamowity widok i dla

wielu z nas pierwszy tego typu. Wiodkiem tym dzieliliśmy się z zainteresowanymi osobami, wyjaśniając naturę zjawisk słonecznych i sposób ich obserwacji, gdyż pokaz miał na celu popularyzację astronomii i działalności naszego Towarzystwa. Pokaz zakończyliśmy o 12:35.

Od 12:50 zwiedziliśmy, obecnie nieczynne, obserwatorium słoneczne zbudowane przez założyciela TOS śp. Wacława Szymańskiego i odwiedziliśmy jego żonę Lucję Szymańską. Tą formą o 14:10 zakończono XXXIII Zjazd Towarzystwa Obserwatorów Słońca, w którym uczestniczyli następujący członkowie TOS: **Grzegorz Dalek, Jerzy Dudalo, Krystyna Jaskulska, Paweł Musalski, Krzysztof Szatkowski, Lucja Szymańska, Piotr Urbański, Piotr Wirkus.**

Następny XXXIV Zjazd Towarzystwa Obserwatorów Słońca jest planowany za rok w Dąbrowie Górnictwie. Wszystkich chętnych zapraszamy do współpracy w obserwacjach Słońca.

O poprzednim, XXXII Zjeździe TOS, można przeczytać w „Uranii-PA” 6/2004, s. 272.

Krystyna Jaskulska
Piotr Wirkus



Pamiątkowa fotografia uczestników XXXIII Zjazdu TOS. Fot. Andrzej Karoń

Otwarcie Obserwatorium Astronomicznego w Urzędowie

Wbieżącym roku mija 600 rocznica nadania przez króla Władysława Jagiełłę prawa miejskiego dla Urzędowa, miejscowości leżącej ok. 50 km na południowozachód od Lublina. Od 10 do 13 września trwały uroczyste obchody tego wydarzenia. Obok szeregu imprez związanych z jubileuszem, data 12 września na długo pozostała w pamięci członków Koła Miłośników Astronomii im Jana Heweliusza. Tego dnia, po kilku latach starań, nastąpiło uroczyste otwarcie Obserwatorium Astronomicznego. Budynek Gminnego Ośrodka Kultury zwieńczyła kopuła obserwacyjna o średnicy ponad 2,5 m, w której został umieszczony teleskop Newtona ze zwierciadłem 280 mm. Kopuła jest dziełem miejscowego rzemieślnika według projektu miłośnika astronomii z Markuszowa, Sławomira Bogusza, twórcy instrumentów optycznych — lunet i teleskopów oraz właściciela dwóch kopuł obserwacyjnych umieszczonych na własnej posesji.

Uroczystość zgromadziła znaczących przedstawicieli świata astronomicznego. Był obecny prof. Andrzej Woszczyk z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu — Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, dr Henryk Brancewicz — Prezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, Janusz Ławicki — Wiceprezes PTMA i jednocześnie Prezes Oddziału PTMA w Puławach wraz z członkami Oddziału. Sa-

mordział lokalny reprezentował Jan Woźniak — Wójt Gminy Urzędów.

To przede wszystkim dzięki jego staraniom i zaangażowaniu w realizację inwestycji można było pomyślnie zakończyć budowę i świętować oficjalne oddanie do użytku obserwatorium. Spotkaniu przewodniczył dyrektor Gminnego Ośrodka Kultury Tomasz Wyka.

Wójt Gminy Urzędów Jan Woźniak powitał przybyłych i przedstawił, w jaki sposób było realizowane to przedsięwzięcie. Omówił sposoby finansowania budowy, której efektem jest pozyskanie ok. 130 m² pomieszczeń z przeznaczeniem na obserwatorium, świetlicę oraz zaplecze dydaktyczne z pracownią komputerową.

Magdalena Hevelke-Matysiak, która wraz z matką Marią Hevelke-Matysiak reprezentowała ród Jana Heweliusza, przedstawiła ponad 10-letnią działalność Koła Miłośników Astronomii. Zwróciła uwagę na główne wydarzenia, w których uczestniczyli członkowie i sympatycy Koła. Należy w tym miejscu wspomnieć postać dla Koła niezwykle ważną, jaką była nie żyjąca już Pani Halina Hevelke, żona dra Alojzego Hevelke — potomka Jana Heweliusza, która przez wiele lat żywo interesowała się pracą Koła, wspierała ją duchowo i materialnie. W rodzinie Państwa Hevelków jest przechowywany pierścień z herbem rodowym gdańskiego astronoma.

Następnie Wójt Gminy wręczył medale 600-lecia nadania prawa miejskiego dla Urzędowa. Medale otrzymali: prof. Andrzej Woszczyk, dr Henryk Brancewicz, Janusz Ławicki, Kazimierz Wójcik — społecznik i osoba bardzo zaangażowana w realizację budowy obserwatorium, Adam Żuber — obecny Prezes KMA im. Jana Heweliusza. Po

wręczeniu medali dr Henryk Brancewicz wręczył nagrody książkowe najmłodszym członkom Koła za udział w konkursie astronomicznym.

Obecny na spotkaniu dr Jan Sęk — Prezes Fundacji „Villa Polonia” przekazał Kołu medal z wizerunkiem Mikołaja Kopernika upamiętniający 500 rocznicę urodzin Toruńskiego Astronoma. Omówił również działalność fundacji, która zajmuje się między innymi opieką nad dziedzictwem narodowym.

W dalszej części nastąpiło uroczyście przecieście wstęgi i poświęcenie nowo oddanych do użytku pomieszczeń, połączone z krótkim zwiedzaniem obiektu. Przecięcia wstęgi dokonali zaproszeni goście oraz przedstawiciele miejscowego samorządu. Pomieszczenia dydaktyczne, pracownię komputerową, kopułę obserwacyjną i teleskop poświęcił wikariusz miejscowej parafii, ks. Marek Romański. Również została poświęcona tablica pamiątkowa z wizerunkiem Jana Heweliusza, wykonana przez członkinię Oddziału PTMA w Puławach, Marię Kapturkiewicz-Szewczyk.

W części wykładowej członkowie Koła, sympatycy i wszyscy uczestnicy spotkania mogli wysłuchać interesujących prelekcji. Jako pierwszy głos zabrał prof. Andrzej Woszczyk, prezentując bardzo ciekawy wykład dotyczący astronomii u progu trzeciego tysiąclecia. Zwrócił uwagę na aktualne osiągnięcia w dziedzinie astronomii i najnowsze odkrycia w poznawaniu Wszechświata, który jest naszym domem. Omówił aktualny stan wiedzy, jaką dysponuje człowiek, poznający prawa rządzące Wszechświatem, jego ewolucję, strukturę, przyrządy i metody, jakimi jest poznawany. Miłą niespodzianką dla członków Koła był upominek przekazany przez Pana Profesora — roczniki „Uranii — Postępów Astronomii” oraz książki o tematyce astronomicznej.

Dr Henryk Brancewicz podkreślił rolę astronomii miłośniczej i jej znaczący wkład w astronomię ogólną. Wspomniał postaci historyczne związane miłośniczo z astronomią, zawodowo wykonujące



Widok ogólny GOK-u w Urzędowie

zupełnie inne zajęcie. Zaliczył do tych postaci między innymi Jana Heweliusza. Jako ciekawostkę przypomniał, że akurat 12 września przypada rocznica słynnej bitwy pod Wiedniem, gdzie wojska polskie pod wodzą Jana III Sobieskiego powstrzymały pochód wojsk tureckich w głąb Europy. To właśnie Sobieskiemu Heweliusz dedykował jeden z gwiazdzbiorów — Tarczę Sobieskiego.

Kontynuując wątek o Janie Heweliuszu, Janusz Ławicki zaprezentował postać patrona Koła i jego wkład w rozwój astronomii, jako autora dzieł: *Uranografia i Selenografia*. Przypomniał też, że Heweliusz był konstruktorem przyrządów optycznych i własnego obserwatorium. Zwrócił uwagę na stałą i owocną współpracę pomiędzy Oddziałem PTMA a Kołem w Urzędowie oraz samorządem gminy, a w szczególności z Wójtem Janem Woźniakiem.

Spotkaniu towarzyszyła wystawa: „10 lat Koła Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza”, przedstawiająca najważniejsze wydarzenia z życia Koła w ciągu minionych 10 lat. Eksponowana była również wystawa udostępniona przez Oddział PTMA w Puławach „Poczet Astronomów Polskich”, której twórcą jest Piotr Szczęgiel, członek Oddziału PTMA w Puławach. Pan Szczęgiel wykonał rycinę podobizny Jana Heweliusza, która posłużyła jako wzór przy projekcie logo Koła i tablicy pamiątkowej. W pomieszczeniach świetlicy był prezentowany sprzęt będący w wyposażeniu Koła, w większości prywatny, będący wkładem własnym poszczególnych członków i sympatyków.

Reasumując wszystko to, co działało się w Urzędowie tego popołudnia i wie-

czoru, należy mieć nadzieję, że starania wielu osób i zaangażowane przez samorząd gminny środki finansowe będą w należytym sposób wykorzystane. Nowo oddane pomieszczenia winny tęcić życiem. Należy dołożyć jeszcze większych niż dotychczas starań w popularyzację tej fascynującej dziedziny nauki. Wyposażenie, którym dysponuje obserwatorium, jest jak na warunki Urzędowa imponujące. Stały dostęp do Internetu — sześć stanowisk, możliwość zapisywania obserwacji przez teleskop bezpośrednio na komputer, obróbka danych i prezentacja na stronie internetowej powinny mobilizować szczególnie młodzież do zainteresowania się astronomią. Stałej aktualizacji wymaga strona internetowa, na której są notowane wszelkie działania koła. Obserwatorium jest otwarte na propozycje ze strony szkół, klubów i wszystkich zainteresowanych do stałej współpracy, nie tylko Lubelszczyzny, ale z całego kraju. Zaplecze, jakim dysponuje Gminny Ośrodek Kultury w Urzędowie, umożliwia organizowanie zlotów czy też zgrupowań miłośników astronomii.

Dla sprawniejszego działania sprzętu obserwacyjnego w najbliższym czasie należy dokonać przeglądu i remontu ponad 5-letniego teleskopu umieszczonego w kopule. Szczególnie dotyczy to odnowienia, a być może wymiany napędu z prowadzeniem elektrycznym i przystosowanie do sprzężenia z komputerem, gdyż jego stabilna praca jest konieczna do uzyskania dobrych wyników obserwacyjnych. W tej sprawie zostaną podjęte rozmowy z producentem teleskopu w Żywcu, z którym koło utrzymuje kontakty od początku swego istnienia. Ma-



Teleskop typu Newtona 280 mm

jąc na uwadze fakt korzystania z teleskopu przez dużą rzeszę miłośników astronomii, na pewno nie odmówią on pomocy w odnowieniu sprzętu, który jednocześnie stanowi wizytówkę tej firmy.

Na zakończenie szczegółowe słowa podziękowania należą się Panu Profesorowi Andrzejowi Woszczykowi, który przybywając z Torunia uświetnił tę uroczystość, nadając jej należytą rangę jako Prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego. Również słowa podziękowania kierowane są do dra Henryka Brancewicza, Prezesa PTMA. Na pewno to Urzędowskie spotkanie — astronomii naukowej i astronomii miłośniczej na długo pozostanie w pamięci wszystkich uczestników i stanie się inspiracją do dalszych, jeszcze bardziej sprecyzowanych i ukierunkowanych działań w szeroko rozumianej popularyzacji tak wspaniałej dziedziny nauki, jaką jest astronomia.

Józef Baran



Widok sali podczas spotkania



Poświęcenie teleskopu

10 lat Koła Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza w Urzędowie

W 12 grudnia 2004 r. minęło 10 lat, odkąd w Gminnym Ośrodku Kultury w Urzędowie działało Koło Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza, jako jedno z kół zainteresowań. Jak każda okrągła rocznica, tak i ta niosła ze sobą określone wspomnienia, przede wszystkim o ludziach, którzy brali udział w pracach Koła, osiągnięciach i marzeniach. Niestety, także o chwilach smutku, do jakich należały w roku 2003 śmierć Opiekunki Koła Pani Haliny Hevelke, która przez lata wspierała duchowo i materialnie naszą działalność oraz nagłe odejście w roku 1999 naszych wspaniałych Przyjaciół z Tarnowa — pp. Barbary i Marianny Maciejowskich, tak oddanych sprawie popularyzacji astronomii wśród młodzieży. To między innymi dzięki Nim była możliwa wyprawa na Węgry w celu podziwiania całkowitego zaćmienia Słońca. To wreszcie grupa kilkudziesięciu osób, które brały przez te lata czynny udział w pracach Koła. Nie sposób wymienić wszystkich, żeby kogoś nie pominąć.

Do najbardziej zaangażowanych należeli: Magdalena Matysiak, Łukasz Sabeł, Wojciech Sic, Grzegorz Ciastek, Jacek Grzebulski, Adam Żuber. W Kole działały również osoby spoza Urzędowa: między innymi Radosław Wojtek z Kraśnika — obecnie student astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i Sebastian Furdal z Poniatowej — student astronomii w Warszawie. Bardzo sobie cenimy współpracę z kolegą Michałem Huflejem z Poznania, autorem kilku programów astronomicznych przydatnych do obróbki komputerowej zdjęć. Wieloletnia współpraca z panem Jerzym Marcinkiem z Lublina zaowocowała wystawą zdjęcia astronomicznych, które wykonał wspólnie ze swoim bratem Leszkiem. Pan Marcinek to również konstruktor i pomysłodawca kilku urządzeń do prowadzenia obserwacji ciał niebieskich i astrofotografii.

A wszystko zaczęło się 12 grudnia 1994 r., kiedy w sali widowiskowej Gminnego Ośrodku Kultury zebrała się grupa osób zainteresowanych astrono-

mią. Byli to głównie młodzi ludzie działający w zespołach artystycznych GOK-u, interesujący się oglądaniem nocnego nieba. W spotkaniu uczestniczyła również Pani Halina Hevelke — żona wieloletniego i zasłużonego dla Urzędowa doktora medycyny Alojzego Hevelke, potomka rodziny gdańskiego astronoma Jana Heweliusza. Oficjalnej inauguracji działalności Koła dokonał ówczesny prezes Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w Puławach, Edward Kozak.

Pierwszym prezesem Koła został Łukasz Sabeł. Następnie funkcję tę pełniła Magdalena Matysiak — wnuczka Pani Haliny Hevelke. Obecnie prezesem jest Adam Żuber — autor obszernej strony internetowej poświęconej Kołu — i większości zdjęć nieba.

Współpracujemy na bieżąco z Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii, na czele z dr. Henrykiem Brancewiczem — Prezesem PTMA, Zarządem Oddziału PTMA w Puławach reprezentowanym przez Janusza Ławickiego — prezesa Oddziału i jednocześnie wiceprezesa Zarządu Głównego, Marię Kapturkiewicz-Szewczyk, Zbigniewa Smagacza. Słowa podziękowania kierujemy również do pana Sławomira Bogusza, konstruktora instrumentów optycznych i pomysłodawcy projektu obserwatorium w Urzędowie.

Pan Sławomir Bogusz podarował dla naszego Koła pokaźnych rozmiarów lornetkę obserwacyjną, szczególnie przydatną do obserwacji Księżyca i planet. Współpraca z Oddziałem PTMA w Puławach owocuje do dnia dzisiejszego różnego rodzaju spotkaniami, podczas których są omawiane kolejne wspólne przedsięwzięcia. Członkowie Koła pełnią funkcje w Zarządzie Oddziału. Podczas ubiegłorocznego Walnego Zjazdu Delegatów PTMA w Puławach, mającego charakter ogólnopolski, Urzędów posiadał dwa mandaty delegatów — dla Adama Żubra i Józefa Barana. Miłym akcentem było wyróżnienie dyplomem za całokształt działań w zakresie propagowania miłośniczej astronomii

i wybór do Krajowego Sądu Koleżeńskiego PTMA kol. Józefa Barana.

Nawiązane kontakty z ludźmi z całego kraju zajmującymi się amatorską astronomią zaowocowały wieloma spotkaniami w Urzędowie oraz wyjazdami na różnego rodzaju zloty, zjazdy oraz wyprawy obserwacyjne. Do najważniejszych wydarzeń mijającego 10-lecia należała niewątpliwie wyprawa na Węgry w 1999 r. w celu obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca. Cała wyprawa finansowana była wyłącznie ze środków własnych uczestników wyjazdu, bez jakiejkolwiek dotacji z zewnątrz. Zresztą od samego początku istnienia Koła wszelkiego rodzaju pomoce naukowe były gromadzone i kupowane ze środków własnych członków oraz ich opiekunki — Pani Haliny Hevelke. Do zgromadzonych w ten sposób materiałów należą m.in.: teleskop o średnicy zwierciadła 150 mm, obiektyw do aparatu fotograficznego MTO 1000 — wykorzystywany jako dodatkowy teleskop obserwacyjny, lornetka 20×60, statyw do dużego teleskopu z napędem elektrycznym, monitor do kamery, książki, atlasy, mapki nieba. Z dotacji Urzędu Gminy kupiono tubus wraz z optyką do dużego teleskopu o średnicy zwierciadła 280 mm za cenę 3000 zł i czarnobiałą kamerę CCD wartości 400 zł.

