

X 1 W 1  
Biblioteka  
Główna  
UMK Toruń  
+ CD

08483/2010

Astronomiczny na rok 2010 z pięknymi astrofotografiami!

# Urania

1/2010 (745)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXXI

styczeń—luty

- Niektóre fundamentalne problemy kwantowej grawitacji *Michał Heller*
- Jasne obwódki protuberancji słonecznych *Janusz Osarczuk*
- Polski 90-m radioteleskop *Andrzej Kus*



ISSN 1689-6009



9 771689 600003

Cena 10,90 zł (0% VAT)

# Najstarsze galaktyki okiem Hubble'a



W maju ubiegłego roku załoga promu Atlantis STS-125 zainstalowała na kosmicznym teleskopie Hubble'a tzw. szerokokątną Kamerę 3 — WFC 3 (Wide Field Camera 3). WFC3 jest pierwszym instrumentem, który obserwuje jednocześnie w podczerwieni, zakresie widzialnym i ultrafiolecie. Dzięki niej teleskop Hubble'a przesłał na Ziemię zdjęcia tysięcy najstarszych galaktyk, jakie kiedykolwiek zaobserwowano.

Wszystkie obiekty na tych fotografiach istniały już miliardy lat przed powstaniem naszego Układu Słonecznego. Większość z nich zapewne już dziś nie ma. Zdjęcia ukazują naszym oczom ciała niebieskie bardziej oddalone od nas w czasie niż cokolwiek, co widzieliśmy dotychczas — powstałe „zaledwie” kilkaset milionów lat po oddzieleniu się materii od promieniowania (tzw. powierzchnia ostatniego rozpraszania). Zdjęcia typu Ultra Deep Field zostały wykonane w podczerwieni w sierpniu ub.r., podczas czterodniowej ekspozycji, trwającej w sumie 173 tys. sekund!

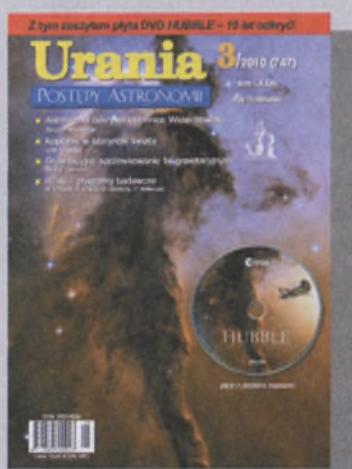
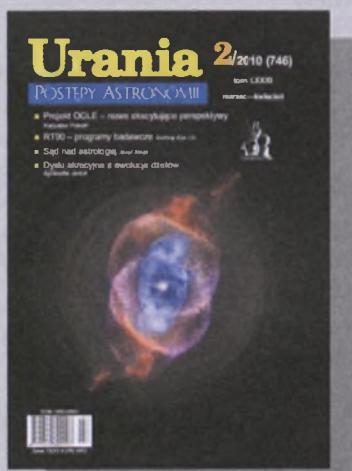
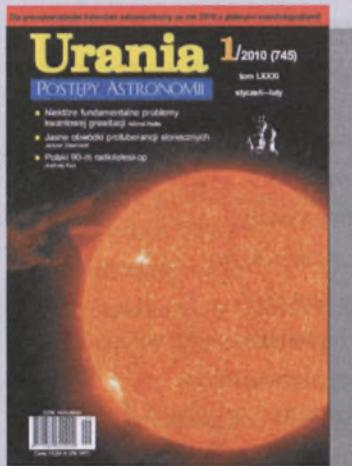
Pięć lat wcześniej kosmiczny teleskop Hubble'a został w tym samym celu skierowany w dokładnie ten sam rejon nieba, jednak obecne efekty pracy HST są według uczonych bez porównania bardziej owocone.

Fot. NASA/ESA/Space Telescope Science Institute

HUDF Infrared

Szerokątne pole ( $1,94^\circ \times 1,65^\circ$ ) w gwiazdozbiorze Pieca (Formax) zrekonstruowane z danych DSS2 (Głębokiego Przeglądu Nieba 2), w którego środku znajduje się obszar HUDF przedstawiony powyżej. Źródło: Digitized Sky Survey (DSS), STScI/AURA, Palomar/Caltech and UKSTU/AAO

# Rocznik 2010 tom LXXXI



# Urania

POSTĘPY ASTRONOMII

## INDEKS AUTORÓW

Adamczyk Piotr	146	Kus Andrzej	20, 56
Andrzejewska Alicja	50	Kuźmicz Agnieszka	50
Chojnicki Krzysztof	98	Lew Bartosz	158
Chrupała Henryk	177	Lewandowski Wojciech	56
Chyży Krzysztof	122	Maszkowski Jan Zyndram	242
Czerny Bożena	70, 87	Michalec Adam	36
Dominik Michał	155	Nelle Dariusz W.	27
Drążkowska Joanna	48, 96, 144, 192, 240, 288	Nikolajuk Marek	208
Drążkowski Jacek	47, 95, 143, 169, 191, 239, 266, 272, 286, 287	Ogłoza Wioletta	28
Drożdżał Paweł	242	Osarczuk Janusz	7, 112, 250
Dworak T. Zbigniew	46, 238	Palka Maciej	194
Dziembowski Wojciech	148	Pilski Andrzej S.	172
Filipek Marcin	26	Poleski Radosław	52
Flin Piotr	72	Radziszewski Krzysztof	250
Gawroński Marcin	56	Rochowicz Krzysztof	132
Gibiec Andrzej	119, 121, 131, 182, 201, 213, 214, 215, 217, 230	Rudź Przemysław	278
Gil Janusz	56	Schreiber Roman	48, 96, 144, 192, 240, 288
Gingerich Owen	171	Sęk Grzegorz	224
Gladyszewski Longin	242	Siejkowski Hubert	84, 85, 163, 182
Godłowski Włodzimierz	39	Siuda Magda	87, 118, 119, 120, 130
Gołębińska Justyna	35	Smak Józef	62
Gödel-Lannoy Aleksandra	263	Smentek Lidia	107
Granat Marcin	268	Soberski Sebastian	273
Grygińska Marta	29	Sobiczewski Adam	271
Heller Michał	4	Suchocki Jarosław	226
Homola Piotr	202	Szczygiel Dorota	150
Jagla Mieczysław Janusz	264	Szymczak Marian	56
Jamrozy Marek	122	Ściążor Tomasz	2, 40, 88, 136, 184, 232, 280
Janiuk Agnieszka	66, 70	Taborska Małgorzata	30
Janta Stefan	76	Urbanik Marek	122
Janusz Krzysztof	146	Wiatrak Anna	194
Jędraszek Sławomir	164, 218	Wielebiński Ryszard	100
Jurusik Wojciech	163	Wilkinson Peter N.	122, 244
Kardaś Tomasz	258	Wirkus Krystyna	50
Karwasz Grzegorz	132	Włodarczyk Ireneusz	2, 94
Kazana Tomasz	228	Wojtkowska Karolina	38, 216, 217
Kijak Jarosław	56	Wojtkowska Karolina	38
Kłosiński Michał	33	Woszczyk Andrzej	1, 49, 69, 97, 129, 134, 142, 145, 190, 193, 241,
Kreiner Jerzy M.	80	Woźniak Beata	194
Krełowski Jacek	270	Wszołek Bogdan	50, 73, 75, 174, 226, 265
Kuligowska Elżbieta	196	Wychudzki Piotr	128
Kuligowska Elżbieta	38, 84, 118	Zawada Karolina	18, 169, 175, 216, 265, 269
Kulpa-Dybel Katarzyna	14		
Kupras Jacek	98		

# INDEKS PRZEDMIOTOWY

## Artykuły

- Astronomia odkrywa tajemnice Wszechświata,  
*Ryszard Wieleński* 100
- Astronomia w Starożytnej Mezopotamii,  
*Sławomir Jędraszek* 218
- Astronomia w Starożytnym Egipcie,  
*Sławomir Jędraszek* 164
- Czego (jeszcze) nie rejestruje Obserwatorium  
Pierre Auger, czyli poszukiwanie fotonów i neutrin  
o skrajnie wysokich energiach, *Piotr Homola* 202
- Dyski akrecyjne a ewolucja dżetów,  
*Agnieszka Janiuk* 66
- Gwiazdy pulsujące z katalogu ASAS,  
*Dorota Szczygiel* 150
- Jan Śniadecki 1756–1830, *Tomasz Kardaś* 258
- Jasne obwódki protuberancji słonecznych,  
*Janusz Osarczuk* 7
- Kopernik w labiryncie świata, *Lidia Smentek* 107
- Niektóre fundamentalne problemy kwantowej  
gravitacji, *Michał Heller* 4
- Nowe perspektywy detekcji fal grawitacyjnych,  
*Michał Dominik* 155
- Otwarcie na Wszechświat — astronomia naszych  
czasów, *Peter N. Wilkinson* 244
- Polski 90-m radioteleskop — potrzeby, propozycja,  
szanse budowy, *Andrzej Kus* 20
- Polski 90-m radioteleskop — proponowane programy  
badawcze. Część I. Astronomia galaktyczna,  
*A. Kus, J. Gil, J. Kijak, W. Lewandowski,*  
*M. Szymczak, M. Gawroński* 56
- Polski 90-m radioteleskop — proponowane programy  
badawcze. Część II,  
*M. Urbanik, K. Chyży, M. Jamrozy, P. Wilkinson* 122
- Projekt LOFAR — nowe okno na Wszechświat,  
*Elżbieta Kuligowska* 196
- Projekt OGLE — nowe ekscytujące perspektywy,  
*Radosław Poleski* 52
- Rekoneksja magnetyczna — fundamentalny proces  
zachodzący w namagnetyzowanej plazmie,  
*Katarzyna Kulpa-Dybel* 14
- Sąd nad astrologią, *Józef Smak* 62
- SDSS J094533.99 +100950.1 — kważar o słabych  
liniach emisyjnych, *Marek Nikołajuk* 208
- Soczewkowanie grawitacyjne fal grawitacyjnych,  
*Janusz Osarczuk* 112
- Subtelna struktura protuberancji słonecznych,  
*Janusz Osarczuk, Krzysztof Radziszewski* 250
- Udział RT90 w badaniach kosmologicznych:  
teoria i obserwacje, *Bartosz Lew* 158
- Współczesne badania Słońca i innych gwiazd,  
*Wojciech Dziembowski* 148