W roku 2003 mieliśmy okazję śledzenia i rejestrowania za pomocą komputera Wielkiej Opozycji Marsa. Tak doskonałych warunków do obserwacji tej planety nie było od kilkudziesięciu tysięcy lat! Również w maju 2003 r. podziwialiśmy częściowe zaćmienie Słońca oraz przejście Merkurego na tle tarczy słonecznej. Bieżące wydatki związane z funkcjonowaniem Koła, jak prenumerata czasopism, zakup materiałów fotograficznych, wyjazdy do Puławskiego Oddziału PTMA oraz udział w zlotach i spotkaniach są finansowane przez GOK i UG. Koło zrealizowało dwa programy dotacyjne: „Kładka” finansowany przez Lubelski Ośrodek Samopomocy oraz „Pożyteczne Wakacje” dotowany przez Fundację Wspomagania Wsi z Warszawy na łączną kwotę

5000 zł. W ramach tych dotacji zakupiono sprzęt komputerowy, kolorową kamerę CCD oraz materiały archiwizacyjne.

Od początku swojej działalności członkom Koła marzyło się odrębne pomieszczenie, w którym zostałyby utworzona pracownia komputerowa, tak niezbędna w dzisiejszej dobie obserwacji nieba za pomocą urządzeń cyfrowych. Dopełnieniem marzeń jest kopuła obserwacyjna z umieszczonym w niej teleskopem sterowanym komputerowo z pomieszczenia pracowni. Jeszcze kilka lat temu marzenia te wydawały się poza zasięgiem naszych możliwości. Jednak uparte dążenie do celu przynosi owoce! Oto w roku 2004, w którym obchodziliśmy 10. rocznicę istnienia, te marzenia stały się faktem. Obok świetlicy socjoterapeutycznej dla dzieci i młodzieży znajduje się pomieszczenie z przeznaczeniem na pracownię dla Koła, a wieża strażacka została zwieńczona kopułą obserwacyjną.

cyjną i umieszczono tam teleskop Newtona o średnicy zwierciadła 280 mm. Obecnie czynimy starania związane z uruchomieniem komputerowej obsługi tego instrumentu optycznego. Dzięki tej inwestycji w znacznym stopniu zostanie poszerzona działalność Koła. Będzie można prowadzić obserwacje nocnego nieba w sposób bardziej zorganizowany, bez konieczności transportowania drogiego sprzętu w dogodne miejsca poza GOK. Oddane do użytku obserwatorium poszerzy ofertę programową Gminnego Ośrodka Kultury i stanie się miejscem do prowadzenia zajęć dydaktycznych, w których będą mogli prowadzić lekcje z astronomii nauczyciele ze szkół z terenu gminy, jak również powiatu. Dzięki oddaniu do użytku kopuły obserwacyjnej Urzędów wpisze się do nielicznych miejscowości w kraju, posiadających własne obserwatorium astronomiczne, służące nie tylko grupie miłośników astronomii zrzeszonej w Kole, ale rów-

nież wszystkim zainteresowanym. Przed wszystkim młodzieży szkolnej i dzieciom z terenu gminy, powiatu i okolicy.

W tym miejscu należą się szczególnie słowa podziękowania Wójtowi Gminy mgr. inż. Janowi Woźniakowi. To właśnie dzięki jego osobistemu zaangażowaniu, tworzeniu odpowiedniego klimatu wokół naszych pomysłów, możemy dzisiaj świętować oficjalne oddanie do użytku obserwatorium wraz z zapleczem dydaktycznym wyposażonym w nowoczesnej klasy sprzęt komputerowy. Słowa podziękowania kierujemy również do Kazimierza Wójcika, Przewodniczącego Gminnej Komisji Rozwiązywania Problemów Alkoholowych, który bezpośrednio nadzorował prace adaptacyjne. Był zawsze obecny podczas kolejnych etapów budowy, wspierał nas, a często również zachęcał do aktywniejszego włączania się w prace adaptacyjne.

Magdalena Matysiak

Radiowe zaćmienie Słońca

W dniu 3 października br. wystąpiło obrączkowe zaćmienie Słońca. Na terytorium Polski można było obserwować jako zaćmienie częściowe. W Krakowie niestety aura nie dopisała, bowiem przy zachmurzeniu całkowitym wystąpiła mgła i mżawka. Na szczęście w OA UJ, gdzie prowadzone są obserwacje radiopromieniowania Słońca na 10 częstotliwościach w zakresie fal decymetrowych (18–110 cm), zachmurzenie nie stanowiło przeszkody. Na załączonym obrazku widzimy obserwacje radiowe z tego dnia. W fazie maksimum zaćmienia, o 11.20 (9.20 UT), poziom promieniowania np. na fali 37 cm (810 MHz) zmniejszył się o około 40%. Ponieważ na falach radiowych Słońce ma zawsze większe rozmiary kątowe (dominuje chromosfera i korona) niż w dziedzinie optycznej (fotosfera), zatem radiowo mamy zawsze do czynienia z zaćmieniami częściowymi Słońca. Ponieważ w dniu 3 X nie było plam na tarczy słonecznej (liczba Wolfa wynosiła zero), zatem nie było też cen-

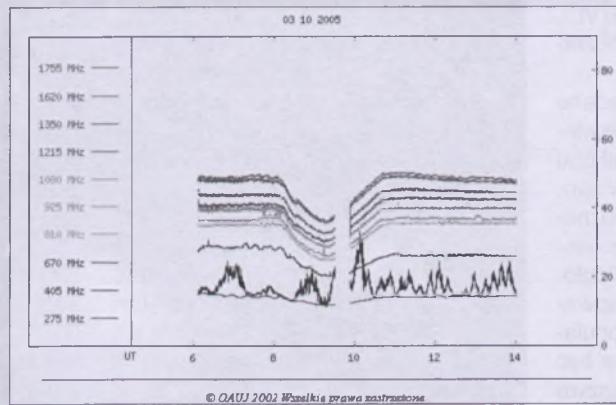
trów aktywnych, które wnosiłyby składową sporadyczną (wybuchy) do obserwowanej składowej „Słońca spokojnego” radiowego promieniowania. Dlatego na wykresie zapisy zmian strumienia radiowego (blasku) są prawie gładkie. Jedynie częstotliwość 670 MHz jest silnie zakłócona przez nadajniki zainstalowane na jednym z satelitów stacjonarnych. Jest to efekt nieprzestrzega-

Jeśli przyjąć, iż w godzinach przed i po zaćmieniu obserwowany strumień radiopromieniowania Słońca na częstotliwości 810 MHz (fala 37 cm) wynosił 40 s.u., zaś powierzchnia efektywna radioteleskopu 50 m, szerokość pasma odbiornika 5–12 MHz, to odbierana moc tego promieniowania wyniosła około 10 W. Ta ostatnia wartość wskazuje, iż bez odpowiednich wzmacniaczy nie można

zmierzyć tego promieniowania. Promieniowanie o tej długości fal wychodzić może z warstw położonych ponad fotosferą, z dolnej części korony słonecznej, którą można obserwować w czasie całkowitych zaćmień Słońca lub na co dzień przy pomocy koralografu. Obserwacje radiowe w OA UJ w pasmie 810 MHz prowadzone są od 1 X 1957 r. i dziś stanowią najdłuższą serię obserwacji radio-

wych Słońca w Europie. Od 1 marca 1966 r. rozpoczęto dodatkowo obserwacje na częstotliwości 430 MHz, a po remoncie radioteleskopu od 1995 r. poszerzono obserwacje do 10 częstotliwości.

Adam Michalec



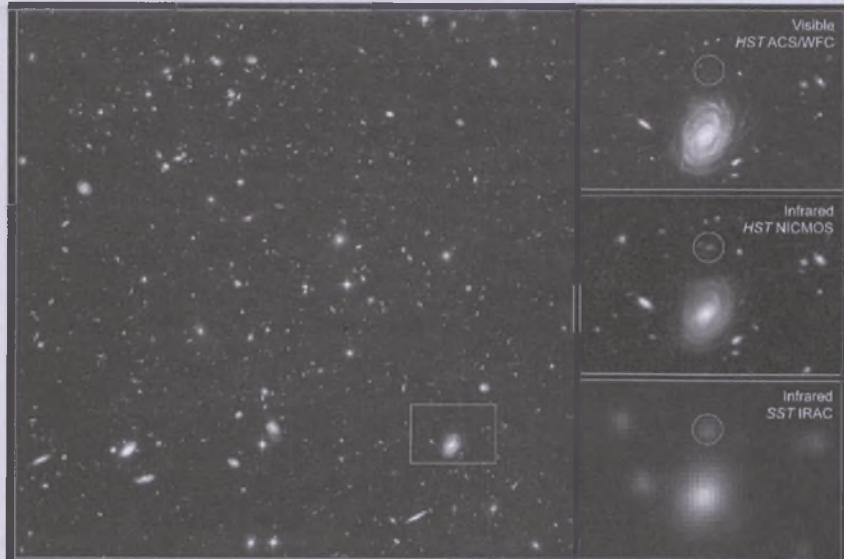
nia „czystości” częstotliwości przeznaczonych dla potrzeb radioastronomii. Przerwa w zapisie krzywych strumienia spowodowana jest kalibracją instrumentu. Jednostką strumienia – 22 promieniowania Słońca jest 1 s.u. = 10 W/m Hz.

Dorodny kosmiczny noworodek

Połączone siły dwóch wiodących teleskopów NASA — Hubble'a i Spitzera — zostały wykorzystane do badań najodleglejszych galaktyk, których celem było m.in. oszacowanie masy tych obiektów. Jeden z nich jest prawdopodobnie 8-krotnie masywniejszy od Drogi Mlecznej, co w świetle obowiązującego dziś modelu powstawania galaktyk okazuje się dość zaskakujące. Astronomowie opracowali jednolity i spójny model wczesnych faz życia Wszechświata, zgodnie z którym po ok. 100–200 mln lat od Wielkiego Wybuchu mogły rozbłysnąć pierwsze gwiazdy. Jednak wszystko wskazywało na to, że nie tworzyły one jeszcze w tym czasie większych struktur w rodzaju dzisiejszych dużych galaktyk. Podobne do naszej Drogi Mlecznej wyspy we Wszechświecie spodziewano się odnaleźć w epoce, w której Wszechświat mógłby już sobie przeszło miliard lat.

Bohaterkę tej opowieści odnaleziono wśród około 10 tys. innych na niewielkim skrawku nieba zwanym ultragębokim polem Hubble'a. (patrz „Urania-PA” 3/2004 oraz fot. 1). To obraz najdalszych obszarów Wszechświata, jakie do tej pory udało się zaobserwować. Światło znajdujących się tam obiektów zostało wyemitowane około 800 mln lat po Wielkim Wybuchu. Tak naprawdę tej galaktyki nawet nie było widać na zdjęciach w zakresie widzialnym wykonanych kamerą ACS, dopiero w podczerwieni, za pomocą kamery NICMOS teleskopu kosmicznego oraz kamer teleskopu VLT, zarejestrowano bardzo słaby i poczerwieniony ślad obiektu.

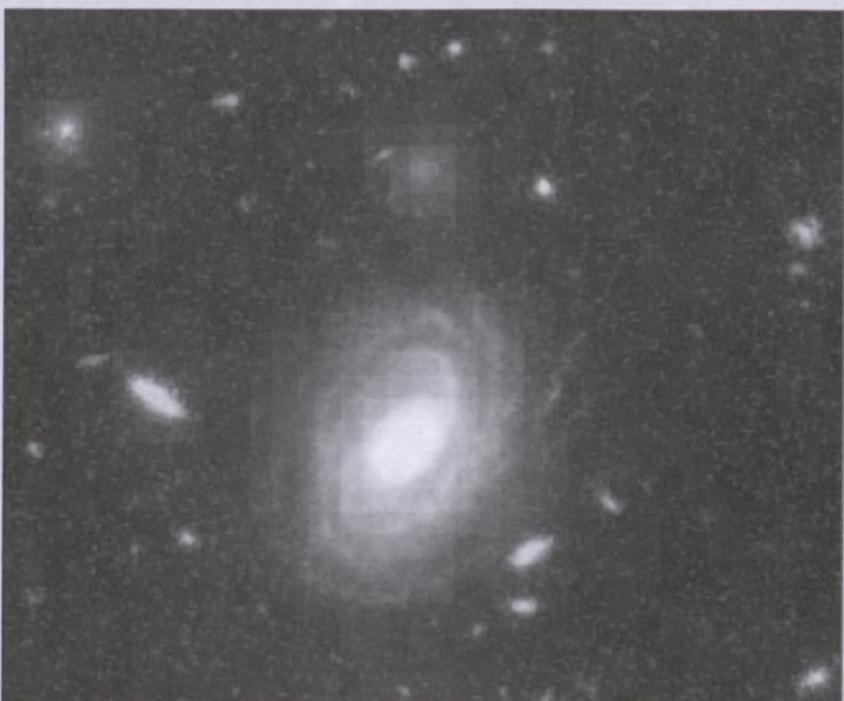
Ten sam obszar nieba przebadano również w obszarze dalszej podczerwieni z wykorzystaniem kamer teleskopu Spitzera. I tu czekała astronomów spora niespodzianka, bowiem obiekt oznaczony HUDF-JD2 okazał się bardzo jasny, a ponieważ przy tak dużej odległości za maksimum emisji promieniowania w tym zakresie odpowiada populacja gwiazd, oczywiste było, że musi być ona bardzo bogata. Nawet w dzisiejszym Wszechświecie byłby to obiekt całkiem okazały, zaś w epoce, o której mowa, z pewnością wyróżniał się swoim blaskiem. Ponadto udało się zarejestrować nadwyżkę promieniowania tej galaktyki na fali 24 μm , która świadczyć może o obecności supermasywnej czarnej dziury w jądrze galaktyki.



Fot. 1. Ultraglebokie pole Hubble'a z zaznaczoną pozycją galaktyki HUDF-JD2. Po prawej — kolejne obrazy tego samego fragmentu nieba wykonane kamerami ACS i NICMOS teleskopu Hubble'a (góra i środek) oraz IRAC teleskopu Spitzera (na dole). Fot. NASA, ESA, B. Mobasher

Niestety, ze względu na zbyt małą jasność nie udało się przeprowadzić obserwacji spektroskopowych tej galaktyki nawet przy użyciu największych naziemnych teleskopów — bezskutecznie próbowały tej sztuki kolejno VLT, Keck i Gemini. Wydaje się jednak, że cechy fotometryczne obiektu są tak specyficzne i niepowtarzalne, że przedstawione przez badaczy szacunki odległości i masy obiektu wydają się rozsądne. Ponadto dzięki pracom L. Eylesa z Uniwersytetu

Exeter oraz H. Yana z naukowego centrum teleskopu Spitzera już wcześniej pojawili się przypuszczenia, że galaktyki dotyczące wielkością Drodze Mlecznej istniały niespełna miliard lat po Wielkim Wybuchu. Tak więc teorię, w myśl której duże galaktyki formowały się na drodze zlepiania i łączenia się ze sobą mniejszych struktur, przyjdzie nam naprawdopodobniej uzupełnić, by wyjaśnić fakt istnienia tak dużych i masywnych struktur w młodym Wszechświecie. (kr)



Fot. 2. Kompozycja obrazów galaktyki HUDF-JD2 z zakresu widzialnego oraz podczerwieni. Fot. NASA, ESA, R. Hurt

Polscy astronomowie na tropie kosmicznej skali odległości

Już od prawie 100 lat cefeidy służą astronomom jako standardowe świece umożliwiające wyznaczanie odległości we Wszechświecie. Metoda określania jasności absolutnej na podstawie okresu zmian blasku wymaga jednak ciągłego udoskonalania. Wciąż jest badany wpływ zawartości metali (czyli pierwiastków cięższych od helu) na charakter tej zależności, ponadto należy bardzo dokładnie uwzględniać straty promieniowania na drodze między odległą gwiazdą a obserwatorem, w szczególności jego absorpcję w macierzystej galaktyce.

Wolfgang Gieren wraz ze współpracownikami z obserwatorium ESO postanowił dokładniej zająć się tym problemem w ramach projektu Araukaria. Jego celem jest wyznaczenie odległości stosunkowo bliskich galaktyk z niepewnością nie przekraczającą 5%. W pracach badawczych uczestniczą dwaj astronomowie z obserwatorium Uniwersytetu Warszawskiego, Grzegorz Pietrzyński i Igor Soszyński.

Jednym z pierwszych badanych obiektów jest NGC 300 z grupy galaktyk w konstelacji Rzeźbiarza. W prowadzonej w latach 1999-2000 kampanii obserwacyjnej na 2,2-m teleskopie w La Silla odkryto w tej galaktyce ponad 100 cefeid o bardzo różnych okresach zmian blasku. Nadszedł czas, by przyrzuć się rezultatom prowadzonych analiz.

Do szczegółowych badań wybrano trzy obszary galaktyki, zawierające 16 cefeid o okresach od 6 do 83 dni (patrz fot. 1). Wykonano dla nich obserwacje kamerą podczerwoną i spektrometrem 8,2-m teleskopu VLT. Wykorzystanie podczerwieni zamiast zakresu widzialnego przyniosło potrójne korzyści. Po pierwsze absorpcja promieniowania przez materię międzygwiazdową jest znacznie mniejsza. Po drugie krzywe zmian blasku cefeid w podczerwieni mają mniejsze amplitudy i są bardziej symetryczne, co pozwala znacznie szybciej określić ich średni blask. I wreszcie po trzecie — relacja okres-jasność jest w tym zakresie mniej czuła na metaliczność.

Na rys. 2 przedstawiono uzyskane relacje okres-jasność dla pasm fotometrycznych J i K odpowiednio. Średnie jasności dla każdej cefeidy wyznaczono z dwóch niezależnych pomiarów blasku dla dwóch różnych faz pulsacji. Przy-



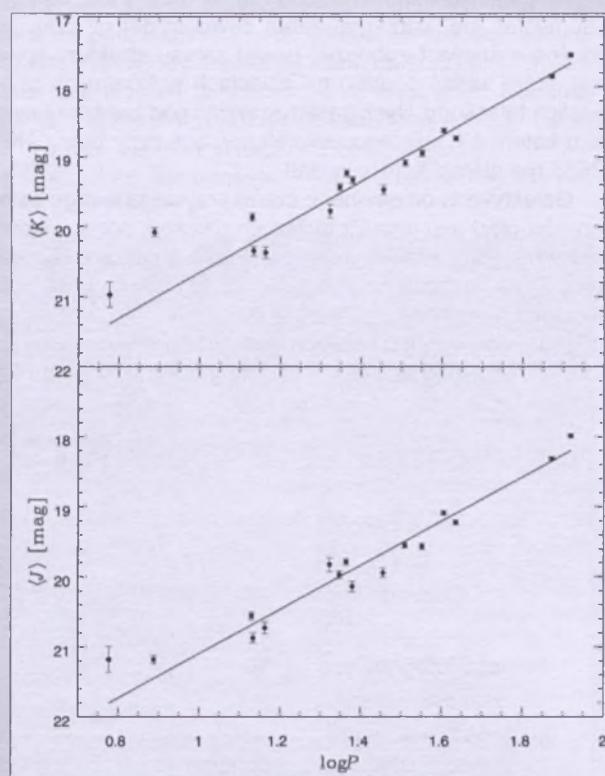
Fot. 1. Portret galaktyki NGC 300 z zaznaczoną pozycją trzech pól zawierających 16 cefeid przebadanych teleskopem VLT

jeto nachylenie prostej dopasowanej do danych takie samo jak w przypadku cefeid Wielkiego Obłoku Magellana.

Biorąc pod uwagę wszystkie dane i uwzględniając efekty poczerwienienia międzygwiazdowego, w samej galaktyce NGC 300 wyznaczono jej odległość na 6,13 min lat świetlnych z nie spotykaną do tej pory niepewnością nie przekraczającą 3%.

Praca na ten temat ukazała się 1 sierpnia br. w *Astrophysical Journal* (www.journals.uchicago.edu/ApJ/journal/issues/ApJ/v628n2/62419/brief/62419.abs-tract.html). Przy okazji warto też sięgnąć do archiwnej już, ale pouczającej informacji o poszukiwaniu cefeid w NGC 300 pod adresem www.eso.org/outreach.

[\(kr\)](http://ach/press-rel/pr-2002/phot-18-02.html)



Fot. 2. Relacja okres-jasność dla cefeid galaktyki NGC 300 uzyskana dla pasm fotometrycznych J i K

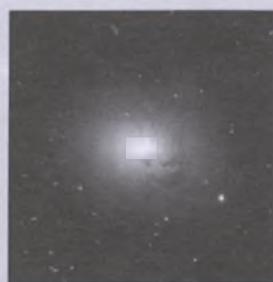
NGC 2655

α (J2000)	08 ^h 55,6 ^m
δ (J2000)	+78° 13'
Gwiazdozbiór	Żyrafa
Typ	Galaktyka spiralna S0/Sa
Jasność fotograficzna	11,0
Jasność wizualna	10,1
Jasność absolutna M_V	-21,9
Rozmiar	4,9'×4,1'
Odległość	22,1 Mpc
Pędkość radialna	+1404 km/s

Galaktyka ta została odkryta przez Williama Herschela 26 września 1802 r. Nadał on jej numer katalogowy H I.288. Jest jedną z dwustu najjaśniejszych galaktyk nieba, jednak nie należy do zbyt fotogenicznych ze względu na swoją budowę: pośrednią pomiędzy galaktyką spiralną i soczewkową. W katalogu Dreyera jej opis jest następujący: „bardzo jasna, dość duża, nieco podłużna, najpierw stopniowo, a potem nagle silnie jaśniejąca ku środkowi”. Galaktyka leży prawie w połowie drogi pomiędzy M81/82 i Gwiazdą Polarną, tworząc trójkąt równoboczny z gwiazdami ósmej wielkości: SAO 6687 i SAO 66922. Ze względu na jasność można ją zauważać już w 8/10-cm teleskopie. Przy małym powiększeniu widać jedynie małe plamki, jednak przy powiększeniu około 100 razy można rozróżnić gwiazdowe jądro i słabą otoczkę. W teleskopach o średnicy ponad 30-cm widać niewiele więcej: region centralny jest stosunkowo jasny, okrągły, lekko nieregularny na krawędzi, a w jego środku znajduje się lekko wydłużone jądro; można też, zerkając „domyśleć się” istnienia słabej zewnętrznej otoczki. Nie można natomiast zobaczyć nawet zarysu struktury spiralnej, którą widać dopiero na zdjęciach wykonanych przez wielkie teleskopy. Dysk galaktyki widać pod bardzo niewielkim kątem 17°, dlatego zewnętrzny, optyczny brzeg NGC 2655 ma niemal kolisty kształt.

Galaktyka ta od pewnego czasu przyciąga uwagę astronomów gdyż jest jedną z bliższych galaktyk posiadających aktywne jądro. Klasyfikowana jest jako galaktyka Seyferta typu 2. Ze względu na obecność w obszarach centralnych silnego i nieregularnego pasma pyłu Halton Arp dołączył ją do swojego słynnego katalogu galaktyk osobliwych jako Arp 225 — patrz zdjęcia obok. Ponadto galaktyka posiada sła-

be, zewnętrzne pasma pyłu nawinięte przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara (lewostronne) i związane z mało wyraźnymi ramionami spiralnymi. Niektórzy astronomowie ze względu na lekkie wydłużenie centralnych obszarów zaliczają ją do galaktyk posiadających poprzeczkę, lecz wysokiej rozdzielczości naziemne zdjęcia wykonane w zakresie optycznym, jak i obraz tej galaktyki uzyskany w podczerwonym przeglądzie nieba 2MASS, raczej nie potwierdzają tej hipotezy. Bardziej prawdopodobne jest, że centralna część dysku galaktyki nie leży w tej samej płaszczyźnie co reszta galaktyki. Możliwe wyjaśnienie to założenie, że NGC 2655 powstała w wyniku oddziaływania i zlania się w jeden obiekt dwóch galaktyk spiralnych. Model taki wydaje się obecnie astronomom atrakcyjny, gdyż pozwala



Zdjęcie wykonane 3,5-m teleskopem WIYN w zakresie niebieskim (B) widma ze zdolnością rozdzielczą 0,8 s łuku

on (prynajmniej częściowo) wyjaśnić powstawanie galaktyk eliptycznych lub soczewkowych.

Otoczenie jądra tej galaktyki rotuje jak ciało sztywne aż do odległości około 0,5 kpc, co wskazuje na silną koncentrację masy w tym obszarze, której wartość szacuje się na około 10 mld mas Słońca, co wydaje się (jak na tak mały obszar) wartością niezwykle dużą. W obszarach centralnych jest bardzo mało gazu, występuje on natomiast w postaci pierścienia wodoru neutralnego (HI) w odległości około 8 kpc od jądra galaktyki. Badania wykazują, że w centralnych obszarach znajduje się wiele młodych, gorących gwiazd, co jest dowodem, że całkiem niedawno, bo jakieś 1,5 mln lat temu w obszarze tym zachodziły gwałtowne procesy gwiazdotwórcze. Dodam tutaj, że NGC 2655 jest największa w obrębie małej grupy galaktyk zawierającej sześć obiektów i jest stosunkowo jasna w zakresie radiowym (centymetry) i rentgenowskim.

NGC 2841

α (J2000)	09 ^h 22,0 ^m
δ (J2000)	+50° 59'
Gwiazdozbiór	Wielka Niedźwiedzica
Typ	Galaktyka spiralna Sb
Jasność fotograficzna	10,1
Jasność wizualna	9,3
Jasność absolutna M_V	-21,5
Rozmiar	8,1'×3,8'
Odległość	14,1 Mpc
Pędkość radialna	+638 km/s

William Herschel skatalogował tę galaktykę jako H I.205. Jest to jedna z najjaśniejszych galaktyk nieba i pod tym względem konkuuuje z innymi galaktykami w Wielkiej Niedźwiedzicy z katalogu Messiera. Opis w katalogu Dreyera jest następujący: „bardzo jasna, duża, bardzo wydłużona, nagle jaśniejąca ku środkowi, gwiazda 10 wielkości w jej obrębie”. Nawet niewielki 8-cm teleskop ukaże jasne, gwiazdopodobne jądro galaktyki. W teleskopie 10-cm można zauważać wyraźne wydłużenie centralnego, jaśniejszego obszaru wokół jądra. Blisko na północnym zachodzie od tego obszaru znajduje się gwiazda 11 wielkości, a w odległości około 4,5 minut łuku na północny wschód znajduje się dość

jasna gwiazda ósmej wielkości: HD 80566. W większym instrumentie o średnicy ponad 25 cm można zauważać znaczne rozmiary galaktyki. Obszar centralny o rozmiarach około 2 minut łuku jest wyraźnie jaśniejszy, otacza go bardzo rozmyta i wydłużona otoczka nadająca galaktyce wygląd „sązonego” jajka. W obrębie tej otoczki przy dobrych warunkach obserwacyjnych można dostrzec kłaczki, niejednorodności. Niektórzy obserwatorzy są w stanie zobaczyć subtelne pasma pyłu otaczające centrum galaktyki.

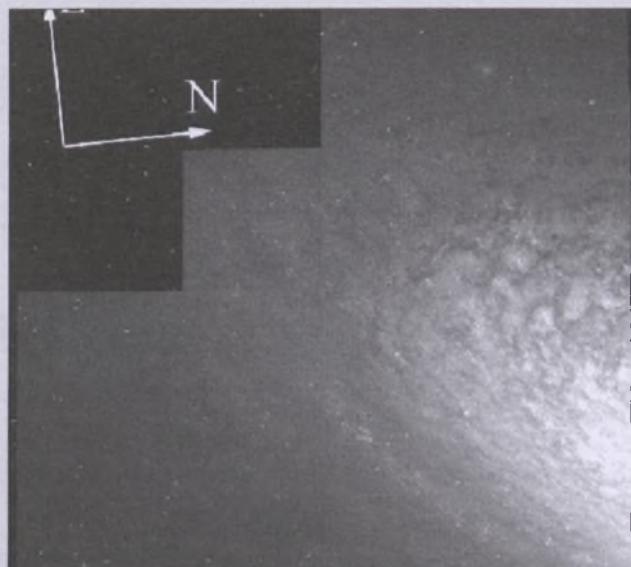
NGC 2841 jest zaliczana do galaktyk, których jądra wykazują niewielką aktywność, i dlatego jest czasem klasyfikowana jako galaktyka typu Seyfert 1. Odległość do niej została dość precyzyjnie wyznaczona z obserwacji cefeid wykrytych przez HST. W galaktyce tej w ostatnim stuleciu odkryto aż cztery supernowe (albo obiekty bardzo do nich podobne) to jest: SN 1912A, SN 1957A, SN 1972R, i SN 1999by. Ta ostatnia szczególnie zwróciła na siebie uwagę, gdyż była to supernowa typu Ia, ale dosyć nietypowa: spadek jej jasności po osiągnięciu największego blasku był znacznie szybszy niż u typowych supernowych tej klasy, a ponadto jej maksymalna jasność była aż o 1 mag. mniejsza (17,4 mag. w zakresie wizualnym) od przeciętnej supernowej typu Ia. To jest o tyle istotne, że supernowe tej klasy są obecnie powszechnie używane jako „standardowe” wskaźniki odległości do bardzo odległych obiektów i mają duże znaczenie w rozważaniu różnych modeli kosmologicznych. Dlatego bardzo ważna jest ich odpowiednia „kalibracja”.

Galaktyka ta jest nie tylko pozornie wielka na niebie; jej rzeczywiste rozmiary liniowe są ogromne, gdyż średnica jej dysku jest dwukrotnie większa niż Galaktyki w Andromedzie! NGC 2841 posiada rozległe zgrubienie centralne i bardzo rozbudowaną strukturę spiralną: wiele ramion, ale są one dość delikatne i subtelne w wyglądzie — patrz zdjęcie obok wykonane przez HST. Tego typu galaktyki spiralne otrzymały nawet specjalną nazwę — galaktyki kłackowe. Jednak na zdjęciach wykonanych w podczerwieni można zauważać długie, wyraźne i ciemne pasma ramion spiralnych — struktury te pozostają niewidoczne w świetle widzialnym, gdyż tworzący je pył odbija światło widzialne i maskuje ich obecność. Krzywa prędkości rotacji galaktyki wska-

zuje, że w jądrze znajduje się masywny, zwarty obiekt, który rządzi dynamiką ciał w obszarze około 1 kpc wokół jądra (masa ich jest zaniedbywanie mała w porównaniu z masą jądra). Dopiero powyżej tej odległości prędkość rotacji znów rośnie i osiąga wysoką wartość około 300 km/s. Ruch gazu wokół jądra wskazuje na obecność pierścienia materii leżącego w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny dysku. Ponadto skład chemiczny obszarów centralnych znacznie różni się od obszaru zgrubienia centralnego. Nabylenie dysku do kierunku widzenia jest duże i wynosi 68°. W odległości około 500 pc nad płaszczyzną dysku NGC 2841 odkryto, rozległą i gęstą strukturę złożoną głównie z pyłu, która odbija światło centralnych obszarów tej galaktyki i kieruje je częściowo w naszym kierunku. W obszarze tym nie udało się wykryć gwiazd. Tego rodzaju obłoki stwierdzono w wielu galaktykach spiralnych, również w naszej Galaktyce, gdzie noszą nazwę cirrusów, lecz ten zdecydowanie wyróżnia się spośród wszystkich znanych: jego rozmiary wynoszą aż 1,8 kpc, ekstynkcja w jego kierunku 13 mag. (typowo dla naszej Galaktyki 0,15 mag.). Nie ma, jak na razie, zadowalającego wyjaśnienia pochodzenia tego obłoku. Jako interesujący fakt można dodać, że w pobliżu NGC 2841 (w odległościach rzędu 20 min. łuku od środka galaktyki) zidentyfikowano cztery jasne kwazary. Ma to o tyle istotne znaczenie, że część astronomów (dodam: obecnie zdecydowanie mniejsza część) uważa, że przynajmniej niektóre kwazary nie znajdują się w odległościach kosmologicznych, lecz są obiektami lokalnymi powstałymi jako efekt procesów zachodzących w jądrach galaktyk aktywnych (chodzi o galaktyki typu Seyferta). W takim wypadku ich poczerwienienie nie miałoby charakteru kosmologicznego, ale wynikało z innych, prawdopodobnie jeszcze nie znanych procesów fizycznych. Dyskusja na ten temat (orędownikiem tej teorii był Fred Hoyle, a obecnie jest Halton Arp) była dość gorąca na początku lat 70. ubiegłego wieku, lecz kolejne fakty obserwacyjne przeważyły szalę na korzyść kosmologicznej interpretacji poczerwienienia kwazarów. Niemniej kilka nieoczekiwanych odkryć dokonanych w ciągu ostatnich czterech lat jest zwiastunem, że do dyskusji na ten temat środowisko astronomów będzie musiało przedzej czy później powrócić.