## Rozmaistości

- Antracen – życie w Kosmosie? 217
- Antracen, czyli amatorszczyna 270
- Asymetria dobra na trawienie 130
- Czy słynne komety to dzieci innych słońc? 230
- Egzoplaneta złapana w ruchu 214
- Film o poszukiwaniach grobu Kopernika  
doceniony w Chinach! 272
- Galaktyki pożywieniem kwazarów! 201
- Gigantyczna pętla magnetyczna w układzie  
podwójnym 84
- Gum 19: mgławica Dwie Twarze 121
- Herschel odkrył dziurę w Kosmosie 163
- Jesteśmy świadkami narodzin gwiazdy! 215
- Jowisz stracił południowy pas równikowy 182
- Kamień z Księżyca w Częstochowie 265
- Kepler odkrywa pięć nowych planet 84
- Kopernik w tablicy okresowej pierwiastków 271
- Masywna czarna dziura przyłapana „na gorącym  
uczynku” 85
- Mistrzowie światła — Nobel z fizyki 2009 18
- Moduł Tranquility zamontowany  
— stacja ISS gotowa! 131
- Nowa mapa Plutona: nieoczekiwana zmienność 84
- O detekcji ciemnej materii, czyli z dużej chmury  
mały deszcz 87
- Odkryto najliczniejszy pozasłoneczny  
układ planetarny 257
- Odkryto unikalny układ gwiazd podwójnych  
zaćmieniowych! 182
- Odległe galaktyki odkrywają tajemnice  
ciemnej materii 87
- Pierścień Lwa 213
- Pierwsze ważne dane z interferometru LOFAR 118
- Pierwszy całkowity przegląd nieba WISE 217
- Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga 265
- Planeta z ogonem 217
- Po raz pierwszy zarejestrowano widmo egzoplanety 119
- Pole magnetyczne kontroluje dietę masywnych  
gwiazd 130
- Pomarszczone góry Tytana 269
- Przepis na Wszechświat 119
- Rodzące się układy słoneczne w zbliżeniu 214
- Satelita Planck po roku pracy 216
- Słońce znów aktywne 120
- Tajemnica narodzin Drogi Mlecznej 230
- Uchwała ZG PTA w sprawie IOAA 269
- Uczeni badają zderzenia galaktyk 163

Wiatry supernowej kształtują galaktyki	118
Woda na Księżycu	38
Wpływ lotów kosmicznych na biofizykę krążenia	268
Zagadka marsjańskiego metanu	38
Zagadka narodzin masywnej gwiazdy rozwiązana?	216

## Miedzynarodowy Rok Astronomii 2009

Konferencja naukowa w Częstochowie	73
Miedzynarodowy Rok Astronomii 2009 zakończony	69
Miedzynarodowy Rok Astronomii w Kielcach	72
Miedzynarodowy Rok Astronomii w Opolu	39
MRA w Krośnie	27
Sprawozdanie z konferencji „Astronomia w edukacji, mediach i kulturze”	70

## Z kraju i ze świata

Amatorskie Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim	76
Astronomia Nova	75
Astrospotkanie w Dąbrowie Górniczej, czyli I Regionalne Spotkanie Forum Miłośników Astronomii Astro CD	27
Finał VII Konkursu Astronomicznego URANIA w Częstochowie	226
II Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych	174
III Miedzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie – warsztaty astronomiczne”	224
Jak astronomowie zapraszają Zieman do poznawania tajników Wszechświata	28
Jubileusz Profesora Hurnika	35
Kiedy umarł Kopernik?	169
Kosmos w zasięgu ręki	172
Moje drugie zaćmienie	29
Otwarcie planetarium w Niepołomicach (264); OZMA XIV w Urzędowie	266
Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika	169
Przemówienie z okazji otrzymania wyróżnienia Convallaria Copernicana	170
Toruński Zlot Miłośników Astronomii 2010	226
Urodziny Kopernika 2010 w Toruniu	129
Walny Zjazd Delegatów i nowe władze Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii	263
XXXVI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne	128
Załoga STS-130 z wizytą w Polsce	175
Zlot w Bieszczadach	266

## Z kart historii

Cyrkiel Jana Heweliusza ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Toruniu	33
Prakalkulator, czyli cyrkiel proporcjonalny	30

## In Memoriam

Prof. dr hab. Stanisław Gąska (1929–2010)	134
---	-----

## Astronomia w szkole

Astronomia w nowych programach szkolnych	82
Do czego komputer nigdy się nie przyda?	228
Kopernik w krótkiej koszulce, czyli jak zakręcić Ziemią?	132
LIII Olimpiada Astronomiczna	176
Miedzynarodowa Olimpiada Astronomii i Astrofizyki 2010	274
Spojrzenie w niebo A.D. MMX	36
XXXVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne	273

## Kalendarz astronomiczny

Tomasz Ścieżor

Rok 2010, marzec — kwiecień	38
maj — czerwiec	88
lipiec — sierpień	136
wrzesień — październik	184
listopad — grudzień	230
Rok 2011, styczeń — luty	280

## Recenzje

Józef I. Smak, Opowiadania starego astronomia	142
Kazimierz Schilling, Patrząc na niebo Kopernika	190
Paul J. Steinhardt, Neil Turok, NIESKOŃCZONY WSZECHŚWIAT. Poza teorią wielkiego wybuchu.	238
Piotr Flin, Janina Krempeć-Krygier, Bernard Krygier, Katarzyna Bajan: Właściwości struktur wielkoskalowych we Wszechświecie	46
recenzja kalendarza ściennego na rok 2010	94

## Astronomia i muzyka

Jacek Drążkowski

Astronom i gitarzysta królowej	143
Camerata Warmińska o Koperniku	287
Dona Aireya fascynacje Kosmosem	47
Kosmologiczne opowieści Przemysława R.	239
Wszechświat w kieszeni Yello	191
Z Chopinem na orbicie	95

## Ciekawe adresy internetowe...

Roman Schreiber

48, 96, 144, 192, 240, 288
----------------------------

## Relaks z Uranią

48, 96, 144, 192, 240, 288
----------------------------

## Inne

Moje Okno na Wszechświat — konkurs astronomiczny	278
Stanowisko Zarządu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w sprawie reformy szkolnictwa	50
Uchwała ZG PTA w sprawie IOAA	269

## W kolorze

Anteny (NGC 4038–4039)	(5)o.I
Astronomia w innych barwach	(3)o.I
Cassiopeia A, echo świetlne w podczerwieni	(6)o.I
Centrum Drogi Mlecznej	(2)o.II–III
Europejska sieć interferometrii wielobazowej EVN(1)o.I	
Ewolucja Wszechświata — od Wielkiego Wybuchu do... WMAP	(6)o.II–III
Galeria Uranii	(1)o.III, (2)o.III, (3)o.IV, o.III, (4)o.W.I, o.III, (5)o.I, (6)o.III
Gromada galaktyk 1E0657-558	(3)o.II–III
IOAA w Chinach	(6)o.IV
Kolorowe rozmaitości	(6)o.II
Konferencja w CAMK-u	(2)o.II
Konferencja w Niepołomicach	(5)o.II
Konkurs URANIA w Częstochowie	(5)o.II
Kosmiczna róża rozwija się nowymi gwiazdami	(3)o.IV
LIII Olimpiada Astronomiczna	(4)o.II
Mgławica emisyjna Kocia Łapa (NGC 6334)	(4)o.I
Mgławica Krab (M1)	(1)o.II–III
Mgławica NGC 346 w Małym Obłoku Magellana	(6)o.IV
Mgławica planetarna NGC 6543 (Kocie Oko)	(2)o.I
Mgławica pyłowa Wróżka (Lisek)	(3)o.I
MRA w Kielcach	(2)o.I
Najstarsze galaktyki okiem Hubble'a	(1)o.II
Niebo Plancka	(5)o.II–III
Nowe Obserwatorium Dynamiki Słońca przesyła pierwsze obrazy	(4)o.IV
Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim	(2)o.IV
Otwarcie planetarium w Niepołomicach	(6)o.I
Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga	(6)o.IV
Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika	(4)o.IV
Protuberancje słoneczne w 3D	(1)o.I

Pyłowe słupy mgławicy w Kiliu	(4)o.II–III
Sierp Ziemi widzianej z sondy Rosetta	(1)o.IV
Supermaszynowa czarna dziura Sag A* i jej otoczenie	(2)o.IV
Toruński Zlot Miłośników Astronomii 2010	(5)o.IV
XIV OZMA w Urzędowie	(5)o.III
XXXVI OMSA w Grudziądzku	(3)o.II
Zabytkowy cyrkiel proporcjonalny	(1)o.IV

## Autorzy zdjęć w Galerii Uranii

Chodorowski Franciszek	(5)o.I
Filipek Marcin	(4)o.I
Gryzińska Magda	(1)o.III
Janusz Krzysztof	(4)o.III
Nikodem Marek	(2)o.III, (4)o.III, (5)o.I
Palka Maciej	(3)o.IV
Puszczyk Jerzy	(3)o.IV
Rudziński Mariusz	286, (6)o.III
Szpak Marek W.	45, (3)o.III, (4)o.I, 189,
Ścieżor Tomasz	(2)o.III
Świętnicki Mariusz	(1)o.III, (3)o.III, (4)o.I, (6)o.III
Wirkus Krystyna	(2)o.III, (5)o.I
Wirkus Piotr	(5)o.I
Wszołek Bogdan	(1)o.III

## Układ stron w tomie LXXXI „Uranii–PA”:

zeszyt nr 1 (739)	1 — 48
zeszyt nr 2 (740)	49 — 96
zeszyt nr 3 (741)	97 — 144
zeszyt nr 4 (742)	145 — 192
zeszyt nr 5 (743)	193 — 240
zeszyt nr 6 (744)	241 — 288

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



## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Skończył się Międzynarodowy Rok Astronomii 2009.