Zdjęcie NGC 2841 wykonane 5-m teleskopem na Mount Palomar



Zdjęcie południowo-wschodniego skraju dysku NGC 2841 wykonane przez HST w zakresie bliskiej podczerwieni (8012 Å)

NGC 2903

α (J2000)	09 ^h 32,2 ^m
δ (J2000)	+21° 30'
Gwiazdozbiór	Lew
Typ	Galaktyka spiralna SBbc
Jasność fotograficzna	9,6
Jasność wizualna	8,9
Jasność absolutna M _V	-21,0
Rozmiar	12,6'×6,6'
Odległość	8,6 Mpc
Prędkość radialna	556 km/s

Galaktyka ta odkryta została przez Williama Herschela 16 listopada 1784 r. i oznaczona jako H I.56. W jej obrębie znajduje się jaśniejszy obszar — część północno-wschodniego ramienia spiralnego — osobno skatalogowany jako NGC 2905. Oto opis tej galaktyki z katalogu Dreyera: „znacząco jasna, bardzo rozległa, podłużna, stopniowo silnie jaśniejaca ku środkowi, rozróżnialne gwiazdy”. Galaktyka jest na tyle jasna, że można ją dostrzec przez dobrą lornetkę. Przez teleskop o średnicy około 10 cm można z łatwością zauważyc jasne, zwarte jądro i wydłużoną poświatę wokół niego. Przy dużym powiększeniu około 100 razy, jądro przestaje być gwiazdopodobne. W teleskopie o średnicy 20 cm widoczne jest wydłużenie centralnych obszarów — poprzeczka — które rozciąga się prawie tak daleko jak słaba, otaczająca centrum NGC 2903, zewnętrzna ovalna otoczka. Z pomocą zerkania przy dużym powiększeniu można dostrzec kilka obszarów HII, a także początek dwóch ramion spiralnych. Aby jednak wyraźnie dostrzec ramiona spiralne wychodzące z końców poprzeczki, trzeba dysponować teleskopem o średnicy ponad 50 cm. Zauważyc można wtedy trzy ramiona spiralne, nawinięte wokół obszarów centralnych, a w ich obrębie dwa jasne pasma na północ od jądra. W dużym teleskopie jest to jedna z efektowniejszych galaktyk północnego nieba.

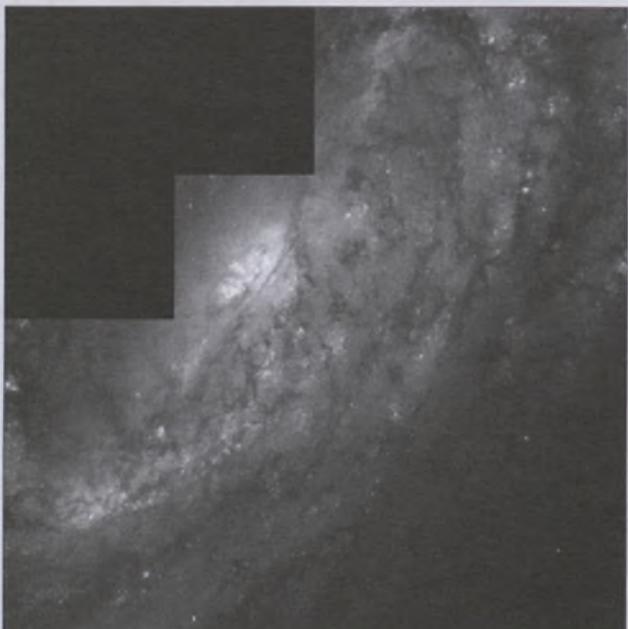
Uważa się, że galaktyka ta jest podobna do naszej Drogi Mlecznej zarówno pod względem budowy, masy, jak i jasności. Jest jednak pewna istotna różnica. Otóż w obrębie centralnych obszarów NGC 2903 odkryto w zakresie optycznym (1973 r.) a potem w podczerwieni wiele tak zwanych „gorących plam”, które dzięki obserwacjom przeprowadzonym przez HST okazały się bardzo młodymi gromadami kulistymi. Wiek tych gromad najprawdopodobniej nie przekracza 10 mln lat; są one masywne (kilkaset tysięcy mas Słońca) i jasne — w zakresie podczerwonym H (1600 Å) mają one jasność absolutną rzędu –13 mag.! Podobne gromady odkryto np. w galaktyce M100 i są one dowodem na to, że niedawno miały tam miejsce gwałtowne procesy gwiazdotwórcze. Obszar nowo powstałych gwiazd w NGC 2903 ma kształt pierścienia wokół jądra galaktyki, którego promień wynosi około 0,5 kpc. W tym obszarze znajdują się również bardzo jasne i duże obszary zjonizowanego wodoru HII, które nie są bezpośrednio powiązane z gromadami gwiazd i prawdopodobnie ewoluują w kierunku tego rodzaju gromad. Efektywność procesów gwiazdotwórczych w tej galaktyce znacznie przewyższa tę obserwowaną w typowych galaktykach i pod tym względem przypomina jasne galaktyki podczerwone (ang. *infrared luminous galaxies*), w których zachodzi wprost wybuchowa aktywność gwiazdotwórcza.

Obserwacje wykonane przez satelitę rentgenowskiego ROSAT potwierdzają aktywność tej galaktyki i dodatkowo przyniosły odkrycie kilkunastu punktowych źródeł rentgenowskich, w tym jednego szczególnie jasnego obiektu (ang. ULXS — *ultraluminous x-ray source*) na skraju zewnętrznego ramienia spiralnego. Ponadto obserwacje spektroskopowe centralnych obszarów galaktyki ujawniły, że krzywa prędkości rotacji wykazuje pewne anomalie w stosunku do typowych krzywych obserwowanych w galaktykach spiralnych. Dodam tu, że galaktyka ta podobnie jak NGC 2841 była podejrzewana o związek z kilkoma blisko leżącymi na sferze niebieskiej obiektami o znacznie większym niż ona przesunięciu ku czerwieni.

Dariusz Graczyk



Zdjęcie NGC 2903 wykonane 40 cm teleskopem w systemie Richey-Chretien. Sześć 20-minutowych ekspozycji RGB



Centralne obszary NGC 2903 zarejestrowane przez WFPC2 na HST w zakresie optycznym

ASTROKRAK

F.P.U.H. **ASTROKRAK**, ul. Mogilska 51, 31-545 Kraków
 e-mail: astrokрак@astrokрак.pl - www.astrokрак.pl
 tel.: (12) 413 55 26, fax: (12) 417 31 81
 sklep czynny: pon. - pt. 9-17, sob. 10-15

Zobacz również nowe forum miłośników astronomii - www.astromaniak.pl

ORION**SERIA SKYQUEST**

(Teleskopy na montażu Dobsona)	
XT6 (Newton 150mm).....	995.00
XT8 (Newton 203mm).....	1450.00
XT10 (Newton 254mm).....	2350.00
XT12 (Newton 300mm).....	4150.00

SERIA SKYVIEW PRO

(Teleskopy na montażu paralaktycznym SkyView Pro wraz z napędem w dwóch osiach z pilotem)

Refraktor 80mm ED APO.....	4150.00
Refraktor 100mm.....	2690.00
Refraktor 100mm ED APO.....	5999.00
Refraktor 120mm.....	3450.00
Newton 150mm.....	2650.00
Newton 203mm.....	3250.00
Maksutow 127mm.....	3450.00

SERIA ASTROVIEW

(Teleskopy na montażu paralaktycznym AstroView)	
Refraktor 90mm.....	1399.00
Refraktor 100mm.....	1899.00
Refraktor 120mm.....	2550.00
Newton 150mm.....	1795.00
Maksutow 127mm.....	2750.00
Maksutow 127mm.....	3450.00

SOLIGOR
Digital • Photo • Optic • Video**LORNETKI
ASFERYCZNE
NIGHT VISION**

7x50.....	485.00
10x50.....	495.00

OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA

Plössl (4-40mm/1,25").....	od 95.00
RKE (26-40mm/2").....	od 195.00
Barlow 2x/1,25".....	95.00
Barlow 2x/2".....	250.00

AKCESORIA DO TELESKOPÓW

Montaż paralaktyczny.....	890.00
Lunetka bieguna.....	149.00
Napęd z pilotem.....	395.00
Szukac 8x50 z krzyżem.....	275.00
Nasadka dwuokularowa.....	950.00
Złączka projekcyjna 1,25"/T2.....	79.00
Filtr słoneczny Baadera (dm ²).....	10.00

DNC&RES**OKULARY I SOCZEWKI BARLOWA**

Plössl (6-40mm/1,25").....	od 105.00
Ortoskop. (6-12,5mm/1,25").....	od 250.00
Erlfa (30-52mm/2").....	od 315.00
Szerokątne (67°/5,7-25mm).....	od 299.00
Szerokątne (82°/7,5-18mm).....	od 499.00
Barlow 2x/1,25".....	105.00
Barlow 1,6x/2".....	350.00
Plössl podświetlany (10mm/1,25").....	525.00

FILTRY

ALP 1,25".....	225.00
ALP 2".....	415.00
ND 13 1,25" (szary).....	45.00
ND 13 2" (szary).....	105.00
Kolorowe 7 szt. 1,25".....	285.00
Kolorowe 7 szt. 2".....	475.00

NASADKI KĄTOWE

45° 1,25"/1,25".....	105.00
90° 1,25"/1,25".....	125.00
45° M42x1/1,25".....	125.00
90° M42x1/1,25".....	145.00
90° 2"/2" 98%.....	395.00
Prowadząca 90° 2"/T2 z podgl.....	625.00

**MEADE****SERIA LX200GPS**

(Teleskopy Schmidta-Cassegraina na montażu widłowym z pełną automatyką naprowadzania GO-TO)	
8" (203mm).....	13950.00
10" (254mm).....	17250.00
12" (305mm).....	24500.00
14" (356mm).....	33950.00
16" (406mm).....	65250.00

SERIA LDX-75

(Teleskopy na montażu paralaktycznym z systemem GO-TO)	
5" (127mm refraktor).....	5650.00
6" (152mm refraktor).....	6725.00
6" (152mm Schmidt-Newton).....	5420.00
8" (203mm Schmidt-Newton).....	6350.00
8" (203mm Schmid-Cassegrain).....	8650.00
10" (254mm Schmidt-Newton).....	7595.00

**Akcesoria MEADE****OKULARY Z SERII 5000**

Plössl (60°/5,40mm).....	od 505.00
SWA (68°/16-40mm).....	od 915.00
UWA (82°/4,7-30mm).....	od 1090.00

KAMERY CCD

(Z oprogramowaniem Autostar Suite)	
LP Imager.....	775.00
DS Imager.....	1550.00
Reduktor/korektor CCD f/3,3.....	925.00

CORONADO**TELESKOPI I FILTRY SŁONECZNE Hα**

Już od 2915.00

**LUMICON****OKULARY PODŚWIETLANE**

(Z krzyżem nitk)	
12,5mm ortoskop.....	585.00
25mm Kellner.....	275.00

FILTRY MGŁAWICOWE

Deep Sky 1,25".....	375.00
Deep Sky 2".....	730.00
Enhanced 2".....	695.00
UHC 1,25".....	375.00
LumiBrite 1,25" 98%.....	550.00
UHC 2".....	730.00
LumiBrite 2" 98%.....	875.00
OIII 1,25".....	375.00
OIII 2".....	730.00
H-Beta 1,25".....	375.00
H-Beta 2".....	730.00
Comet 1,25".....	375.00
Comet 2".....	730.00

MAPY I GŁOBUSY

Karta Messiera.....	13.00
Karta Caldwell.....	13.00
Mapa Księżyca.....	13.00
Globus nieba.....	330.00
Globus Księżyca.....	225.00
Starry Night Enth.....	335.00
CoolSky 2.0.....	39.00
Maxim DL.....	1250.00
SkyMap Pro.....	375.00
SkyChart III.....	169.00
Desktop Universe.....	825.00
SkyTools 2 CD.....	425.00

SKY PUBLISHING**WCYCIĄGI OKULAROWE**

(Do refraktora, Newtona lub Cassagra)	
Obrotowy 1,25".....	115.00
Przesuwny 1,25".....	195.00
Przesuwny 2".....	275.00

ZŁĄCZKI I REDUKCJE

M42/Canon EOS.....	49.00
M42/Nikon.....	49.00
M42/T2.....	45.00
1,25"/M42.....	35.00
2"/M42.....	45.00
M42/web kamera.....	45.00
L-adapter mały.....	20.00
L-adapter duży.....	25.00



Niniejszy cennik jest jedynie niewielkim fragmentem oferty. Sprawdź wszystkie nasze produkty na www.astrokрак.pl

Wirtualna podróż do ziemskich kraterów

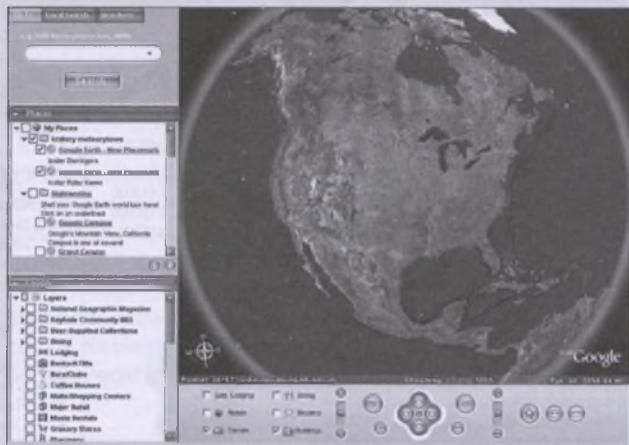
Nawet pobiczna znajomość historii narodzin Układu Słonecznego, tak jak widzi to obecnie nauka, pozwala nam wyobrazić sobie planetę Ziemię z powierzchnią zrytą licznymi, większymi i mniejszymi, kraterymi. Taki obraz, na podobieństwo tego, co znamy ze zdjęć powierzchni planet wewnętrznych, księżyców planet olbrzymów oraz planetoid, a w szczególności naszego Księżyca, kojarzymy z tzw. okresem Wielkiego Bombardowania, którego koniec datowany jest na jakieś 3,8 mld lat temu. Prawdopodobnie powierzchnia naszej planety nigdy nie była całkiem płynna, więc dziwić może fakt, że obecnie znany obraz powierzchni Ziemi tak dalece odbiega od tych „typowych” widoków w naszym systemie planetarnym.

Otoczka okazuje się, że tak do końca nie jest i choć działalność wulkaniczna, ruchy tektoniczne, erozja wodna i powietrzna mocno zatarły kosmiczne rany Ziemi, to jednak w ukształtowaniu powierzchni planety możemy dopatrzeć się wielu struktur pierścieniowych, które mogą być (i prawdopodobnie są!) pamiątką tamtych przedgeologicznych czasów¹.

Co prawda uczeni zajmujący się badaniem ziemskich kraterów uderzeniowych pochodzenia meteorytowego i ich pozostałości (tzw. struktur impaktowych) na własne potrzeby przyjęli swoego czasu ostre kryteria, wymagane do zakwalifikowania jakiegoś obiektu jako strukturę impaktową, w postaci fragmentów meteorytów, stopionych kwarcytów, czy tzw. stożków uderzeniowych. Dlatego też w poważnych opracowaniach prezentujących zestawienia wielkich kraterów meteorytowych na powierzchni Ziemi nie uświadczymy np. prawie idealnie kolistego wschodniego wybrzeża Zatoki Hudsona czy basenu Jeziora Wiktorii. Po prostu brak jest w tych strukturach wyraźnych cech wskazujących na ich pozaziemskie pochodzenie.

Istnieją jednak naukowe koncepcje, pozwalające dopatrywać się w tych i w innych strukturach ich pozaziemskiej genezy, a wręcz śladów wielkiego bombardowania. Jeśli przyjrzeć się uważnie topografii Ziemi, może wręcz zadziwiać liczba olbrzymich struktur pierścieniowych. Ot, po prostu późniejsze procesy kształtowania powierzchni Błękitnej Planety zatarły wyraźne ślady pozaziemskiego pochodzenia struktur, ale tworząc nowe, geologiczne, jakby odzwierciedlały ukryte głębiej te stare, kosmologiczne (przedegeologiczne). Za takie pamiątki uważają niektórzy uczeni np. przecinające się huki Wysp Aleutów i Kamczatki. Bardzo ciekawym przykładem jest mapa geologiczna Kanady, gdzie rozkład występowania pewnych mineralów wyraźnie tworzy olbrzymią strukturę pierścieniową (zob. np. John M. Saul, *Geologiczne konsekwencje ostatniego ciężkiego bombardowania*, Meteoryt 1/2004).