Oficjalna ceremonia jego zakończenia odbędzie się 9–10 stycznia 2010 r. w Padwie, w Aula Magna tamtejszego Uniwersytetu, w sali, w której Galileusz prowadził wykłady. W Polsce, na zakończenie MRA2009, w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w dniach 10–11 grudnia 2009 r. odbyła się konferencja „Astronomia w edukacji, mediach i kulturze”. Relację z niej zamieścimy w następnym numerze, ale wcześniej będzie można ją znaleźć na stronach internetowych PTA.



prof. A. Urszula-Widmańska

Tradycyjnym zwyczajem „Uranię” otwierają artykuły o różnych problemach i zjawiskach astronomicznych. Bieżący numer i rocznik otwiera artykuł ks. profesora Michała Hellera o niektórych fundamentalnych problemach kwantowej grawitacji. Tego tematu dotyczył też Jego wykład na niedawnym Zjeździe PTA w Krakowie, a chodziło tu o sprawy najbardziej początkowych chwil Wszechświata. Niezwykle małych chwil, bo to przecież pierwsze  $10^{-44}$  sekundy, które zdecydowały o tym, jaki jest ten nasz Wszechświat i jak ewoluje. Gorąco zachęcam do lektury tego ciekawego artykułu.

Dalej Janusz Osarczuk przybliża nam niektóre problemy związane z protuberancjami słonecznymi. Właśnie zaczyna się nowy cykl aktywności Słońca i może obserwatorzy naszej najbliższej gwiazdy będą mogli dostrzec jasne obwódki protuberancji, o których mówi ten artykuł? Katarzyna Kulpa-Dybel omawia bardzo ważny proces zachodzący w namagnetyzowanej plazmie — rekonesję magnetyczną. Ten proces jest odpowiedzialny za grzanie korony słonecznej, za rozblaski słoneczne i rozblaski gamma i wiele innych procesów zachodzących w Kosmosie.

Nową polską inicjatywę instrumentalną, radioteleskop o średnicy 90 m, który byłby jądrom narodowego ośrodka badań radioastronomicznych w Polsce, przedstawia Andrzej Kus. Jako miejsce budowy tego instrumentu wskazuje Bory Tucholskie.

Następnie zamieszczamy informacje o imprezach związanych z obchodami Międzynarodowego Roku Astronomii w Małopolsce, Krośnie, Dąbrowie Górnictwa i regionie, Opolu. Piszymy o złocie astronomiczny w Bieszczadach, o jeszcze jednej wyprawie na tegoroczne zaćmienie Słońca do Chin i o jubileuszu 90-lecia Profesora Hieronima Hurnika z Poznania.

W związku ze zbliżającą się 400-letnią rocznicą urodzin Jana Heweliusza przypominamy jeden z jego instrumentów, cyrkiel znajdujący się w Muzeum Kopernika w Toruniu oraz omawiamy zastosowanie i sposób posługiwania się takim instrumentem.

W Rozmaitościach, obok kilku nowości astronomicznych, piszymy o tegorocznych laureatach Nagrody Nobla z fizyki, bez pracy których trudno wyobrazić sobie osiągnięcia współczesnej astronomii.

**08483**

W Astronomii w szkole omawiamy syntetycznie zjawiska astronomiczne roku 2010, a w Kalendarzu astronomicznym piszymy szczegółowo o tym wszystkim, co będziemy mogli zaobserwować na niebie w marcu i kwietniu. W Recenzjach przedstawiamy monografię wydaną przez Piotra Flina i jego współpracowników na temat „Właściwości struktur wielkoskalowych we Wszechświecie”.

**e 86813**

Na koniec jest jak zwykle felieton muzyczny, krzyżówka i ciekawe strony internetowe.

Wszystkim Czytelnikom i Przyjaciołom „Uranii” pragnę złożyć najlepsze życzenia zdrowia, pomyślności i pogodnego nieba w Anno Domini 2010.

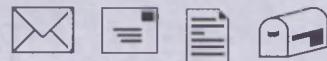
Do Siego Roku!



*H. Wronczyk*



Toruń, w grudniu 2009 r.



Szanowny Panie Profesorze,  
Uwagi odnośnie Kalendarza Astronomicznego na grudzień 2009 zamieszczonego w UPA 5/2009 p. dra Tomasza Ścieżo-  
ra. Pięknie świecąca planetoida Westa jest w opozycji pod koniec grudnia! O czym sam Autor pisze w swoim rocznym Kalen-  
darzu Astronomicznym na 2009 r. na s. 84, a w UPA 5/2009 temu zaprzecza. Zresztą we wspomnianym rocznym Kalen-  
darzu nie ma już efemeryd Westy. Program GUIDE podaje na 15 grudnia jasność Westy ok. 7,5 mag. Nie ma lepszych  
warunków widoczności planetoidy Westy i innych planetoid w całym 2009 roku! To czemu Autor nie zamieszcza efeme-  
ryd?

Serdecznie pozdrawiam,  
Ireneusz Włodarczyk

*Odp.: Tym razem dr Włodarczyk ma rację. Oczywiście, że najlepszy okres widzialności Westy przypada na okres listopad 2009 — styczeń 2010. I właśnie to, że jest to „przełom roku”, spowodowało błąd. Jak można zauważać w moim Almanachu (nazywanym przez dra Włodarczyka Kalendarzem), efemerydy planetoid pogrupowałem wg kolejności ich najlepszej widzialności (za-  
wsze tak robiłem, jeszcze w wersjach drukowanych). I to mnie właśnie zgubiło. Otóż Westa znalazła się w grupie planetoid „styczniowych”, i, pomimo że w tej samej tabelce jest też widzialność listopadowo-grudniowa, przy przeglądaniu planetoid potencjalnie możliwych do obserwacji pod koniec roku po prostu nie spojrzałem do „grupy styczniowej”. Mam nauczkę na przy-*

*szłość — jednak lepiej takie obiekty z przełomu roku zamiesz-  
ać dwukrotnie. Na szczęście w kolejnym Kalendarzyku z „Ura-  
nii-PA” 6/2009 mapa Westy jest zamieszczona. Dziękuję bardzo*

*za zwrócenie uwagi — każda taka uwaga powoduje, że dane-  
go błędu już staram się nie po-  
pełniać.*

Z poważaniem,  
Tomasz Ścieżor

## tu jest miejsce na Twoją **REKLAMĘ**

Kontakt: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl), tel. (56) 61130 14

**Zapraszamy na nasze łamy!**

## Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA OSOP 2010

Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zaprasza na kolejny Obóz Szkoleniowo-Obserwacyjny PTMA „OSOP 2010”.

Obóz odbędzie się w dniach 8–19 lipca 2010 r. w pensjonacie „Kudłacze” w Pćimiu w Beskidzie Makowskim (ok. 10 km na południe od Myślenic, ok. 50 km na południe od Krakowa). Celem obozu jest nauczenie wszystkich chętnych podstaw obserwacji nieba.

W planie znajduje się szkolenie w zakresie:

- orientowania się na niebie
- podstaw określania czasu i współrzędnych astronomicznych
- 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 zajęcia nocne. Instruktorami będą doświadczeni obserwatorzy, głównie członkowie PTMA. Ponadto są planowane wykłady popularnonaukowe z dziedziny astrofizyki i kosmologii, wycieczki turystyczne po okolicznych górach oraz wyprawy do obserwatoriów astronomicznych na Lubomirze i Suhorze.

Przewidywany koszt obozu to około 420 zł (plus ewentualne wpisowe do PTMA). Kwota ta obejmuje:

- nocleg w schronisku (możliwe posiadanie własnych śpiworów)
- transport z Krakowa
- ubezpieczenie.

Wyżywienie każdy uczestnik obozu zapewnia we wła-  
snym zakresie. Można korzystać ze stołówki zapewnianej przez gospodarzy.

Organizatorzy zapewniają zaopatrzenie w wystarczającą ilość teleskopów, jednakże mile widziane jest posiada-  
nie 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, a osoby w wieku poniżej 16 lat mogą brać udział w obozie wyłącznie wraz z pełnoletnim opiekunem.

Liczba miejsc ograniczona! Listę uczestników zatwier-  
dzi Zarząd Oddziału Krakowskiego PTMA, a osoby za-  
kwalifikowane zostaną powiadomione. Ostatecznym ter-  
minem przyjmowania zgłoszeń jest 31 maja 2010 r. Osoby  
zakwalifikowane muszą wpłacić podaną kwotę w cią-  
gu tygodnia od chwili otrzymania potwierdzenia.

Zgłoszenia oraz wszelkie pytania prosimy kierować bez-  
pośrednio do kierownika obozu, inż. Jacka Burdy (e-mail:  
[optyjacek@poczta.onet.pl](mailto:optyjacek@poczta.onet.pl)).



Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstaje z połączeniem się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępu Astronomicznego” (ISSN 0032-5414) — 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 MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelny:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespół Redakcyjny:**

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michalec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK Toruń

**Opracowanie graficzne i skład komputerowy:**

Jacek Drażkowski

**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) 611 30 08

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

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

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

Karolina Zawada, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astronomy.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2010 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

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

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

Numer zamknięto w październiku roku 2009

\* Materiały 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 Niektóre fundamentalne problemy kwantowej grawitacji

Michał Heller

Nasz Wszechświat ma 13,7 mld lat, a okres kwantowej kosmologii to zaledwie  $10^{-44}$  s. Czy w ogóle warto tworzyć teorie, które pomogą nam zrozumieć początkowe chwile istnienia Wszechświata? Późniejszy Wszechświat nie mógł rozpocząć swojej ewolucji bez odpowiednich warunków początkowych, a one ustaliły się właśnie w wyniku działania kwantowych efektów grawitacji. Zachęcam więc gorąco do lektury tego artykułu

### 7 Jasne obwódki protuberancji słonecznych

Janusz Osarczuk

Protuberancje słoneczne są jednymi z najciekawszych i najbardziej spektakularnych zjawisk zachodzących w atmosferze Słońca. Niekiedy, jakby u ich stóp zanurzonych w chromosferze, są widoczne wyraźne pojaśnienia (ang. bright rim). Pochodzenie i naturę tych jasnych obwódów próbuję wyjaśnić prezentowany tu artykuł

### 14 Rekoneksja magnetyczna — fundamentalny proces zachodzący w namagnetyzowanej plazmie

Katarzyna Kulpa-Dybel

Zjawisko rekoneksji magnetycznej następuje wtedy, gdy przetną się dwie przeciwnie skierowane linie pola magnetycznego. W wyniku tego procesu dochodzi do rozłączenia i ponownego łączenia linii pola magnetycznego, co dzieje się w obszarze rekoneksji. Jest to jeden z najbardziej wydajnych procesów, w którym energia zgromadzona w polu magnetycznym jest przekształcana w energię kinetyczną i termiczną. Odpowiada on m.in. za podgrzewanie korony słonecznej i rozbłyski słoneczne oraz rozbłyski gamma a także zmiany zachodzące w procesie formowania gwiazd

### 20 Polski 90-m radioteleskop — potrzeby, propozycja, szanse budowy

Andrzej Kus

Autor przedstawia koncepcję budowy dużego radioteleskopu, który stanowiliby jądro narodowego ośrodka badawczego radioastronomii w Polsce i miałby poczesne miejsce wśród podobnych ośrodków na świecie. Dotychczasowe rozeznanie wskazuje na Bory Tucholskie jako miejsce lokalizacji tego instrumentu

**w kolorze:** Najstarsze galaktyki okiem Hubble'a (o.II); Europejska sieć interferometrii wielkobazowej EVN (w.I); Mgławica Krab (M1) (w.II–III); Zabytkowy cyrkier proporcjonalny (w.IV); Galeria Uranii (o.III); Sierp Ziemi widzianej z sondą Rosetta (o.IV)

**w kraju i na świecie:** Zlot w Bieszczadach (26); MRA w Krośnie (27); Astro-spotkanie w Dąbrowie Górnictwa, czyli I Regionalne Spotkanie Forum Miłośników Astronomii Astro CD (27); Jak astronomowie zapraszają Ziemiań do poznawania tajników Wszechświata (28); Moje drugie zaćmienie (29); Międzynarodowy Rok Astronomii w Opolu (39); Jubileusz Profesora Hurnika (35)

**rozmaistość:** Mistrzowie światła — Nobel z fizyki 2009 (18); Zagadka marsjańskiego metanu (38); Woda na Księżycu (38)

30 **z kart historii:** Prakalkulator, czyli cyrkier proporcjonalny; Cyrkier Jana Heweliusza ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Toruniu

36 **astronomia w szkole:** Spojrzenie w niebo A.D. MMX

40 **kalendarz astronomiczny 2010:** Marzec — kwiecień

46 **recenzje:** Piotr Flin, Janina Krempeć-Krygier, Bernard Krygier, Katarzyna Bajan: Właściwości struktur wielkoskalowych we Wszechświecie

47 **astronomia i muzyka:** Dona Aireya fascynacje Kosmosem

48 **relaks z Uranią:** Krzyżówka

48 **ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Jak wyglądają protuberancje słoneczne w trzech wymiarach? Aby odpowiedzieć na to pytanie, NASA wystrzeliła satelity STEREO, by nie spuszczały Słońca z oka, patrząc z dwóch różnych punktów. Satelity STEREO krążą wokół Słońca niemal po orbicie Ziemi, lecz jeden (nazwany *Ahead* — ang. z przodu) aktualnie wyprzedza Ziemię, podczas gdy drugi (nazwany *Behind* — ang. z tyłu) podąża za nią. W końcu września ub.r. wybuchła potężna protuberancja i pozostawała ponad Słońcem przez około 30 godzin, pozwalając satelitom STEREO wykonać liczne zdjęcia pod różnymi kątami. Tu pokazujemy obraz zdarzenia w wysokiej rozdzielcości ze STEREO *Ahead*. Niezwykle spokojne zachowanie Słońca przez ostatnie dwa lata spowodowało, że takie wielkie protuberancje są stosunkowo rzadkie. Połączona perspektywa STEREO pomoże astronomom lepiej zrozumieć mechanizm powstawania i ewolucji protuberancji, koronalnych wyrzutów materii oraz rozbłysków. Źródło: STEREO Project, NASA

# Niektóre fundamentalne problemy kwantowej grawitacji\*

## 1. Czy warto dociekać początku?

Zacznijmy od pytania: czy kosmologia kwantowa jest nam rzeczywiście potrzebna? Wedle najnowszych ustaleń wiek Wszechświata wynosi 13,7 mld lat, a okres kwantowej kosmologii (o ile ona w ogóle miała miejsce) zaledwie  $10^{-44}$  sekundy. Co więcej, aby eksperymentalnie dotrzeć do tego okresu, potrzebne są energie rzędu  $10^{16}$  TeV. Największą energią, jaką obecnie dysponujemy, jest 2 TeV (w Fermilabie). Jeżeli LHC w CERN-ie pod Genewą nie zawiedzie, możemy się spodziewać najwyższej 14 TeV (na ten rok przewidywane jest osiągnięcie 7 TeV). Więc czy warto tworzyć skomplikowane teorie, by przełamać zagadkę tak przemyślnie ukrywającą się przed naszym wzrokiem?

A jednak warto. Jeżeli bowiem nauka nie ma stać się tylko rzemiosłem do

produkowania wyników, które szybko można zamienić na praktyczne zastosowania, lecz ma pozostać wierną swemu powołaniu rozumienia świata (zresztą najlepsze zastosowania wynikają z głębokiego rozumienia), to nie może cofnąć się z drogi „powrotu do początku”. Ostatecznie przecież wszystko redukuje się do cząstek elementarnych i tego wszystkiego, z czego one powstały, a to automatycznie przenosi nas do ery kwantowej kosmologii. Późniejszy Wszechświat nie mógł rozpocząć swojej ewolucji bez odpowiednich warunków początkowych, a one ustaliły się w wyniku działania kwantowych efektów grawitacji.

Wszystkie prace, jakie obecnie trwają nad złamaniem progu Plancka (tak nazywa się granicę dzielącą zrekonstruowaną już historię Wszechświata od nieznanego obszaru, który ją nie tylko zapoczątkował, ale także sprawił, że w ogóle stała się możliwa), wymownie przekonują, że jeżeli ten sukces zostanie kiedyś osiągnięty, to pociągnie za sobą bardzo głęboką rewolucję poję-

\* Tekst opracowany na podstawie odczytu wygłoszonego na XXXIV Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Kraków, 14–18 września 2009 r.

ciovą, porównywalną — lub nawet przewyższającą — swoim radykalizmem to, co stało się w podstawach fizyki w pierwszych dekadach XX w. Z dużą dozą prawdopodobieństwa można już dziś wskazać przynajmniej pewne obszary, które ta rewolucja dotkniesie najbardziej. Właśnie pragnę podjąć się tego zadania. Oczywiście, wiąże się ono z ryzykiem (jak każde przepowiadanie przyszłości), ale osiem lat się sądzić, że znajduje się ono raczej po stronie nieoceniania tego, co nastąpi, niż po stronie zbyt daleko idących prognoz.

## 2. Problem matematycznej struktury

Pierwszym i najważniejszym problemem — niejako matką wszystkich innych problemów — jest znalezienie takiej matematycznej struktury, której struktury ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej (wraz z teoriami pól kwantowych) byłyby odpowiednimi przybliżeniami. Istota tego problemu polega na tym, że matematyczne struktury obu tych teorii nie tylko są bardzo odmienne, ale także odznaczają się cechami, które zdają się wzajemnie wykluczać. Ta ostatnia możliwość nie zniechęca jednak badaczy. Nie można wykluczyć, że znajdzie się dostatecznie ogólną strukturę, w której nawet pozornie wykluczające się cechy będą mogły zgodnie współistnieć. Poszukiwania idą więc w kierunku zidentyfikowania dostatecznie ogólnej struktury, w której struktury teorii grawitacji i teorii kwantów byłyby w jakimś sensie szczególnymi przypadkami. Uogólnianie tylko wyjątkowo jest procedurą jednoznaczną, zwykle może ono przebiegać w różnych kierunkach. Brak danych doświadczalnych, które wskazywałyby kierunek właściwy, stanowi poważne utrudnienie i jest źródłem wielości podejść do kwantowania grawitacji. Stąd różnorodność proponowanych teorii i metod: teoria superstrun (z jej najnowszym uogólnieniem tzw. M-teorią), teoria pętli kwantowych, teoria dynamicznej przyczynowej triangulacji, metody grup kwantowych i geometrii nieprzemiennej — żeby wymienić tylko najbardziej znane tropy poszukiwań. Nic więc dziwnego, że dotychczasowe wyniki tych poszukiwań mają często większe znaczenie dla matematyki niż dla fizyki. Aby być w kontakcie z fizyką, nie pozostaje nic innego, jak tylko stawiać

cząła różnym problemom, z jakimi boryka się fizyka fundamentalnego poziomu (poziomu Plancka). Model, który może się wykazać większą liczbą w „naturalny sposób” rozwiązywanych (lub przynajmniej odpowiednio „ustawionych”) tego rodzaju problemów, może liczyć na większe zainteresowanie ze strony fizyków, zajmujących się kwantowaniem grawitacji i kwantową kosmologią.

## 3. Problem nielokalności

Od samego początku istnienia mechaniki kwantowej stawało się coraz bardziej jasnym, że „dogmat dobrego zlokalizowania” obiektów kwantowych w przestrzeni i czasie, obowiązujący w fizyce klasycznej, musi ulec daleko idącej rewizji. Zasada nieoznaczoności Heisenberga i dualizm fala-cząstka były tego wystarczająco jasnym sygnałem. Twierdzenie Bella, które umożliwiło przeprowadzenie w laboratorium przedtem jedynie myślowego doświadczenia EPR (zaproponowanego w 1935 r. przez Einsteina, Podolsky'ego i Rosena), a potem liczne zjawiska związane ze splątaniem stanów kwantowych ostatecznie przekonały fizyków, że nielokalność jest istotną cechą zjawisk kwantowych.

Problem nielokalności pojawił się także w kosmologii w postaci tzw. problemu horyzontu. Temperatura mikrofalowego promieniowania tła jest na całej sferze niebieskiej taka sama z dokładnością  $10^{-5}$ . W jaki sposób odległe obszary na niebie, które w ciągu całej historii Wszechświata nie znajdowały się ze sobą w kontakcie przyczynowym, mogły „uzgodnić” temperaturę tego promieniowania z tak ogromną dokładnością?