Okazuje się, że w szkołach wyposażonych w pracownie komputerowe z w miarę szybkim dostępem do Internetu istnieje możliwość przypatrzenia się dokładniej kosmicznym



Fot. 1. Interfejs programu *Google Earth*. Po lewej stronie u góry luka na wpisanie nazwy miejsca, dokąd zmierzamy lub jego współrzędnych. Niżej odnośniki do wybranych lokalizacji i opcje wyboru warst, które mają być uwidocznione. Np. możemy tu wyłączyć wyświetlanie nazw geograficznych lub włączyć uwidocznienie położenia dróg, hoteli, restauracji

ślądom wyrzytym na powierzch Ziemi (fot. 2) i wyobrażenia sobie tych odległych czasów, gdy wygląd naszej Matki Ziemi wcale nie odbiegał od tych fascynujących, ale jakże ponurych obrazów dostarczanych przez teleskopy i sondy kosmiczne. Wszystko to za sprawą programu *Google Earth* (fot. 1), który można w darmowej wersji pobrać z Internetu (<http://earth.google.com>). To wspaniałe narzędzie pozwala uczynić bardziej ciekawą szkolną naukę nie tylko geografii, ale i astronomii.

Jak wiadomo, powierzchnia naszej planety wciąż narażona jest na bombardowanie z Kosmosu, a dość liczne ślady takich wydarzeń już z czasów geologicznych są w *Google Earth* bardzo dobrze widoczne. Proponuję więc uczniom (i nie tylko) wirtualną podróż po ziemskich kraterach meteorytowych².

Do każdej podróży warto się dobrze przygotować i zaopatrzyć w solidny przewodnik. Naszym przewodnikiem mogą być np. tabele ziemskich struktur impaktowych dostępne na internetowej stronie Planetarnego i Kosmicznego Centrum Naukowego przy Uniwersytecie Nowego Brunszwiku (<http://www.unb.ca/passc/ImpactDatabase>). Tabele te pozwalają przeglądać interesujące nas struktury uporządkowane wg nazwy, rozmiaru lub lokalizacji, a także zawierają łącza do stron ze zdjęciami tych obiektów. W tabelach zgromadzono 172 obiekty, ale nie wszystkie z nich są widoczne w postaci kraterów czy choćby ich śladów. Niektóre z nich są znane tylko z wierzeń geologicznych, analiz zdjęć satelitarnych w zakresach pozaoptycznych lub znajdują się na dnie oceanu.

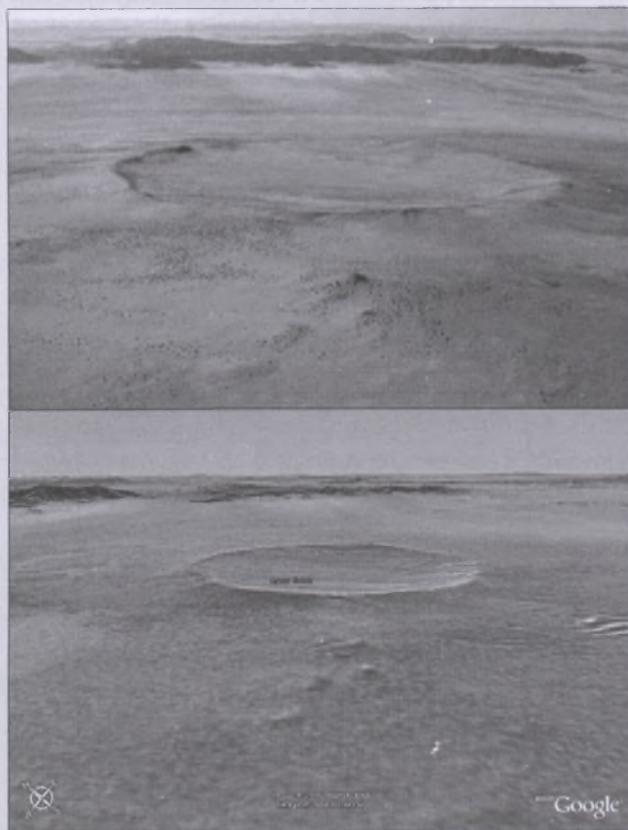
Tym, którzy nie znają jeszcze *Google Earth*, warto wyjaśnić, co to takiego w ogóle jest. Najkrócej można rzec, iż jest to internetowa aplikacja, która pozwala dowolnie obracać kulą

¹ Czas geologiczny Ziemi możemy w zasadzie liczyć od ukształtowania się pierwszych skał skorupy ziemskiej, czyli litosfery. Najstarsze znane obecnie geologom struktury impaktowe liczą sobie jakieś 2,1 mld lat.

² Ta wirtualna wycieczka wcale nie musi mieć miejsca w planowanych godzinach zajęć lekcyjnych. Na lekcji możemy tylko wskazać i omówić narzędzie, a uczniowie mogą „wycieczkę” realizować sami czy to w domu, czy to w godzinach pozalekcyjnych, mając dostęp do Internetu, np. w szkolnych centrach bibliotecznych.

ziemską i oglądać jej powierzchnię z wybranej wysokości i to pod dowolnym kątem. To, co widzimy, to najczęściej zdjęcia satelitarne o rozdzielczościach obrazu dochodzących czasami do parudziesięciu centymetrów na piksel! Zdjęcia są wczytywane na bieżąco, zależnie od wybranego położenia punktu widzenia i dzieje się to progresywnie, czyli widzimy stopniowe wyostrzanie obrazu do maksymalnej dostępnej rozdzielczości. Na dolnym pasku informacyjnym okna programu cały czas wyświetlane są współrzędne miejsca znajdującego się pod kursem myszy, względna wysokość powierzchni (tylko na niższych wysokościach i niestety, w stopach, więc trzeba pamiętać, że $1 \text{ ft} \sim 0,3 \text{ m}$), postęp wczytywania obrazu oraz wysokość, z jakiej patrzymy (w stopach lub milach, 1 mila to ok. 1,6 km). Chociaż wszystkie ruchy w naszej wirtualnej podróży można wykonywać za pomocą myszy, to jednak dla wygody podróżowania warto opanować pewne skróty klawiaturowe. Np. przyciski „+” i „-” pozwalają płynniej zmieniać wysokość niż rolka myszy, a przyciski „Page Up” i „Page Down” umożliwiają płynniejszą zmianę kąta patrzenia.

Dokładność odwzorowania powierzchni Ziemi rzędu od kilkunastu metrów na piksel obrazu (w najgorszym przypadku) do parudziesięciu centymetrów na piksel (w przypadku najlepszych udostępnionych map) bez problemu pozwala dostrzegać kratery o średnicach powyżej 200 m, a w naszym przewodniku jest takich sporo (z własnego doświadczenia wiem, że za pomocą *Google Earth* można zobaczyć ponad 60!).



Fot. 3. Krater Roter Kamm w Namibii o średnicy 2,5 km na zdjęciu, jakie można często spotkać w książkach czy w Internecie (wyżej) i podobny obraz tego krateru, ale wygenerowany w *Google Earth*



Fot. 2. Kilka nakładających się pierścieniowych struktur na południowym Atlantyku, najprawdopodobniej odzwierciedlających dawne kratery z końca okresu Wielkiego Bombardowania. Dla lepszego ich uwidocznienia obrazek został rozjaśniony i skontrastowany

Bardzo wdzięczne do oglądania okazują się kratery afrykańskie. Przy okazji można zobaczyć, jak fascynującą krajną jest... Sahara. Tu kilkukilometrowe kratery są pięknie widoczne, a możliwość oglądania ich w trójwymiarze czyni naszą wirtualną wyprawę prawdziwą przyjemnością. Można np. pokusić się o wymodelowanie widoków znanych ze zdjęć. Przykład kratery Roter Kamm (fot. 3) pokazuje, że efekty mogą być więcej niż zadowalające.

Ładnie prezentują się kratery australijskie. Z kolei Kanada jawi się jako jedno wielkie „meteorytowe pojezierze”. Pomiędzy wyraźnego kierunkowego działania lodowca szlifującego przed milionami lat prekambryjską płytę możemy tam dostrzec wiele kolistych lub pierścieniowych jezior będących obiektymi naszego zainteresowania.

Ciekawe są obrazy kratery południowoamerykańskich, porośniętych dżunglą, gdzie tylko inny odcień zieleni sugeruje ich położenie i rozmiar. Wystarczy popatrzeć na kratery Araguainha i Riachao w Brazylii.

A co na naszym kontynencie? Tu agrokulturalna działalność człowieka była chyba bardziej skutecznym niszczyтелем impaktowych pamiątek niż naturalne procesy erozji. Takie wrażenie nasuwa się nieodparcie przy próbach zidentyfikowania kratery na zaludnionych terenach Europy czy Azji. Czasami obszar kratery uwidacznia koncentryczny układ pól uprawnych! Świadectwem przykładem ilustrującym tę tezę jest krater Söderfjärden w Finlandii czy Kursk w Rosji.

Przy okazji warto zauważać, że w niektórych przypadkach zarys kratery łatwiej „wyczuć palcami” niż zobaczyć okiem. Mam tu na myśli „czucie” czysto wirtualne, polegające na przesuwaniu kurSORA nad interesującym obszarem i śledzeniu wskazań wysokości terenu. W ten sposób wyczuć można np. kratery Carswell w Kanadzie i Zapadnaya na Ukrainie.

„Podróżując po świecie” możemy natrafić na krateropodobne utwory, których nie ma w naszym „przewodniku”. Warto wtedy sprawdzić, czy nie figurują na liście domniemanych struktur impaktowych: http://web.eps.utk.edu/ifsg_files/SEIS/SEIS_database2.xls

A może komuś uda się odkryć jakieś nowe?

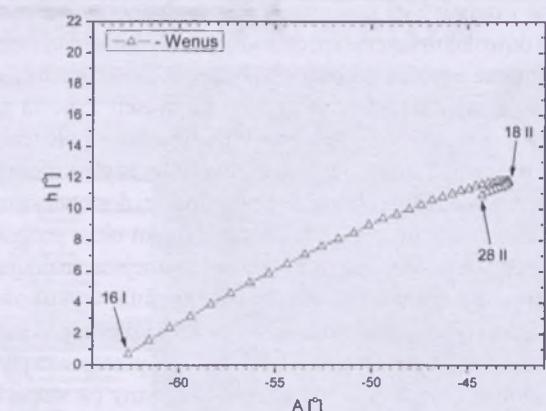
Jadwiga Kabatek-Drażkowska

Rok 2006

W roku 2006 wystąpią dwa zaćmienia Słońca: całkowite 29 marca oraz obrączkowe 22 września. Pierwsze będzie można obserwować z niedalekiej Turcji, z Polski widoczne będzie jako zaćmienie częściowe. Warto wspomnieć, że jest to zachodzące najbliżej naszego kraju całkowite zaćmienie Słońca do 2026 r.! Dojdzie także do dwóch, widocznych w Polsce, zaćmień Księżyca: półcieniowego 14 marca i częściowego 7 września.

W 2006 r. kilkakrotnie dojdzie do zakryć znanej gromady otwartej Pleядy przez Księżyca. Z Polski można będzie te zjawiska obserwować w dniach: 5 marca, 20 lipca, 12 września, 10 października, 6 listopada oraz 4 grudnia.

W 2006 r. do Słońca zbliży się 21 znanych komet, z których obserwacje jednej (73P/Schwassmann-Wachmann 3) będzie można wykonywać przez lornetki.



Rys. 1. Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i w lutym 2006 na początku świdu cywilnego (około godziny przed wschodem Słońca).

Styczeń

Slovník

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajdzie się najbliżej Słońca 4 stycznia o 10^h , a zatem Słońce będzie wtedy w perygeum w odległości około 147 mln km. Dni stają się coraz dłuższe. W Warszawie 1 stycznia Słońce wschodzi o 6^h45^m , zachodzi o 14^h34^m , a 31 stycznia wschodzi o 6^h19^m , zachodzi o 15^h21^m . W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

W perygeum Księżyca znajdzie się w dniu 1 stycznia o 22^h50^m, w apogeum 17 stycznia o 19^h09^m i ponownie w perygeum 30 stycznia o 7^h53^m.

Planety i planetoidy

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

Styczeń jest miesiącem, w którym możemy zaobserwować „przemianę” **Wenus** z „Gwiazdy Wieczornej” w „Gwiazdę Poranną”. W pierwszych dniach miesiąca, pod koniec zmierzchu cywilnego (ok. godzinę po zachodzie Słońca) możemy odnaleźć planetę, świecącą z jasnością $-4,5^m$, na wysokości 8° nad południowo-zachodnim horyzontem. Z dnia na dzień Wenus widoczna jest coraz niżej, aby znikać na horyzoncie 11 stycznia. Już 17 stycznia możemy ją próbować odnaleźć nad ranem bardzo nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, a pod koniec miesiąca, na godzinę przed wschodem Słońca, będzie już świecić jako „Gwiazda Poranna” o jasności $-4,5^m$ na wysokości 10° . Przez cały miesiąc przez teleskopy można obserwować tarczę planety o średnicy aż $60''$ o niezwykle małej fazie. Jest to także okazja do dostrzeżenia tzw. „światła popielatego” Wenus (świecenia nocnej półkuli planety), którego natura do dzisiaj nie została wyjaśniona.

Dane dla obserwatorów Słońca (na 0 ^h czasu UT)				
Data 2006	P [°]	B ₀ [°]	L ₀ [°]	
1	2,11	-3,01	236,31	
3	1,14	-3,24	209,97	
5	0,17	-3,47	183,63	
7	-0,79	-3,69	157,29	
9	-1,76	-3,91	130,95	
11	-2,71	-4,13	104,61	
13	-3,66	-4,34	78,28	
15	-4,61	-4,54	51,94	
17	-5,54	-4,74	25,61	
19	-6,46	-4,93	359,27	
21	-7,37	-5,12	332,94	
23	-8,27	-5,29	306,60	
25	-9,15	-5,47	280,27	
27	-10,02	-5,63	253,94	
29	-10,87	-5,79	227,61	
31	-11,71	-5,94	201,27	

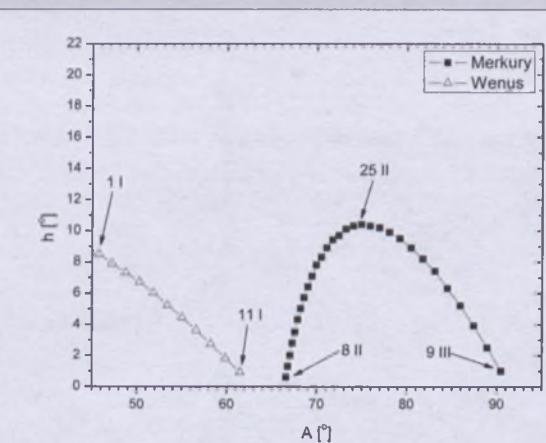
P – kąt odchylenia osi obrotu Słońca mierzony od północnego wierzchołka tarczy:

B_0 , L_0 – heliograficzna szerokość i długość środka tarczy:

18^d22^h40^m — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°

Książyc

Bezksiężycowe noce będącymy mieli na początku i pod koniec stycznia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $6^{\text{d}}18^{\text{h}}57^{\text{m}}$, pełnia $14^{\text{d}}09^{\text{h}}48^{\text{m}}$, ostatnia kwadra $22^{\text{d}}15^{\text{h}}14^{\text{m}}$ i nowa $29^{\text{d}}14^{\text{h}}15^{\text{m}}$.



Rys. 2. Merkury i Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i w lutym 2006 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

W pierwszej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Barana, możemy obserwować oddalającego się od Ziemi **Marsa**, którego jasność w ciągu miesiąca spała od $-0,6^m$ do $+0,2^m$. W tym czasie średnica tarczy planety maleje od $12''$ do zaledwie $8''$, co znacznie utrudni obserwacje szczegółów powierzchniowych.

W drugiej połowie nocy możemy obserwować **Jowisza** świecącego w gwiazdozbiorze Wagi jako obiekt -2^m . Przez teleskopy można obserwować zjawiska zachodzące w układzie galileuszowych księżyców planety.

Przez całą noc, w gwiazdozbiorze Raka, widoczny jest **Saturn** jako „gwiazda” o jasności 0^m . Pod koniec miesiąca, w związku z opozycją, średnica tarczy planety osiąga największą w 2006 r. wielkość wynoszącą prawie $21''$, co ułatwia obserwacje struktury chmur w jej atmosferze. Oczywiście główna „atrakcją” Saturna jest jego system pierścieni, którego główne składowe także są widoczne nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie – do dostrzeżenia „Szczeliny Cassiniego” wystarczy teleskop o średnicy lustra 10 cm przy powiększeniu 100x.

Na początku miesiąca można jeszcze wieczorem próbować odnaleźć **Urana**, świecącego w gwiazdozbiorze Wodnika z jasnością $5,9^m$, jednak wysokość planety nad horyzontem z dnia na dzień szybko maleje i pod koniec stycznia jej obserwacja staje się praktycznie niemożliwa. **Neptun** zachodzi niedługo po zachodzie Słońca i przy jasności jedynie $8,0^m$ jego obserwacja jest także raczej niemożliwa.

Pod koniec miesiąca nad ranem, na początku świtu astronomicznego (dwie godziny przed wschodem Słońca) na wysokości 10° nad południowo-wschodnim horyzontem możemy próbować odnaleźć **Plutona** jako „gwiazdę” $13,9^m$, jednak przy tak niskim położeniu jego obserwacja jest przy tej jasności raczej niemożliwa.

W styczniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(3) **Juno**, (jasność $7,9^m$). 1 I: $4^h57,4^m$, $-0^\circ48'$; 11 I: $4^h54,0^m$, $+0^\circ31'$; 21 I: $4^h53,7^m$, $+2^\circ07'$; 31 I: $4^h56,6^m$, $+3^\circ52'$.

(4) **Vesta**, (jasność $6,4^m$). 1 I: $7^h12,2^m$, $+22^\circ28'$; 11 I: $7^h01,0^m$, $+23^\circ14'$; 21 I: $6^h50,4^m$, $+23^\circ56'$; 31 I: $6^h41,6^m$, $+24^\circ31'$.

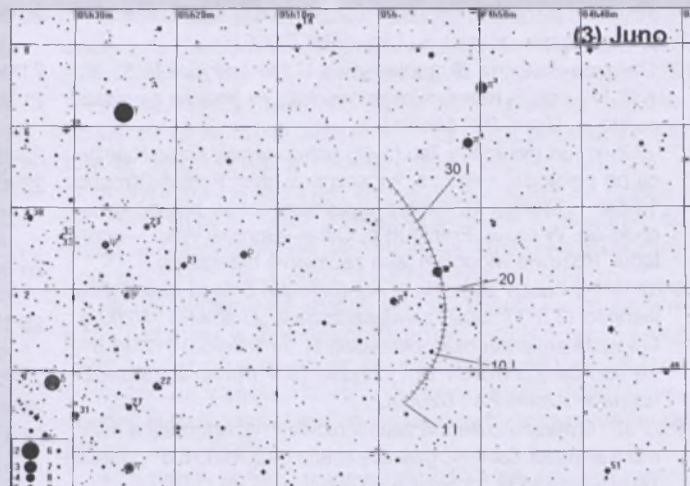
Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promieniują **Kwadrantydy (QUA)**. Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia. Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne rekt. 15^h18^m , dekl. $+49^\circ$. Nazwa roju pochodzi od nieistniejącego już na dzisiejszych mapach gwiazdozbioru *Quadrans Muralis*, umieszczonego w początkach XIX w. na granicy gwiazdozbiorów Smoka, Herkulesa i Wolarza. Obserwacjom w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyc przed pierwszą kwadra.

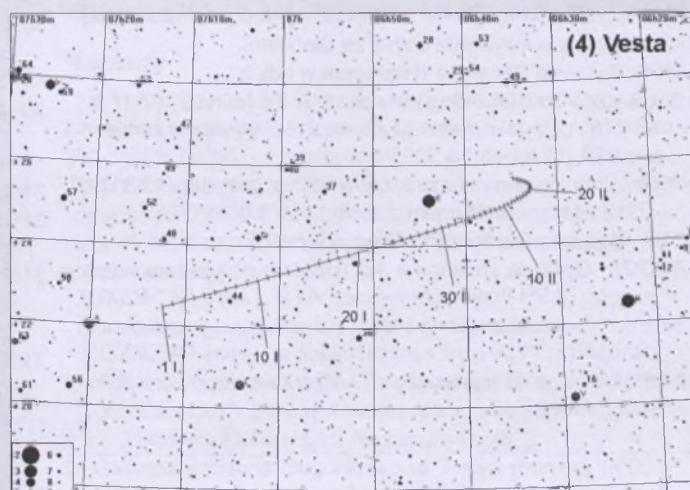
1^d16^h Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 8° .

2^d17^h Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł. 4° .

3^d01^h37^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,7^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].



Rys. 3. Trasa planetoidy (3) Juno na tle gwiazd gwiazdozbioru Oriona w styczniu 2006 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)



Rys. 4. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Bliźniąt w styczniu i w lutym 2006 (zaznaczone gwiazdy do 9^m)

3^d15^h59^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].

4^d Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (miryda) ($23^\circ11,6^m$, $-15^\circ17'$) osiąga maksimum jasności ($7,9^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2004].

4^d02^h Złączenie Urana z Księżycem w odł. 2° .

4^d08^h Minimalna libracja Księżyca ($4,6^\circ$) w kierunku *Mare Humboldtianum* (oświetlone).

4^d10^h Ziemia w peryhelium na swej okołosłonecznej orbicie w odł. 147 mln km od Słońca.

5^d Gwiazda zmienna długookresowa RU Her (miryda) ($16^\circ10,2^m$, $+25^\circ04'$) osiąga maksimum jasności ($8,0^m$).

5^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

5^d21^h25^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

6^d02^h21^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^m$ do $6,6^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

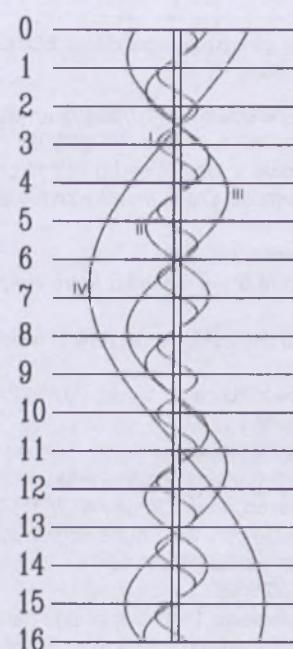
7^d04^h14^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^m$ do $6,4^m$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

7^d23^h28^m Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,6^m$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].

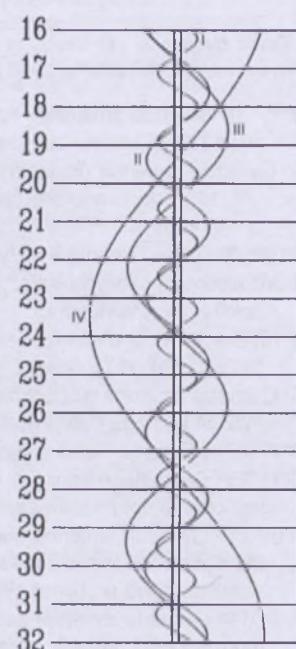
8^d19^h Złączenie Marsa z Księżycem w odł. 1° .

9^d00^h35^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga

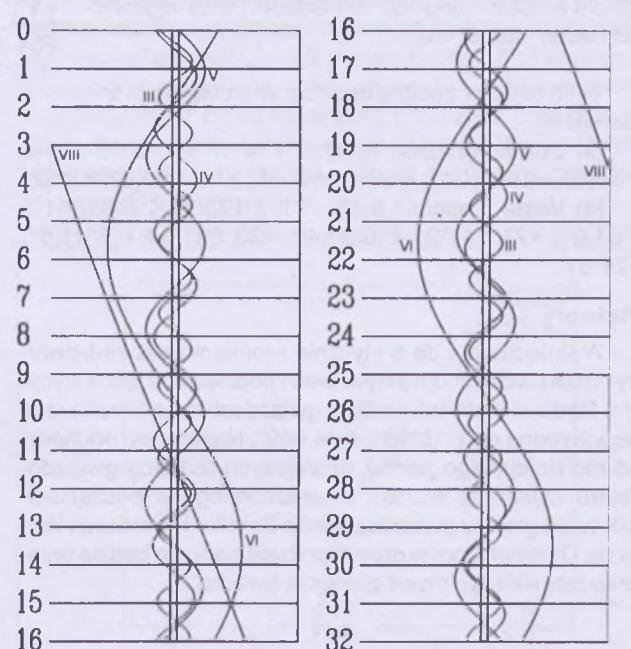
- minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].
- 10^d Gwiazda zmienna długookresowa U Ori (miryda) (5^h55,9^m, +20°11') osiąga maksimum jasności (6,3^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2004].
- 10^d 16^h Zakrycie gwiazdy χ Tau (5,4^m) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Krosno 16^h24^m – Olsztyn 16^h40^m), z wyjątkiem części północno-zachodniej. W pasie: Frankfurt n. Odrą–Gorzów Wlkp.–przyładek Rozewie widoczne jako zaćmienie brzegowe.
- 10^d 20^h13^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 11^e Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) (12^h38,5^m, +6°59') osiąga maksimum jasności (6,9^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
- 11^e 03^h33^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 11^e 14^h Maksymalna libracja Księżyca (8,1°) w kierunku Mare Australie (oświetlone).
- 13^f Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
- 14^g 00^h Wenus w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
- 15^h 14^h Złączenie Saturna z Księżykiem w odl. 3°.
- 16^h Gwiazda zmienna długookresowa R Tri (miryda) (2^h37,0^m, +34°16') osiąga maksimum jasności (6,2^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2003].
- 17^h Gwiazda zmienna długookresowa S Vir (miryda) (13^h33,0^m, -7°12') osiąga maksimum jasności (7,0^m).
- 17^h 07^h Złączenie Merkurego z Wenus w odl. 8°.
- 18^h 00^h27^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 18^h 03^h05^m Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].
- 18^h 15^h Minimalna libracja Księżyca (3,4°) w kierunku krateru Schicard (oświetlony).
- 20^h05^h15^m Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego długość ekipatyczna wynosi wówczas 300°.
- 21^h Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
- 21^h 23^h47^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
- 23^h18^h Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl. 5°.
- 23^h18^h33^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 25^h04^h42^m Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5^m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
- 25^h13^h Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku Sinus Iridium (oświetlona).
- 26^h22^h Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.
- 27^h23^h Saturn w opozycji do Słońca.
- 28^h19^h45^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 29^h Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
- 29^h 19^h Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl. 2°.
- 29^h19^h11^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 30^h02^h22^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].
- 31^h15^h Złączenie Urana z Księżykiem w odl. 2°.
- 31^h15^h Minimalna libracja Księżyca (3,8°) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).
- 31^h20^h32^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9^m do 6,7^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
- 31^h23^h07^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 2006 (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 styczniu 2006 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



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 $6^{\text{h}}17^{\text{m}}$, zachodzi o $15^{\text{h}}23^{\text{m}}$, a 28 lutego wschodzi o $5^{\text{h}}25^{\text{m}}$, zachodzi o $16^{\text{h}}13^{\text{m}}$. W lutym Słońce wstępuje w znak Ryb.

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

Data 2005	P [$^{\circ}$]	B_0 [$^{\circ}$]	L_0 [$^{\circ}$]
II 1	-12,12	-6,01	188,11
3	-12,93	-6,15	161,78
5	-13,71	-6,29	135,44
7	-14,48	-6,41	109,11
9	-15,23	-6,53	82,78
11	-15,96	-6,63	56,44
13	-16,67	-6,73	30,11
15	-17,35	-6,82	3,77
17	-18,01	-6,91	337,43
19	-18,65	-6,98	311,10
21	-19,27	-7,04	284,76
23	-19,86	-7,10	258,42
25	-20,43	-7,15	232,08
27	-20,97	-7,19	205,73
III 1	-21,49	-7,22	179,39

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

B_0 , L_0 — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$15^{\text{d}}06^{\text{h}}52^{\text{m}}$ — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0° .

Książyc

Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku i pod koniec lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: pierwsza kwadra $5^{\text{d}}06^{\text{h}}29^{\text{m}}$, pełnia $13^{\text{d}}04^{\text{h}}44^{\text{m}}$, ostatnia kwadra $21^{\text{d}}07^{\text{h}}17^{\text{m}}$ i nów $28^{\text{d}}00^{\text{h}}31^{\text{m}}$. W apogeum Księżyca znajdzie się $14^{\text{d}}00^{\text{h}}46^{\text{m}}$, a w perigeum $27^{\text{d}}20^{\text{h}}24^{\text{m}}$.

Planety i planetoidy

W drugiej połowie miesiąca, wieczorem, nisko nad zachodnim horyzontem można próbować zaobserwować Merkurego. W dniu 25 lutego, pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca), znajdziemy go na wysokości ponad 10° nad horyzontem świecącego z jasnością -1^{m} . Przez teleskop zobaczyć będzie można tarczę planety o średnicy $7''$ w fazie zbliżającej się do kwadry.

Nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, można obserwować Wenus świeczącą z maksymalną w 2006 r. jasnością $-4,6^{\text{m}}$. Maksymalną wysokość nad horyzontem, równą prawie 12° (ok. godzinę przed wschodem Słońca) planeta osiągnie w połowie miesiąca. Przez teleskop można będzie zobaczyć tarczę planety o średnicy mającej od $54''$ do $34''$ przy fazie zbliżającej się do kwadry.

Mars widoczny jest w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Barana. W związku z oddaleniem się planety od Ziemi maleje zarówno jej jasność (od $0,2^{\text{m}}$ do $0,8^{\text{m}}$), jak i średnica tarczy (od $9''$ do $7''$). Dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych na tak małej tarczy przez teleskopy amatorskie będzie bardzo trudne, jednak pozwolą one zobaczyć wyraźną fazę Marsa, wynoszącą w lutym aż $0,89$.

Warunki obserwacji Jowisza i Saturna w stosunku do stycznia praktycznie się nie zmieniają. Uran i Neptun znajdują się na niebie w pobliżu Słońca i są niewidoczne.

W porównaniu ze styczniem poprawiają się nieco warunki porannej widzialności Plutona, którego pod koniec lutego, na dwie godziny przed wschodem Słońca, można odnaleźć na wysokości 16° nad horyzontem, jednak niezbędny jest do tego teleskop o średnicy lustra przynajmniej 25 cm.

W lutym w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida:

(4) Vesta, (jasność $7,0^{\text{m}}$). 10 II: $6^{\text{h}}35,6^{\text{m}}$, $+24^{\circ}58'$; 20 II: $6^{\text{h}}32,8^{\text{m}}$, $+25^{\circ}19'$; 2 III: $6^{\text{h}}33,3^{\text{m}}$, $+25^{\circ}35'$.

Meteory

W dniach od 15 lutego do 10 marca promieniują, należące do kompleksu Virginid, δ Leonidy (DLE). Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 25 lutego. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne rekt. $7^{\text{h}}00^{\text{m}}$, dekl. $+16^{\circ}$. Warunki obserwacji w tym roku są bardzo dobre w związku z Księżykiem zbliżającym się do nowiu.

1^d17^h22^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

1^d21^h Złączenie Merkurego z Neptunem w odległości 2° .

2^d Gwiazda zmienna długookresowa T Hya (miryda) ($8^{\text{h}}55,6^{\text{m}}$, $-9^{\circ}08'$) osiąga maksimum jasności ($7,8^{\text{m}}$).

2^d20^h57^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

2^d21^h53^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,7^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

3^d07^h Wenus nieruchoma w rektascensji.

3^d19^h56^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $2,1^{\text{m}}$ do $3,4^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].

4^d23^h14^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,7^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

5^d22^h Złączenie Marsa z Księżycem w odległości 2° .

5^d23^h Neptun w koniunkcji ze Słońcem.

6^d Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

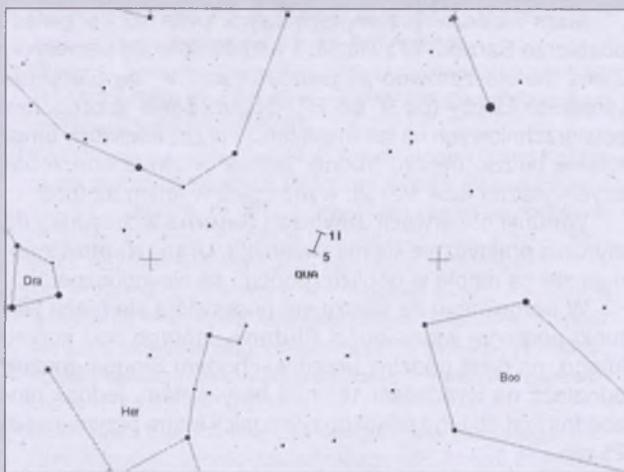
6^d03^h04^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,9^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2002].

7^d02^h10^m Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ($3,5^{\text{m}}$) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].