Jak wiadomo, paradoks horyzontu rozwiązuje modele inflacyjne, ale są one bezsilne wobec nielokalności kwantowej. Czy nie należy jednak oczekiwać, że za obydwa rodzaje nielokalności odpowiedzialna jest fizyka poziomu fundamentalnego? Tym bardziej że w pobliżu poziomu Plancka skala kosmologiczna pokrywała się ze skalą charakterystyczną dla fizyki kwantowej. Byłaby to cenna wskazówka w naszym poszukiwaniu fundamentalnej teorii.

## 4. Problem tła

Lokalność fizyki klasycznej jest następstwem tego, że zdarzenia opisywane przez nią zachodzą w czasie i przestrzeni. Lokalizacja jest bowiem niczym

innym, jak tylko możliwością identyfikowania zdarzeń przy pomocy współrzędnych czasoprzestrzennych. Czasoprzestrzeń jest tłem lub sceną, na której rozgrywa się fizyka klasyczna. Jeżeli fizyka poziomu Plancka jest nielokalna, to powstaje pytanie, co jest dla niej odpowiednikiem czasoprzestrzennego tła. Fizycy zajmujący się tym problemem zgodnie likwidują to pytanie, postulując, by przyszła teoria kwantowej grawitacji nie wymagała żadnego tła, na którym miałaby się rozgrywać. Co więcej, powinna ona wyjaśnić, w jaki sposób na niższych poziomach energetycznych czasoprzestrzenie tło się pojawia. Jednym z głównych zarzutów przeciw teorii superstar jest to, że superstruny „żyją” w czasoprzestrzeni (o odpowiednio większej liczbie wymiarów). Postulat nieistnienia tła nie jest łatwy do urzeczywistnienia (zwłaszcza w jego bardziej rygorystycznie rozumianych wersjach). Wprawdzie autorzy niektórych modeli twierdzą, że postulat ten zrealizowali, ale po bliższym przyjrzeniu się modelowi zwykle okazuje się, że jakiś substytut tła jednak w nim istnieje.

Problem istnienia lub nieistnienia tła w przyszłej teorii kwantowej grawitacji można uznać za współczesną wersję sporu pomiędzy Clarkiem (zwolennikiem Newtona) a Leibnizem o absolutność lub względność czasu i przestrzeni. Clarke, idąc za Newtonem, utrzymywał, że czas i przestrzeń stanowią sztywną (absolutną) scenę, na której rozgrywają się procesy fizyczne i procesy te ani od tej sceny nie zależą, ani na nią nie mają wpływu. Leibniz natomiast twierdził, że czas i przestrzeń sprowadzają się do relacji porządkujących zdarzenia i bez zdarzeń nie mają sensu. Wedle Newtona możliwa jest pusta przestrzeń i czas niewypełniony zdarzeniami; wedle Leibniza taka sytuacja jest wykluczona. Postulat „niezależności od tła” (*background independence*) przyszłej teorii kwantowej grawitacji idzie o tyle dalej od twierdzenia Leibniza, że domaga się wskazania fizycznego mechanizmu, na mocy którego czasoprzestrzenny porządek wyłania się z bezłowej kwantowej grawitacji. Ale postulat ten jest dotychczas formułowany jedynie intuicyjnie (podobnie zresztą jak argumenty Leibniza), stanowi więc dość ogólnikową wskazówkę dla poszukiwaczy kwantowej grawitacji.

## 5. Problem czasu i prawdopodobieństwa

Nawet autorzy, którzy nie bardzo przejmują się problemem niezależności od tła, są skłonni przyznać, że na poziomie kwantowej grawitacji czas może albo nie istnieć, albo zachowywać się inaczej niż w fizyce klasycznej. Oto prosty argument na rzecz tego przekonania. Rozważmy dwie podstawowe formuły na energię — wzór kwantowy:  $E = h\nu$  ( $h$  jest stałą Plancka, a  $\nu$  częstotliwością) i wzór relatywistyczny:  $E = mc^2$  ( $m$  jest masą, a  $c$  prędkością światła w próżni). Przyrównując prawe strony tych wzorów do siebie, otrzymujemy:  $\nu = m(c^2/h)$ . Ponieważ czas zawsze mierzymy jakąś częstotliwością, jest to zasada budowy każdego zegara. Wzór ten mówi, że bez masy — nawet w zasadzie — żaden zegar istnieć nie może. Zwrócić uwagę na współczynnik  $c^2/h$  i zauważmy, że jeżeli wzór ten uznać za teoretyczną zasadę konstrukcji każdego zegara, to do tej konstrukcji wchodzą dwie stałe: jedna charakterystyczna dla teorii względności, druga dla mechaniki kwantowej. Jak wiadomo ze szczególnej teorii względności, cząstki bezmasowe „nie czują” upływu czasu, a w ogromnych temperaturach w Wielkim Wybuchu (w pobliżu ery Plancka) wszystkie cząstki praktycznie rzeczą biorąc stają się bezmasowe. Nie ma więc wówczas żadnych zegarów, które by mogły odmierzać czas.

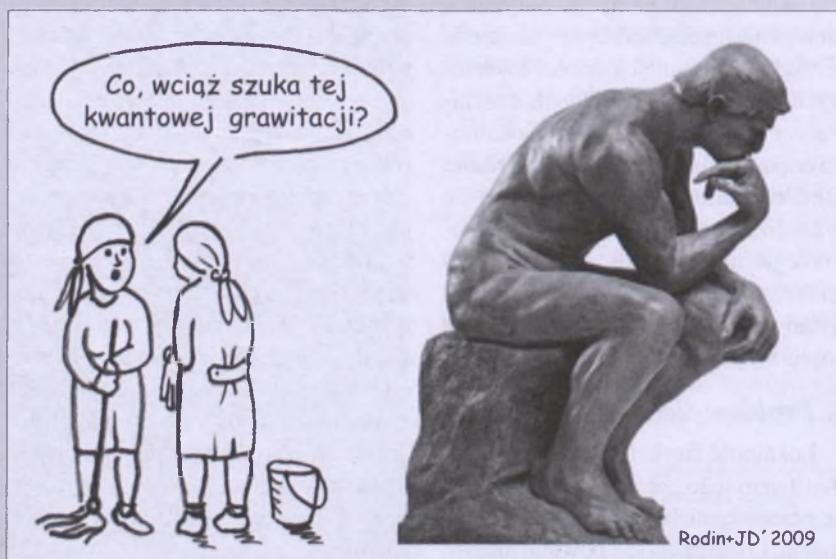
Należy pamiętać, że czas nie jest tylko „zewnętrzną zmienną”, która może w taki czy inny sposób opisywać procesy fizyczne. Upływanie czasu jest ściśle związane z dynamiką procesów, a dotycząc problemu kwantowej dynamiki,

jestesmy już w samym centrum problematyki związanej z teorią, której poszukujemy. Problem ten wiąże się z innym niezmiernie ważnym zagadnieniem — z zagadnieniem prawdopodobieństwa. Od dawna wiadomo, że druga zasada termodynamiki (zasada wzrostu entropii) jeżeli nie determinuje, to w każdym razie wskazuje kierunek upływu czasu, ale zasada ta ze swojej istoty ma charakter statystyczny. Jeżeli tak, to związek problematyki czasu z problematyką prawdopodobieństwa staje się bezpośrednio widoczny. Jednakże najważniejsze pytanie dotyczące prawdopodobieństwa nie odnosi się bezpośrednio do czasu, lecz do mechaniki kwantowej. Chodzi mianowicie o to, czy probabilistyczny charakter mechaniki kwantowej ma charakter tymczasowy, który znika po przejściu do kwantowej teorii grawitacji, czy też ma on charakter ostateczny, wynikający z faktu, że poziom podstawowy jest istotnie probabilistyczny. Jeżeli jednak poziom podstawowy ma mieć charakter nielokalny, to nie wydaje się, by standardowy rachunek prawdopodobieństwa (tak jak został on zakształcony przez Kołmogorowa) mógł się do niego stosować. Statystyka oparta na zwykłym rachunku prawdopodobieństwa zakłada mnogość jednostek, natomiast w nielokalnej teorii nie zawsze można wyodrębnić jednostki. Matematyka jest jednak przygotowana na taką ewentualność. Istnieją już bowiem uogólnienia klasycznego rachunku prawdopodobieństwa. Może najbardziej znaną (matematykom) jest tzw. wolna (free) teoria miary probabilistycznej, która sprawnie funkcjonuje w „nielokalnych sytuacjach”.

Pojęcie prawdopodobieństwa należy do elitarnego grona pojęć stosowanych do opisu świata i już sam fakt, że istnieje wiele miar probabilistycznych (wiele „pojęć prawdopodobieństwa”) i nie wiadomo z góry, która z nich nadaje się do modelowania poziomu fundamentalnego, ma dużą wymowę filozoficzną. Także w rozumowaniach kosmologicznych stosuje się zasadę, że zdarzenia, którym można przypisać duże prawdopodobieństwa, nie wymagają żadnego innego wyjaśnienia. Ale jeżeli nie ma jednego, uniwersalnego pojęcia prawdopodobieństwa...? Jest to jeszcze jedna racja, przemawiająca za tym, że stworzenie kwantowej teorii grawitacji i jej zastosowanie do modelowania bardzo młodego Wszechświata będzie się wiązało z daleko idącą rewolucją pojawiową.

## 6. Czy Wszechświat jest obiektem kwantowym?

Wydawać by się mogło, że jednak przez ogromną część swojej historii Wszechświat nie jest obiektem kwantowym, doskonale opisując go prawa fizyki klasycznej. Pamiętajmy jednak, że poziom Plancka znajdował się nie tylko w pobliżu Wielkiego Wybuchu, gdy gęstość Wszechświata wynosiła  $10^{93} \text{ g/cm}^3$ . Poziom Plancka znajduje się także i dziś, dotarłyśmy do niego, gdybyśmy dysponowali energią potrzebną, by spenetrować odległość rzędu  $10^{-33} \text{ cm}$ . I nie są to dwa różne poziomy Plancka — jeden 13,7 mld lat temu, a drugi dziś, lecz ten sam fundamentalny poziom fizyki. Czy nie jest to jeszcze jeden sygnał, że na tym fundamentalnym poziomie coś dziwnego dzieje się z czasem i przestrzenią? I że związki między naszym „tu” i „teraz” a kwantową kosmologią są znacznie bardziej daleko idące, niż się nam dotychczas wydawało?