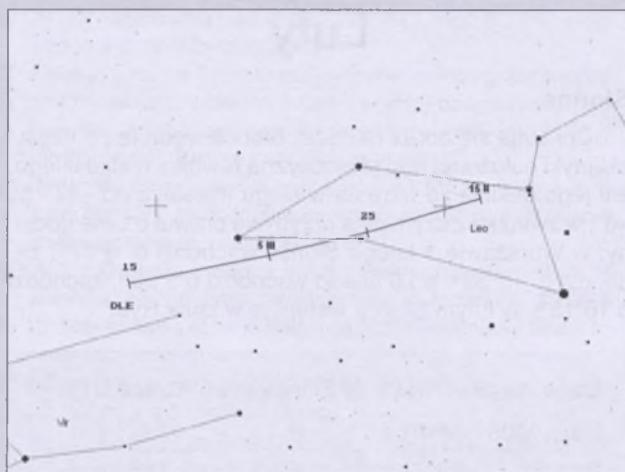
7^d10^h Maksymalna libracja Księżyca ($9,1^{\circ}$) w kierunku Mare Australis (oświetlone).

7^d22^h09^m Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od $5,8^{\text{m}}$ do $6,6^{\text{m}}$ [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].

11^d15^h Złączenie Saturna z Księżycem w odległości 3° .



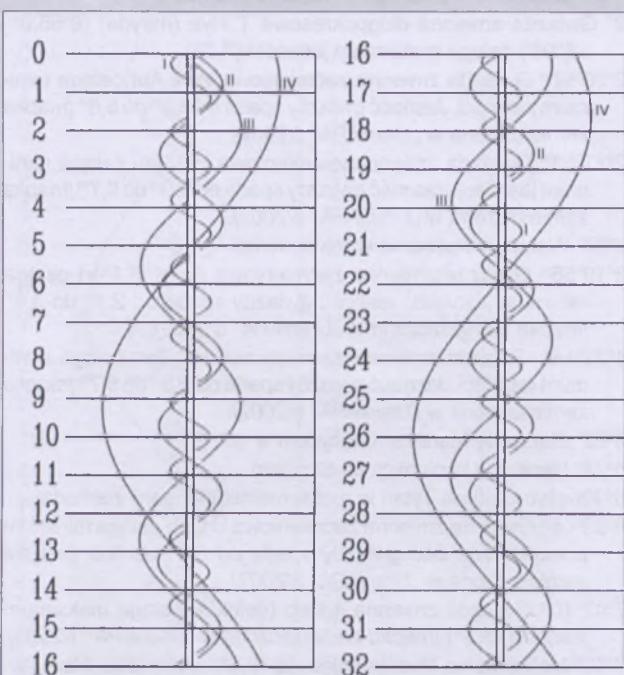
Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Kwadrantów (QUA) w okresie od 1 do 5 stycznia



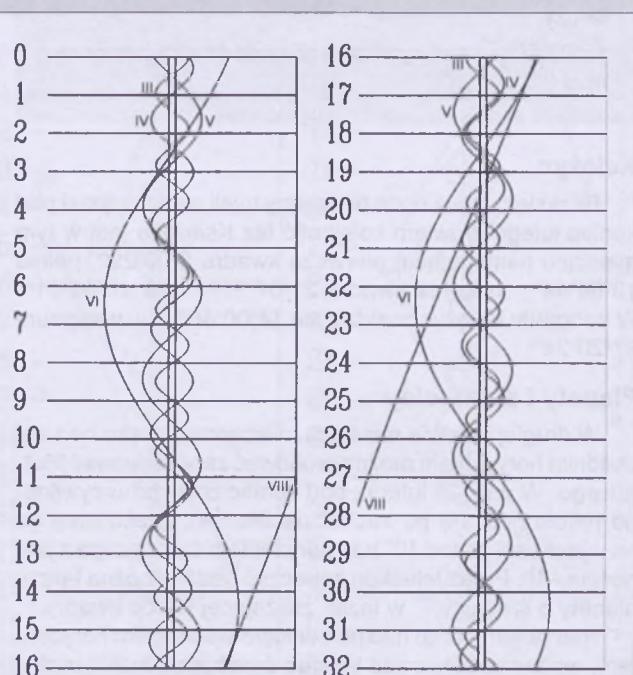
Rys. 8. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego delta-Leonidów (DLE) w okresie od 15 lutego do 15 marca

- 14^d Księżyca Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
 14^d16^m Złączenie Merkurego z Uranem w odł. 0,02°.
 15^d04^m Minimalna libracja Księżyca (2,8°) w kierunku krateru Schicard (oświetlony).
 15^d17^m25^s Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
 17^d19^m45^s Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
 18^d00^m33^s Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8^m do 6,6^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2002].
 20^d02^m Złączenie Jowisza z Księżycem w odł. 5°.
 20^d18^m24^s Słońce wstępnie w znaku Ryb, jego długość ekiptyczna wynosi wówczas 330°.
 21^d04^m Odkrycie gwiazdy 1 Sco (4,6m) przy ciemnym brzegu Księżyca w ostatniej kwadrze, widoczne w całej Polsce (Szczecin

- 4^b38^m – Krosno 4^b56^m).
 22^d Księżyca Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
 22^d11^m Maksymalna libracja Księżyca (10,2°) w kierunku Sinus Iridium (oświetlona).
 22^d21^m39^s Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2003].
 23^d04^m32^s Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2003].
 23^d21^m38^s Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1^m do 3,4^m [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2001].
 24^d05^m Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 18°.
 26^d17^m Złączenie Neptuna z Księżycem w odł. 4°.
 27^d17^m33^s Gwiazda zmienna ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2003].



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lutym 2006 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 10. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lutym 2006 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

28^d15^h Minimalna libracja Księżyca ($2,5^{\circ}$) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

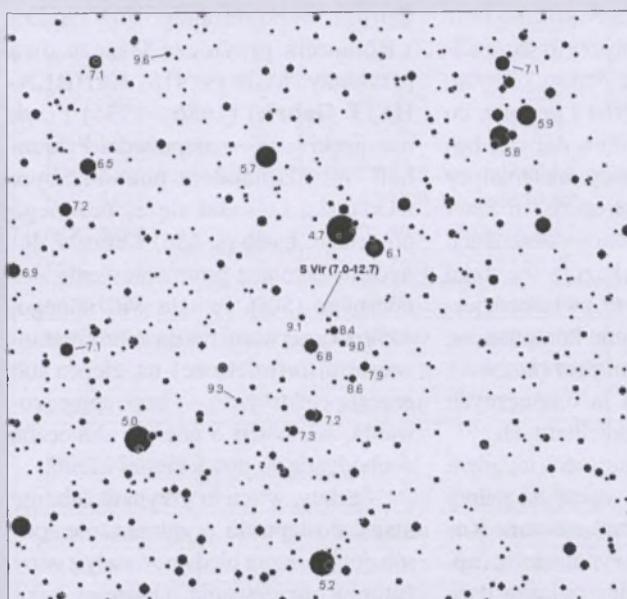
UWAGA: Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w styczniu i w lutym w Polsce „czasie zimowym”, należy dodać 1 godzinę.

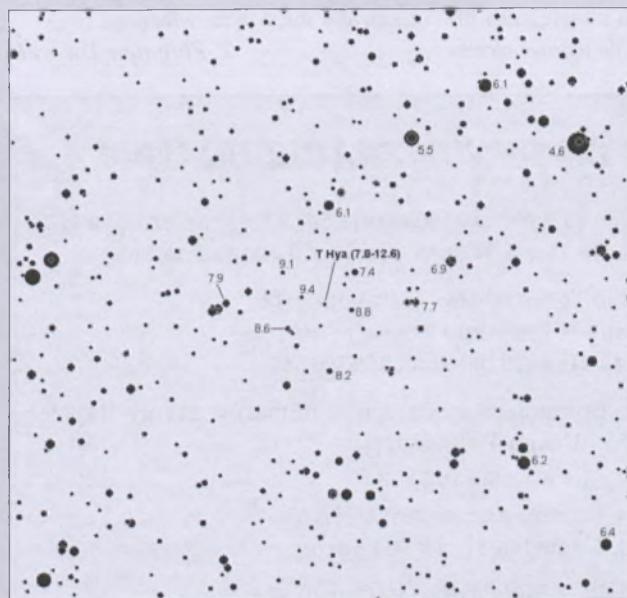
Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opr. T. Ścieżor



Rys. 11. Mapa gwiazdozbioru Panny do obserwacji gwiazdy zmiennej S Vir ($13^{\text{h}}33^{\text{m}}00,4^{\text{s}}$, $-7^{\circ}11'42''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)



Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Hydry do obserwacji gwiazdy zmiennej T Hya ($8^{\text{h}}55^{\text{m}}39,9^{\text{s}}$, $-9^{\circ}08'29''$). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7° , północ u góry)

„Do nieba i między gwiazdy”

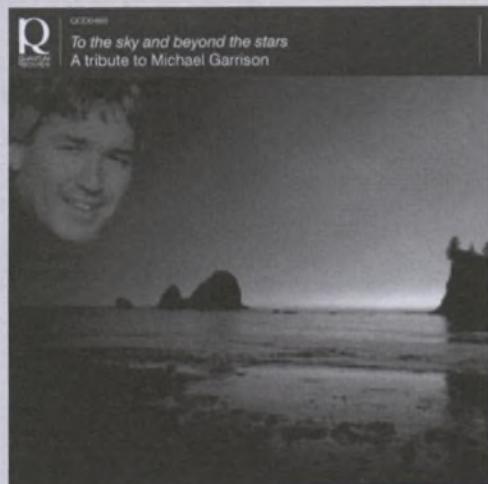
Powyższy tytuł to zarazem polskie tłumaczenie tytułu składankowego albumu, który okazjonalnie nabyłem pod koniec wakacji na internetowej giełdzie Allegro. Album jest poświęcony pamięci amerykańskiego muzyka Michaela Garrisona, który zmarł 24 marca 2004 r., mając 47 lat. Imponująca lista wykonawców uświadomiła mi, jak popularna w środowisku była to postać...

To właśnie jego pierwszy album, zatytuowany *In the Regions of Sunreturn* (1979 r.) spopularyzował na amerykańskim gruncie modę na syntezatorowo-kosmiczne brzmienia, a równocześnie przysporzył fanów na rynku europejskim, gdzie taka muzyka miała już kilkuletnie tradycje oraz dość liczne grono wykonawców i wielbicieli. Początek jednak nie był łatwy. Nie mając dystrybutora swojej płyty (nagranej w domowej sypialni), przez pół roku Michael osobiście zajmował się sprzedażą albumu, jeżdżąc samochodem wzduż Zachodniego Wybrzeża. Melodyjne, ciekawie brzmiące kompozycje zawarte w albumie szybko zostały dostrzeżone przez rozgłośnię i rok później jego dystrybucją zajęło się potężne przedsiębiorstwo Ariola-BMG. Wspaniale sprzedawały się kolejne dzieła Garrisona: *Prisms*, *Eclipse*, *Point of Impact*, *Aurora Dawn*...

Wykonawcy kompozycji zawartych w składankowym albumie mieli okazję znać Michaela osobiście. W książeczkę dołączoną do płyty wspominają Go jako wspaniałego, życzliwego człowieka, o wielkim uroku osobistym. Dwupłytowy album wypełniają kompozycje 26 wykonawców. Na szczególną uwagę zasługują m.in. nietuzinkowe utwory Redshift, Craig Padilla, Rein van der Oever, Erik Wollo, Jonn Serrie, Cosmic Hoffman.

Co ważniejsze, nie znajdziemy ich gdzie indziej...

J. Drążkowski



**ENCYKLOPEDIA
UNIWERSALNA Larousse'a**
pod red. Jamesa Hughesa
Wyd. Muza SA, red. prowadzący: Bożena Zasieczna; 792 s., Warszawa 2004.

Ukazał się nowy i uaktualniony przekład wydania tematycznej *Encyklopedii uniwersalnej*. Niektóre z jej rozdziałów będą bez wątpienia użyteczne i pożyteczne dla miłośników astronomii, zwłaszcza początkujących. Dotyczy to w szczególności Rozdziału 1. Ziemia i Wszechświat (s. 10–86), przełumaczonego przez Jerzego Madeja. Zawiera on przede wszystkim opis nieba widzianego z powierzchni Ziemi oraz różnorodnych instrumentów astronomicznych, a następnie przedstawia Wszechświat w klasycznym ujęciu: Słońce, nasz układ planetarny, gwiazdy, mgławice i gromady gwiazd, galaktyki i ich gromady, wreszcie ewolucję Wszechświata. Nie zabrakło w nim również informacji o poznawaniu Układu Słonecznego i Kosmosu dzięki astronomicznym misjom astronautyczny. Rozdział ten jest bogato zilustrowany barwnymi fotografiami. Ponadto po zasadniczym tekście został zamieszczony atlas gwiazd, uzupełniające (do wcześniej zestawionych) tablice astronomiczne, biogramy wybitnych astronomów i słownik terminów. Niestety, aktualizacja nie objęła (być może z przyczyn organizacyjnych) ostatnio odkrytych minisatelitów układu Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna.

W dalszym ciągu tego rozdziału zostały przedstawione *Nauki o Ziemi*, które zapewne również zainteresują miłośników astronomii, ponieważ część ewolucyjnych zmian naszej planety ma wymiar kosmiczny, a ponadto obserwacje, zwłaszcza miłośnicze, prowadzimy z powierzchni Ziemi i poprzez jej atmosferę.

Odniesienia do treści astronomicznych i kosmicznych czy nawet kosmologicznych można też znaleźć w Rozdziale 5. *Nauka i technologia* (s. 394–488), przetłumaczonym przez Joannę Szwedkowską-Kotlińską oraz Małgorzatę Wolną. Dotyczy to szczególnie takich działów, jak: *Fizyka, Chemia*, jak również *Matematyka i liczenie*, co bynajmniej nie powinno dziwić, bo wiem dość często fizycy, matematycy czy chemicy byli też astronomami. Pewne związki z prowadzeniem obserwacji astronomicznych wykazuje też dział *Technologia i inżynieria*, zwłaszcza jeśli chodzi o zastosowanie komputerów, a po części — dział *Transport i łączność*, gdzie wspomina się m. in. o sztucznych satelitach i zdjęciach satelitarnych.

Rozdział ten różni się nieco układem treści: na większości stron, na jednej z trzech kolumn, jest zamieszczane **Kalendarium** odkryć i wynalazków (np. 1610 Johannes Kepler ogłasza dwa pierwsze prawa dotyczące ruchu planet...; 1672 Guillaume Cassegrain projektuje teleskop zwierciadlany — tak naprawdę chodzi tu o zwierciadło hiperboloidalne; 1676 Ole Römer okreś-

la prędkość światła. [...] — to ostatnie jest, niestety, uporczywie powtarzanym błędem: Römer podał tylko astronomiczną metodę możliwości określenia prędkości światła).

Każdy z tych działów kończą biogramy wybitnych uczonych oraz słowniki terminów naukowych.

Pozostałe pięć rozdziałów nie zawierają treści astronomicznych, co wcale nie oznacza, że nie są one ciekawe.

Jednak jak na taką poważną *Encyklopédie* uchybień jest, według mnie, zbyt dużo — i to w każdym rozdziale! Oprócz wspomnianego już *casusu* z Römerem przytoczę jeszcze dwa przykłady: hasło (s. 418) **FAHRENHEIT Gabriel** (1686–1736) Fizyk niemiecki [...] — nieprawda! Fahrenheit był Flamandem pochodzący z Gdańska i uważa się za uczonego polskiego; hasło (s. 486) **Energia słoneczna** Zamiana promieniowania słonecznego (50% światła widzialnego, 45% podczerwieni reszta to promieniowanie ultrafioletowe) na ciepło lub energię elektryczną — brak sprecyzowania, że chodzi o energię słoneczną dochodzącą do powierzchni Ziemi.

Niestety, w wielu przypadkach, nie mając dostępu do oryginału, nie sposób dociec, które błędy powstały z winy autorów opracowania, a które są „towrem” tłumaczy.

Pomimo powyższych zastrzeżeń *Encyklopedia uniwersalna* jest warta tego, aby mieć ją na własność.