Ks. prof. Michał Heller jest znakomitym specjalistą w dziedzinie filozofii i kosmologii, członkiem Papieskiej Akademii Nauk, profesorem w Papieskiej Akademii Teologicznej i Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie oraz autorem wielu książek dotyczących początków Wszechświata, jego budowy i ewolucji. Ponadto jest laureatem Nagrody Templetona (U-PA 3/2008).

# Jasne obwódki protuberancji słonecznych

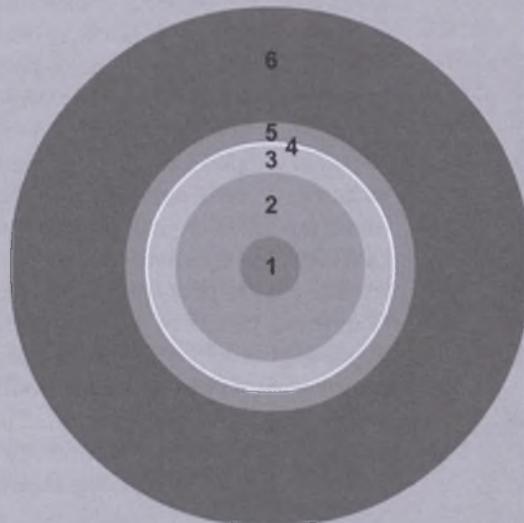
Janusz Osarczuk

Różne idee dotyczące pochodzenia jasnych obwódek protuberancji słonecznych do tej pory nie pomogły zrozumieć ich natury. Istniejące modele tych obiektów posiadają zbyt słabe podstawy obserwacyjne do tego, aby dobrze je opisać. Skoro zatem znajomość właściwości jasnych obwódka protuberancji słonecznych nie wychodzi poza zakres kinematyki i podstawowych parametrów emisji, trudno się dziwić, że taka wiedza nie jest wystarczająca do odpowiedzi na kluczowe pytanie związane z ich lokalizacją.

Nad fotosferą, którą przyjmuje się umownie za powierzchnię Słońca, rozciąga się kolejna warstwa atmosfery (rys. 1), czyli chromosfera, licząca zaledwie ok. 2000 km grubości. Okiem nieuzbrojonym można ją zobaczyć tylko w momentach całkowitego zmienia naszej gwiazdy, w postaci nie-regularnego, rubinowego wieńca otaczającego tarczę słoneczną. Warunki fizyczne panujące w chromosferze (niektóre parametry fizyczne plazmy chro-

mosferycznej są przedstawione w tab. 1), a w pierwszym rzędzie temperatura i gęstość, determinują długosci fal światła emitowanego przez plazmę. Użycie odpowiedniego wąskopasmowego filtra (np. przepuszczającego tylko światło linii H $\alpha$  wodoru, o długości fali 6562,8 Å) pozwala obserwować chromosferę codziennie. Oprócz linii H $\alpha$  (jest to światło o barwie głębokiej purpurowej), struktury chromosferyczne są doskonale widoczne także w świetle linii zjonizowanego wapnia Ca II H (3968,5 Å) i Ca II K (3933,7 Å), żelaza Fe (4045,8 Å) czy magnezu Mg II h (2802,7 Å) i Mg II k (2795,5 Å).

Do najciekawszych zjawisk obserwanych w atmosferze słonecznej ponad chromosferą należą niewątpliwie protuberancje. Obiekty te stanowią niejako wizualizację pola magnetycznego, które tworzy szkielet przyobleczonych w plazmę obłoków, świecących ponad brzegiem tarczy słonecznej. Ich kształt może się zmieniać, w zależności od rodzaju i typu protuberancji, w skali czasowej rzędu dni lub nawet minut (pod-



Rys. 1. Budowa Słońca:  
1. Jądro  
2. Strefa promieniowania  
3. Strefa konwekcji  
4. Fotosfera  
5. Chromosfera  
6. Korona  
Warstwy 4–6 stanowią atmosferę

Tab. 1. Typowe wartości parametrów fizycznych plazmy chromosfery

Nazwa parametru	Wartość parametru
temperatura T	~ 10 <sup>4</sup> K
gęstość ρ	≈ 3 · 10 <sup>-12</sup> g/cm <sup>3</sup>
ciśnienie p	≈ 10 <sup>-1</sup> Pa
gęstość elektronowa n <sub>e</sub>	~ 10 <sup>10</sup> + 10 <sup>11</sup> /cm <sup>3</sup>
grubość s	≈ 2000 + 3000 km

stawowe właściwości parametrów fizycznych protuberancji podane są w tab. 2). Protuberancje, jako jedne z najbardziej spektakularnych i stosunkowo łatwych do zaobserwowania skutków aktywności magnetycznej naszej gwiazdy, można także dostrzec na tle tarczy Słońca — wtedy nazywane są włóknami, ze względu na ich typowy widomy kształt długich i cienkich ciemnych pasm. Stanowią one jak gdyby kurtyny pionowo zawieszone w dolnej koronie. Włókna na tle tarczy są ciemne, gdyż (w świetle monochromatycznym) natężenie promieniowania chromosfery jest większe niż natężenia promieniowania włókien.

Protuberancje „wyrastają” z chromosfery, jak gdyby stały na niej „nogami” — tak nazywają się elementy ich struktury łączące je z chromosferą. Na samym dole nogi kończą się „stopami”, które są bezpośrednio zakotwiczone w chromosferze. Niekiedy dookoła stopy, czyli w miejscu styku włókna z chromosferą, widoczne jest wyraźne pojaśnienie, nazywane po angielsku *bright rim*, które — z braku polskiego odpowiednika w opublikowanej literaturze fachowej — będę nazywać jasną obwódką (rys. 2). Zazwyczaj jasna obwódka występuje z tej strony włókna, która jest bliżej środka tarczy słonecznej. Niekiedy jednak jasna obwódka jest widoczna po obu stronach włókna, szczególnie gdy znajduje się ono w pobliżu środka tarczy słonecznej. Zdarza się też, iż jasna obwódka występuje w formie kilku pasm pojaśnień o różnych długościach.



Rys. 2. Jasna obwódka włókna obserwowana 10 czerwca 1998 r. w obserwatorium Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego w Białkowie za pomocą Dużego Koronografu w linii H $\alpha$  przy użyciu filtra wąskopasmowego 0,5 Å. Fotografia pochodzi z pracy: Rudawy, P. i Rompolt, B., 1999, A. Wilson (ed.), Proc. 9th European Meeting on Solar Physics Magnetic Fields and Solar Processes, Florence, Italy, 12–18 September 1999 (ESA-SP-448, December 1999), p. 445

Zdolność rozdzielcza współczesnych instrumentów obserwacyjnych pozwala dostrzec niektóre szczegóły budowy jasnych obwódek. Na najlepszych zdjęciach widać je w postaci wielu odseparowanych indywidualnych pojaśnień, czasami tworzących łańcuchy obiektów wyraźnie jaśniejszych od przyległej chromosfery i zmieniających w czasie jasność i kształt. Ich ewolucja może być

spowodowana stopniowym przebudowywaniem się szkieletu magnetycznego protuberancji lub też zmianami właściwości chromosfery przyległej do miejsc styku protuberancji z chromosferą (czyli stóp) włókna.

Historia obserwacji jasnych obwódek rozpoczęła się w drugiej dekadzie XX w. Wówczas to T. Royds jako pierwszy zaobserwował i opisał to zjawisko. Jednakże przez następne czterdzieści lat zagadnienie to nie zainteresowało astronomów. Dopiero w 1948 r. Francuzi L. i M. d'Azambuja opublikowali kilkusetstronicową pracę przeglądową, w której zostały zaprezentowane (między innymi) wyniki badań jasnych obwódek w 271 włóknach obserwowanych w linii H $\alpha$ . Na podstawie tych obserwacji wydedukowali oni, iż jasna obwódka stanowi raczej integralną część włókna (czyli protuberancji), nie należy zaś do chromosfery.

W latach 60. tajemnicę pochodzenia i właściwości jasnych obwódek zgłębiali astronomowie radzieccy E. Gurtovenko i A. Rakhubovsky. Na podstawie własnych obserwacji, przeprowadzonych kijowskim teleskopem AFR-2, doszli oni do wniosku dokładnie przeciwnego niż d'Azambujowie. Stwierdzili, że ja-

Tab. 2. Typowe wartości parametrów fizycznych plazmy protuberancji

Nazwa parametru	Wartość parametru
temperatura T	5000 + 8000 K
gęstość elektronowa $n_e$	$10^{10} + 10^{11} / \text{cm}^3$
indukcja magnetyczna B	2 + 3 G + 30 G (protuberancje aktywne)
natężenie pola elektrycznego E	< 5 V/cm
prędkość mikroturbulencji $\zeta$	5 + 8 km/s
prędkość przepływu materii:	
— ku dołowi $v_d$	$\approx 0,5 \text{ km/s}$
— ku górze $v_u$	< 5 km/s
— horyzontalna $v_h$	$10 + 20 \text{ km/s}$
	(< 60 km/s w protuberancjach obszarów aktywnych)
stopień jonizacji ID	różna dla poszczególnych protuberancji $ID = 1/(X^{-1} - 1)$ $X = n_e / n_H$ $n_H$ — gęstość całkowita wodoru

sne obwódki są usytuowane w chromosferze, a ich jasność może przewyższać jasność otaczającej je spokojnej chromosfery nawet 1,3 raza. Konkluzje badań były następujące:

1. Jasna obwódka jest obserwowana po tej stronie włókna, która jest skierowana ku środkowi tarczy słonecznej.

2. Kontrast jasnej obwódki jest największy przy brzegu tarczy. Gdy jasna obwódka zbliża się do centrum dysku Słońca, wówczas słabnie i stopniowo zanika. Gdy jasna obwódka jest obserwowana na środku tarczy słonecznej, wtedy jest widoczna po obu stronach włókna. W takich przypadkach jasna obwódka jest bardzo wąska i ma mały kontrast.