T. Zbigniew Dworak

INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2006 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł (zagraniczna 70 zł). Cena pojedynczego zeszytu 10 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

Bank Millennium S.A. o/Toruń

Nr 44 11602202000000055305241

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

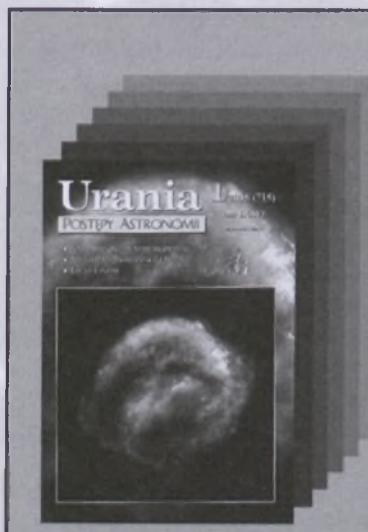
Piotr Wąż

Centrum Astronomii UMK

ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

tel/fax (0-56) 611 30 56 / 611 30 08



Interesujące obiekty: MAŁA NIEDŹWIEDZICA, MAŁY LEW, MIKROSKOP, ORION

Obiekt	Rodzaj obiektu	α [h : m : s]	δ [° : ' : "]	V [mag.]	Rozmiary kątowe	Obserw. wizualne D[mm] / pow.	Obserw. fotograficzne D[mm] / F[mm]
MAŁA NIEDŹWIEDZICA							
UGC 9749	G	15:08:48,8	+67:11:38	10,9	27,3'×16'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 6217	G	16:32:40,2	+78:11:57	11,2	3,1'×2,7'		
MAŁY LEW							
NGC 3344	G	10:43:30,8	+24:55:25	9,9	6,9'×6,5'	100–150/100×	100–150/1500
NGC 3486	G	11:00:23,5	+28:58:33	10,5	6,9'×5,4'		
NGC 3245	G	10:27:18,2	+28:30:29	10,8	3,2'×1,9'		
NGC 2859	G	09:24:18,9	+34:30:45	10,9	4,8'×4,2'		
NGC 3504	G	11:03:10,8	+27:58:25	11,0	2,7'×2,2'		
NGC 3414	G	10:51:16,3	+27:58:32	11,0	3,6'×2,7'		
NGC 3432	G	10:52:31,2	+36:37:08	11,3	6,2'×1,5'		
NGC 3430	G	10:52:10,9	+32:57:09	11,6	3,9'×2,3'		
NGC 3277	G	10:32:55,4	+28:30:42	11,7	2,0'×1,9'		
NGC 3254	G	10:29:19,9	+29:29:27	11,7	5,1'×1,9'		
NGC 3381	G	10:48:25,0	+34:42:43	11,7	2,3'×2,1'	200–250/120×	200–250/2000
NGC 3294	G	10:36:16,0	+37:19:27	11,8	3,3'×1,8'		
NGC 3158	G	10:13:50,7	+38:45:54	11,9	2,3'×2,1'		
NGC 3003	G	09:48:31,8	+33:25:07	11,9	5,9'×1,7'		
MIKROSKOP							
NGC 6925	G	20:34:20,9	-31:58:50	11,3	4,1'×1,6'	170–200/100×	150–200/2000
NGC 6958	G	20:48:42,8	-37:59:46	11,4	2,4'×2,2'	200–250/120×	200–250/2000
IC 5105	G	21:24:22,1	-40:32:10	11,6	2,5'×1,5'		
NGC 6923	G	20:31:38,5	-30:50:01	11,9	2,5'×1,4'		
ORION							
Collinder 70	GO	05:36:00,0	-1:00:00	0,4	150'	30–50/8–15×	30–60/50–200
NGC 1980	M+GO	05:35:12,0	-5:55:00	2,5	14'×14'		40–70/200–500
Collinder 69	GO	05:35:06,0	+9:56:00	2,8	65'		30–60/80–300
Collinder 65	GO	05:26:00,0	+16:00:00	3,0	220'		30–60/50–200
M 42	M+GO	05:34:54,0	-5:32:00	4,0	45'×45'		30–60/80–300
NGC 1981	GO	05:35:12,0	-4:26:00	4,2	25'		40–70/200–500
NGC 2169	GO	06:08:24,0	+13:57:00	5,9	7'	40–60/30–60×	50–80/1500
NGC 1662	GO	04:48:30,0	+10:56:00	6,4	20'	40–60/10–30×	40–70/200–500
NGC 2175	M+GO	06:09:48,0	+20:19:00	6,8	40'×30'		
M 78	M	05:46:48,0	+0:04:00	8,0	8'×6'	60–90/40–80×	60–80/300–1000
NGC 2194	GO	06:13:48,0	+12:48:00	8,5	10'		
NGC 2186	GO	06:12:12,0	+5:27:00	8,7	4'		
Basel 11B	GO	05:58:12,0	+21:58:00	8,9	10'		
M 43	M	05:35:30,0	-5:16:00	9,0	20'×15'		
NGC 2112	GO	05:53:54,0	+0:24:00	9,1	11'	80–120/60–90×	80–100/1000
NGC 2141	GO	06:03:06,0	+10:26:00	9,4	10'		
Berkeley 21	GO	05:51:42,0	+21:47:00	11,1	7'	150–200/80×	120–170/1500
NGC 2024	M	05:42:00,0	-1:50:00		30'×30'	40–70/200–500	40–70/200–500
IC 434	M	05:41:00,0	-2:24:00		90'×30'		

G – galaktyka, GO – gromada otwarta, M – mgławica

Wiesław Skórzyński

Rozwiązaaniem krzyżówki z „Uranii-PA” nr 4/2005 jest hasło: „PODWÓJNY PULSAR”.

Nagrody w postaci płyt DVD wylosowali:

Marcin Filipek z Jerzmanowic,

Marek Indyk z Sanoka,

Krystyna Jaskulska z Gdyni,

Rafał Pliszka z Łabiszyna

i **Wojciech Skaluba** z Niemodlinia.

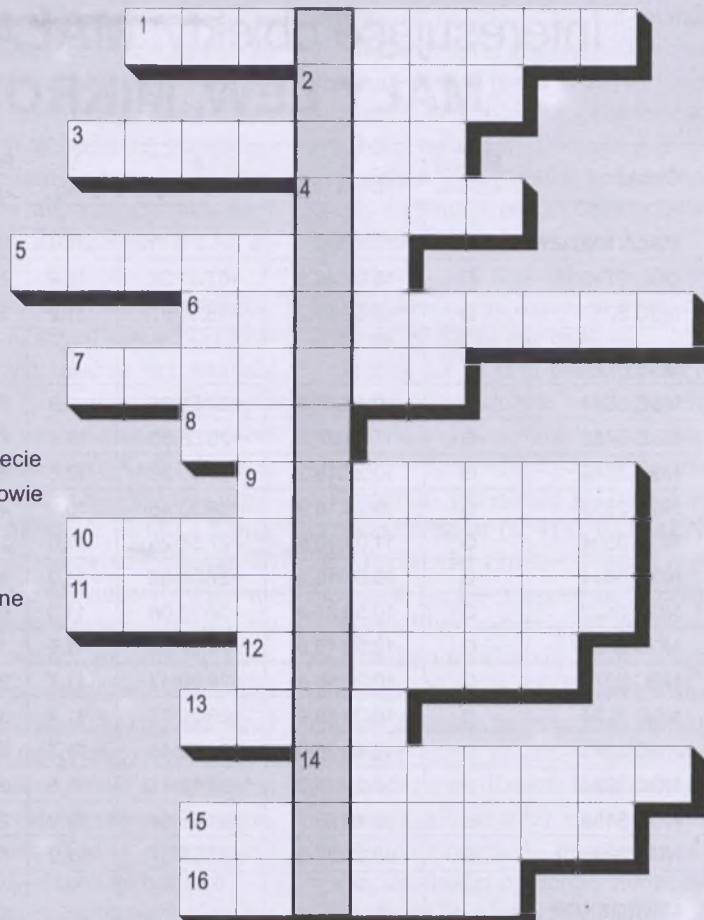
Gratulujemy. Nagrody wyślemy pocztą.

1. Doktor honoris causa Uniwersytetu Wrocławskiego
2. W styczniu 2006 r. w pobliżu opozycji
3. Obecnie Białków
4. Zajmował się nie tylko popularyzacją astronomii
5. Umożliwiają wyznaczanie odległości we Wszechświecie
6. Jego imię nosi Koło Miłośników Astronomii w Urzędowie
7. Kosmiczne rany Ziemi
8. Gwiazdozbiór niebieskiego zwierzyńca
9. W tym mieście otwarto Obserwatorium Astronomiczne
10. Nauka o Wszechświecie
11. Takie było październikowe zaćmienie Słońca
12. Ma swoje towarzystwo obserwatorów
13. All-Sky Automated Survey
14. Imię odkrywcy wielu galaktyk z katalogu NGC
15. Jeden z wiodących teleskopów NASA
16. Byk na niebie

Hasło będące rozwiązaniem obecnej krzyżówki utworzą litery z zaznaczonych kratek. Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosujemy dwie nagrody książkowe. Na rozwiązania czekamy do końca grudnia br. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA”

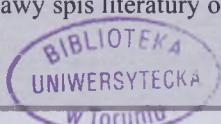
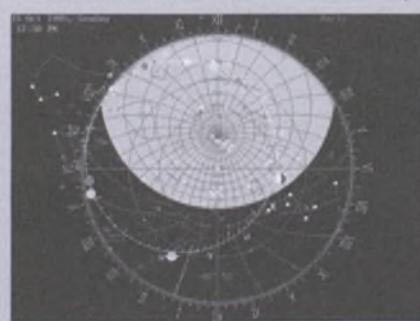
muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.

Słowa kluczowe w krzyżówce z „Uranii-PA” 4/05:
1. Impact, 2. Drakonidy, 3. Sedna, 4. grawitacyjne, 5. Śróbkę, 6. Juno, 7. Carinae, 8. Seyferta, 9. Shapiro, 10. Klaun, 11. Ptolemeusz, 12. redshift, 13. Lalande, 14. Parkes.



Ciekawe strony internetowe...

Współczesna astronomia kojarzy się często z wyrafinowanymi urządzeniami obserwacyjnymi, których użycie tak wiele zmieniło w naszym obrazie świata. Ale przecież astronomia jest jedną z najstarszych nauk. Dziś proponuję przyjrzeć się astrolabium — narzędziu, które przez wiele wieków służyło do orientacji na niebie, jak i do rozwiązywania szeregu zadań astronomicznych. Pomoże nam w tym prowadzona przez Jamesa E. Morrisona strona www.astrolabes.org. Znaleźć można tutaj obszerne materiały dotyczące zarówno konstrukcji i zasad działania, jak i sposobów użycia astrolabium. Autor oferuje również darmowy program „The Electric Astrolabe” symulujący zachowanie astrolabium, ale i oferujący znacznie więcej możliwości (m.in. liczenie położen planet). Program niestety pracuje jedynie pod DOSem i używa trybów graficznych o małej rozdzielcości. Rozczarowanych tym Czytelników zachęcam jednak do zapoznania się z załączoną instrukcją dla użytkownika programu, zawierającą na kilkunastu pierwszych stronach opis astrolabium. Jeśli opuścimy instrukcję obsługi i część opisu działania programu (niektóre fragmenty naprawdę warto przeczytać — autor jest pasjonatem), to jeszcze zostanie bardzo ciekawy spis literatury oraz słownik pojęć — niektóre z nich nie są zbyt często używane... (rs)



Biblioteka Główna UMK

300043159114

Galeria Uranii

3 października br. miało miejsce obrączkowe zaćmienie Słońca, widoczne w naszym kraju jako częściowe.

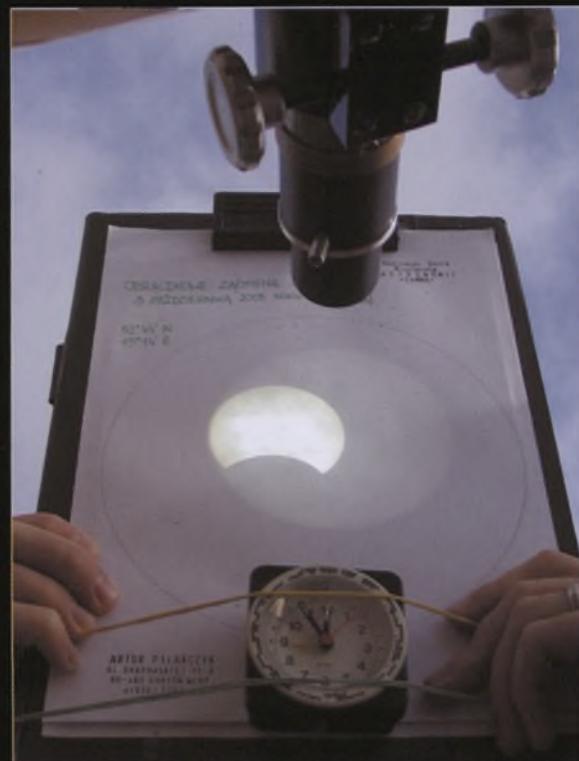
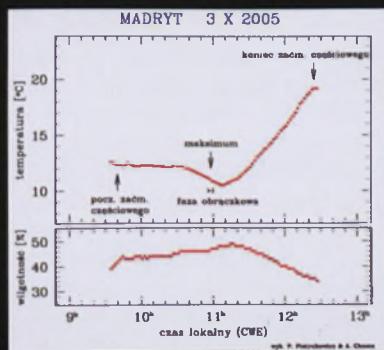
Artur i Marek Pilarczyk z Gorzowa wraz ze znajomymi z niepokojem oczekiwali tej daty, by zobaczyć kolejne zaćmienie Słońca. Pogoda, niestety, nie dopisała, tak jakby sobie tego życzyli. Przez prześwitły w chmurach udało im się jednak zarejestrować część zjawiska. Prezentowane tu trzy (spośród kilku przesyłanych) zdjęcia zostały wykonane aparatem cyfrowym Canon S1 (po lewej: godz. 11:46, 1/1000, F 6,3, niżej: godz. 11:39, 1/250, F 4,5, u dołu: godz. 11:55, 1/650, F 4,5)



Na obrączkowe zaćmienie Słońca Paweł Pietrukowicz z Warszawy wybrał się specjalnie do Madrytu. Jak pisze, pogoda w Hiszpanii nie zawiodła: *W dniu zaćmienia było bardzo klarowne powietrze i ani jednej chmurki na niebie. Zjawisko obserwowałem spokojnie ze wzgórza przy jednym z osiedli. Podczas zaćmienia było bardzo wietrzne. Ciekawie zachowywały się zwierzęta: psy przyglądały się przyłumionemu Słońcu, zaś mrówki tego dnia wylegały na powierzchnię dopiero po zaćmieniu, tj. około 12:30.*

Aparatem Canon EOS 3000 zaopatrzonym w obiektyw MTO-500 z dwukrotnym konwerterem wykonałem zdjęcie zjawiska. Zastosowałem mylarowy filtr słoneczny oraz klapkę Kodak GOLD 100. Z pięciu najlepszych zdjęć utworzyłem mozaikę, którą dołączam. Momenty ekspozycji (czasu lokalnego — tego samego co w Polsce) i czasy naświetlania wyniosły kolejno: 10:23, 1/30 s.; 10:55, 1/10 s.; 10:57, 1/8 s.; 11:00, 1/10; 11:29, 1/60 s.

Podczas gdy ja fotografowałem, kuzynka spisywała wartości temperatury i wilgotności powietrza mierzone przez biurkową stację pogodową, którą ustawiliśmy w cieniu. Niepewność tych pomiarów to 0.1°C i 1% w wilgotności. Również dołączam wykresy. Ponieważ zaćmienie zaczęło się półtorej godziny po wschodzie Słońca, widać wyraźnie tendencję zatrzymania porannego wzrostu temperatury, a następnie spadku o 2° do poziomu 10.5°C . Po maksimum zaćmienia nastąpił wzrost o około 9° , opóźniony o około 10 min, co jest związane z pojednością cieplną powietrza. Wykres wilgotności jest w zasadzie odbiciem wykresu temperatury.





300043159114

Hyperion



Hyperion to bardzo dziwny księżyc Saturna. Od pewnego czasu znany głównie z tego, że nie można było określić okresu jego obrotu i wyznaczyć trwania na nim dnia. Księżyc ten ma bardzo wydłużoną, eliptyczną orbitę wokół Saturna, kształt bardzo odbiegający od sferycznego i znajduje się w rezonansie orbitalnym 4:3 z Tytanem. Siły wynikające z tych faktów „miotają” Hyperionem, zmieniając oś i okres jego obrotu. Stacja Cassini najpierw ukazała wielką „szorstkość” jego powierzchni, a ostatnio, w końcu września 2005 r., jej gąbczastą naturę. Różnice barwy poszczególnych obszarów wskazują na różnorodność materiału, z jakiego są zbudowane.

Hyperion mierzy ok. 260 km, rotuje w sposób chaotyczny. Jego gęstość jest tak mała, iż badacze sądzą, że pod powierzchnią mogą znajdować się systemy ogromnych jaskiń — prawdziwy raj dla speleologów.

Fot: Cassini, SSI, JPL, ESA, NASA