3. Zasadniczo, jasna obwódka posiada największe natężenie promieniowania w niskich protuberancjach, dotyczących chromosfery prawie całą swoją długością. Jasna obwódka nie została zaobserwowana w wysokich protuberancjach.

4. Wszystkie włókna posiadające jasną obwódkę są obserwowane jako jasne protuberancje, gdy osiągają brzeg tarczy Słońca.

5. Jasna obwódka jest usytuowana w chromosferze pod włóknem.

6. Dla włókien o średniej szerokości ok. **6000 km** szerokość jasnej obwódki, mierzona wzdłuż powierzchni Słońca, jest równa **8000 ± 10000 km**.

7. Jasność jasnej obwódki względem pobliskiej niezakłócionej chromosfery

Tab. 3. Parametry przyjęte do obliczeń natężenia promieniowania jasnej obwódki  $I_2$  w modelu R. Kostika i T. Orlovej

Nazwa parametru	Wartość parametru
grubość optyczna chromosfery $\tau_0$	3, 5
dopplerowska szerokość połówkowa linii H $\alpha$ włókna $\Delta\lambda_{D2}$	0,460 Å
grubość optyczna włókna $t_0$	5, 10, 30
dopplerowska szerokość połówkowa linii H $\alpha$ chromosfery $\Delta\lambda_{D1}$	0,330 Å
szerokość włókna d	6000 km
długość włókna l	600000 km
wysokość włókna nad chromosferą h	0 ± 10000 km

dla odległości heliocentrycznych  $\sin\theta = 0,5 \div 0,95$  zmienia się od 1,02 do 1,30 dla różnych włókien ( $\theta$  jest kątem pomiędzy kierunkiem ku obserwatorowi a wertykalną osią z).

Podobnym tropem poszli inni radzieccy naukowcy R. Kostik i T. Orlova, którzy w 1975 r. poparli wnioski swoich poprzedników obliczeniami teoretycznymi, choć ich teoretyczne wyniki ilościowe nieznacznie różniły się od danych obserwacyjnych. Wyszli oni z założenia, iż promieniowanie opuszczające fotosferę (będącą najniższą warstwą atmosfery słonecznej i ulokowaną pod chromosferą) jest odbijane przez włókno w kierunku chromosfery, po czym emitowane ponownie w wyższe warstwy atmosfery (tzw. efekt koca, czyli blanketingu). Celem kalkulacji było wyznaczenie wielkości  $I_2$  z rysunku 3, czyli natężenia promieniowania jasnej obwódki.

Przy określaniu wartości parametrów obliczeń w sposób opisany w tabeli 3 oraz przyjmując typowe dla zagadnień związanych z protuberancjami wartości parametrów opisujących przepływ promieniowania, obliczyli oni kontrast jasnej obwódki (czyli stosunek jej jasności do jasności przyległego obszaru chromosfery) w zależności od miejsca jej występowania na tarczy słonecznej, wysokości włókna nad chromosferą oraz grubości optycznej włókna

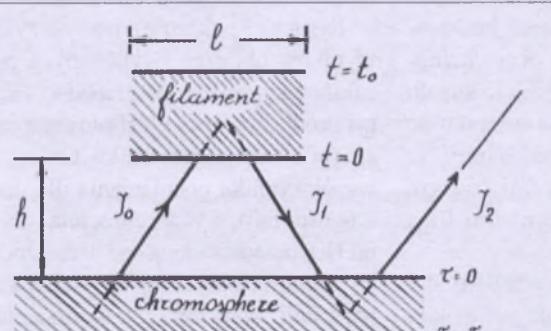
(grubość optyczną dla danej długości fali  $\rho$ , definiuje się w sposób następujący:  $d\tau_i = -k_i \rho dz$ , gdzie  $k_i$  jest współczynnikiem pochłaniania promieniowania (na gram) w danej długości fali,  $\rho$  gęstością materii, zaś z współrzędną wertykalną).

Rysunek 4 przedstawia kontrast jasnej obwódki w funkcji odległości heliocentrycznej  $\sin\theta$  dla trzech wybranych grubości optycznych włókna, podczas gdy rysunek 5 prezentuje zależność kontrastu od wysokości włókna nad chromosferą. Wnioski wypływające z obu wykresów są następujące:

- Im większa jest grubość optyczna włókna, tym jaśniejsza jest obwódka.
- Dla włókien o takiej samej grubości optycznej ich jasna obwódka jest tym jaśniejsza, im włókno znajduje się bliżej brzegu tarczy Słońca.
- Dla odległości heliocentrycznych  $0,0 < \sin\theta < 0,6$  jasne obwódki osiągają tym wyższy kontrast, im ich włókna są zawieszone niżej nad chromosferą.
- Dla odległości heliocentrycznych  $0,6 < \sin\theta < 0,9$  kontrast jasnych obwódek osiąga maksimum dla włókien znajdujących się ok. **1000 km** nad chromosferą.
- Maksymalny kontrast dowolnej jasnej obwódki wynosi ok. **1,4**.

W 1988 r. znany amerykański heliophysyk H. Zirin sformułował hipotezę, zgodnie z którą jasna obwódka jest wynikiem wzrostu natężenia emisji chromosfery otaczającej nogi protuberancji w wyniku odbicia przez nią części promieniowania chromosferycznego i skierowania go z powrotem do chromosfery, czyli lokalnego przegrzania chromosfery.

Nowy pomysł na wyjaśnienie pochodzenia jasnej obwódki przedstawił w tym samym roku Norweg O. Engvold.



Rys. 3. Geometria teoretycznego modelu jasnej obwódki obliczonego przez R. Kostika i T. Orlovej. Poszczególne litery oznaczają:

$l$  — długość włókna  
 $h$  — wysokość włókna nad chromosferą  
 $t$  — grubość optyczna włókna  
 $\tau_0$  — grubość optyczna chromosfery  
 $I_0$  — natężenie promieniowania chromosfery  
 $I_1$  — natężenie promieniowania odbitego przez włókno w kierunku chromosfery  
 $I_2$  — natężenie promieniowania jasnej obwódki

Rysunek pochodzi z pracy: Kostik, R. I. i Orlova, T. V., 1975, Solar Phys., 45, 119

Zjawisko to miałoby być efektem lokalnego podgrzania materii w stopach protuberancji, spowodowanego przełączaniem okolicznych pól magnetycznych. Podczas procesu przełączania pól magnetycznych (rekoneksja) ich energia zmienia się w energię termiczną.

Inną ideę zaproponowali w 1990 r. P. Heinzel, E. Kononovich i O. Smirnova. Występowanie jasnej obwódki przypisali swego rodzaju optycznej iluzji, spowodowanej niską rozdzielną optyczną obrazów włókien w linii H $\alpha$ . Ich tok rozumowania był następujący. Jasność jasnych obwódek jest wyższa od jasności tzw. średniej chromosfery, ale wydaje się ona porównywalna z jasnością jasnych obszarów chromosfery, znajdujących się pomiędzy ciemnymi strukturami siatki chromosferycznej. Ponieważ pod włóknem nie ma żadnych ciemnych struktur, dlatego też ich brak powoduje pozorne podwyższenie kontrastu jasnych obwódek. Efekt ten jest szczególnie widoczny przy brzegu tarczy słonecznej i słaboauważalny przy jej środku.

Kolejny pomysł rozwiązania zagadki tworzenia się jasnych obwódek (podobny do idei O. Engvolda) przedstawili w 1994 r. E. Kononovich, O. Smirnova, P. Heinzel i P. Kotrč. Bazaując na filtrogramach wykonanych w linii H $\alpha$  w High-Altitude Tjan-Shan Observatory of Sternberg Astronomical Institute koło Alma Aty oraz używając

profilów linii spektralnych z Sacramento Peak Vacuum Tower Telescope, stwierdzili, iż powstanie jasnych obwódek jest efektem lokalnego magnetohydrodynamiczne (MHD) podgrzewania plazmy przy stopach włókna. Źródłem energii wykorzystywanej w procesie grzania jest przełączanie pól magnetycznych. Jasne obwódkie znajdują się więc w podstawach struktur magnetycznych podtrzymujących włókna.

Rysunek 6 uwidacznia, iż obszary o minimalnych ja-

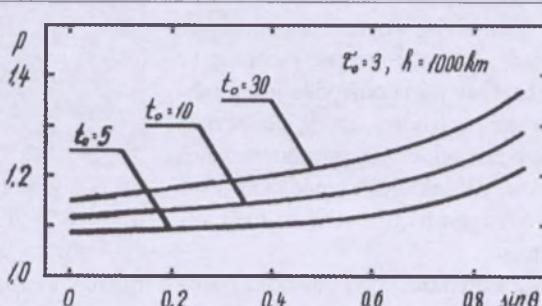
snościach w kanale włókna (kółka ze znakiem ujemnym) układają się równolegle do obszarów o maksymalnych jasnościach na brzegach włókna (kółka ze znakiem dodatnim), co sugeruje ich geometryczne podobieństwo. Struktura ta jest odbiciem konfiguracji pola magnetycznego podtrzymującego włókno. Pole może być słumione na szczytach pętli i wzmacniane przy jego podstawach,

czyli stopach. W ten sposób kształtuje się warunki umożliwiające pojaśnienie brzegów włókna o 25%, przy równoczesnym pociemnieniu kanału włókna o 40% w stosunku do otaczającej chromosfery, w danej długości fali (w tym przypadku w centrum linii H $\alpha$ ).

W 1995 r. wydawało się, że jasne obwódkie zaczynają wreszcie odsłaniać swoje tajemnice. Wtedy to P. Heinzel wraz ze współpracownikami ustalili, że zjawisko to stanowi naturalny efekt dyfuzji promieniowania w materii włókna (modelowanego jako jednowymiarowa warstwa plazmy, tzw. model 1D, w stanie braku lokalnej równowagi termodynamicznej (NLTE) podczas formowania się widma wodo-

Tab. 4. Parametry przyjęte do obliczeń funkcji źródła S włókna w modelu P. Heinzela, P. Kotrča, Z. Mouradiana i G. Buyuklieva

Nazwa parametru	Wartość parametru
temperatura włókna T	8000 K
ciśnienie włókna P	0,3 dyn/cm <sup>2</sup>
prędkość mikroturbulencji v <sub>t</sub>	5 km/s
grubość optyczna włókna t <sub>0</sub>	15

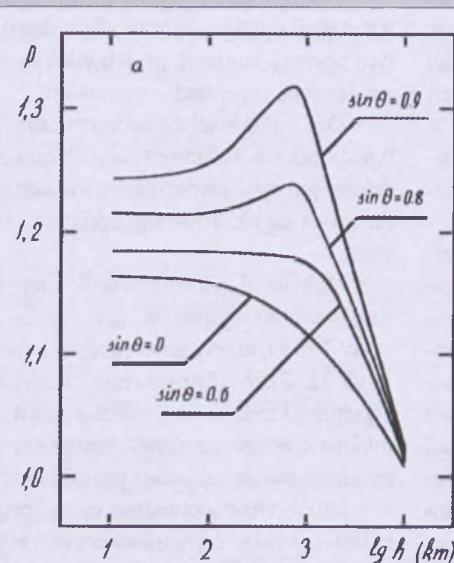


Rys. 4. Wykres teoretyczny natężenia emisji  $p$  jasnej obwódki w funkcji odległości heliocentrycznej  $\sin C$ , dla włókna o różnych grubościach optycznych  $t_0$  ( $\delta_0$  oznacza grubość optyczną chromosfery, a  $h$  wysokość włókna nad chromosferą w kilometrach).

Rysunek pochodzi z pracy: Kostik, R. I. i Orlova, T. V., 1975, Solar Phys., 45, 119

rowego) ułożonego równolegle ponad powierzchnią chromosfery i podgrzewanego od dołu przez jej promieniowanie. Co więcej, wyjaśnili oni, dlaczego niektóre włókna nie posiadają jasnych obwódek. Otóż im włókno jest grubsze optycznie, tym więcej odbija promieniowanie, dlatego zbyt cienkie optycznie włókna odbijają za mało promieniowania, aby w dostrzegalny sposób mogła się zwiększyć jasność obszaru, w którym formuje się jasna obwódka.

Rysunek 7 pokazuje typowy przykład wyników obliczeń (wykonanych przy założeniach opisanych w tabeli 4). Funkcja źródła  $S$  (ogólnie definiowana jako stosunek współczynnika emisji do współczynnika pochłaniania dla danej długości fali), wyznaczona tutaj dla linii H $\alpha$ , przedstawiona jest w zależności od grubości optycznej włókna w centrum linii. Wyrażona jest w procentach natężenia promieniowania środka tarczy słonecznej w kontinuum dookoła linii H $\alpha$ . Linie poziome pokazują natężenie promieniowania w centrum linii H $\alpha$  spokojnej chromosfery na środku tarczy słonecznej (16,9%) oraz blisko brzegu (ok. 13%), stosownie do pociemnienia brzegowego. Ponieważ grubość optyczna rośnie w głąb atmosfery, więc widać, że funkcja źródła rośnie w kierunku ku dolnej powierzchni włókna. Przecięcia pionowych przerywanych linii z linią



Rysunek 5. Wykres teoretyczny natężenia emisji  $p$  jasnej obwódki w funkcji wysokości  $h$  włókna nad chromosferą, dla włókna o różnych odległościach heliocentrycznych  $\sin C$ .

Rysunek pochodzi z pracy: Kostik, R. I. i Orlova, T. V., 1975, Solar Phys., 45, 119

wyznaczającą funkcję źródłową określają natężenie promieniowania w centrum linii H $\alpha$  przy dolnej powierzchni włókna (7–8%, punkt B) i przy górnej powierzchni włókna (17%, punkt T). Jak widać, natężenie promieniowania przy spodzie włókna jest prawie identyczne z natężeniem promieniowania środka tarczy słonecznej i jest o ok. 4% wyższe od natężenia promieniowania obszarów chromosfery położonych blisko brzegu Słońca.

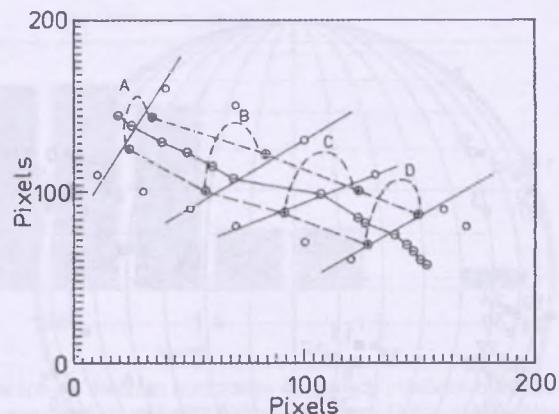
Niestety, nadzieje na przełom trwały krótko. Co prawda, dobra zgodność tego modelu z obserwacjami wskazywałaby, iż efekt jasnej obwódki można by w naturalny sposób wyjaśnić wyłącznie w oparciu o dyfuzję promieniowania linii H $\alpha$  w ułożonym horyzontalnie włóknie, ale już w 1997 r. francuski astronom F. Paletou (notabene doktorant Heinzel'a) przeprowadził nowe obliczenia transferu promieniowania we włóknach, używając dwuwymiarowego modelu włókna (2D), i obalił wnioski Heinzel'a.

Najnowsze statystyczne opracowanie właściwości jasnych obwódek zostało opublikowane w 2006 r. przez mnie i Pawła Rudawego z Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego.

mickiego Uniwersytetu Wrocławskiego. Bazując na obserwacjach prowadzonych w obserwatorium w Białkowie w latach 1998–2002 za pomocą spektrografia MSDP, zbadaliśmy czterdziestu dwie jasne obwódki. Przegląd ten pozwolił nam zaktualizować spojrzenie na właściwości tych obiektów.

Powszechnie akceptowany wydaje się fakt, iż jasne obwódki mogą występować na całej tarczy słonecznej (rys. 8).

Dyskusyjna pozostaje jedynie ich lokalizacja w obszarach okołobiegunkowych. Teoretycznie trudno znaleźć przyczynę fizyczną zabraniającą jasnym obwódkom formowania się powyżej +40° i poniżej –40° szerokości heliocentrycznej, niemniej jednak na tychże obszarach nikt jeszcze nie zaob-



Rys. 6. Struktura pola magnetycznego podtrzymującego włókno i pola magnetycznego w kanale włókna. Kółka za znakiem „–” oznaczają lokalne wartości minimum jasności, punkty ze znakiem „+” lokalne wartości maksimum jasności, a puste kółka tło.

Rysunek pochodzi z pracy: Kononovich, E. V., Smirnova, O. B., Heinzel, P. i Kotrč, P., 1994, w V. Rušin, P. Heinzel i J.-C. Vial (eds.), *Solar Coronal Structures, Proc. IAU Colloq.*, 144, 365

serwował tego zjawiska. Nie pozostawia wątpliwości co do swojej prawdziwości stwierdzenie, iż właściwości jasnych obwódek nie zależą od miejsca ich występowania. Cechy jasnych obwódek umiejscowionych np. w obszarach aktywnych nie różnią się od cech jasnych obwódek znajdujących się poza takimi obszarami. Oczywiście jest również brak związku z przypisaniem jasnej obwódki do konkretnego typu włókna. Jak wynika z obserwacji, jasne obwódki mogą występować przy dowolnym typie protuberancji, niezależnie od jej stopnia aktywności, kształtu czy rodzaju.

Nierozstrzygniętą kwestią pozostaje natomiast wielkość pojaśnienia jasnej obwódki. Opracowane dotychczas modele teoretyczne tego zjawiska, w szczególności obliczenia wykonane w 1975 r. przez R. Kostika i T. Orlovą, ustawiają górną granicę jasności jasnej obwódki na 140% jasności spokojnej średniej chromosfery. Trudno jednakże uznać tę wartość za niepodważalną cenzurę, ponieważ obserwuje się jasne obwódki, których kontrast przekracza 1,4 — w naszym przeglądzie zanotowaliśmy sześć takich przypadków.

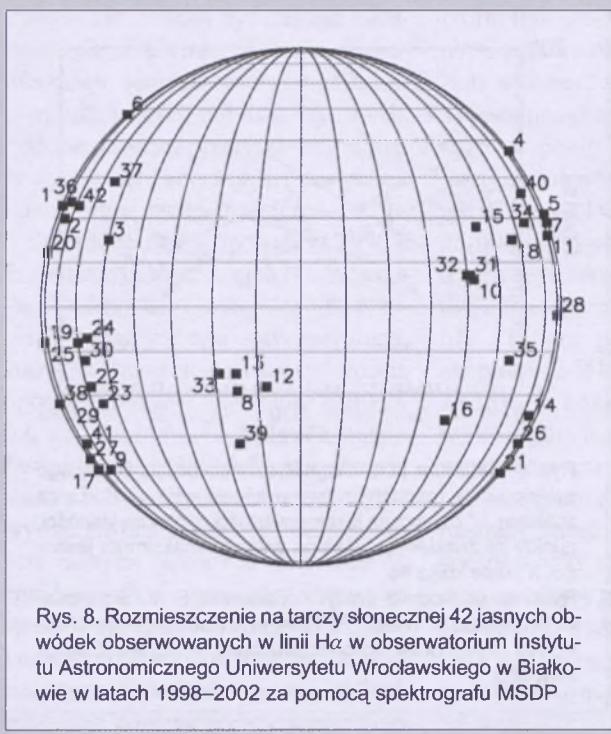
Profile jasnych obwódek obserwowanych w linii H $\alpha$  nie pozwalają na ich jednoznaczna identyfikację rodzaju pojaśnienia. Są one bardzo podobne do profili uzyskanych w miejscach, w których widać zwykłe pojaśnienia w chromosferze. Mając do dyspozycji sam profil i nie wiedząc, w jakim miejscu dysku słonecznego

Tab. 5. Główne właściwości czterdziestu dwóch jasnych obwódek obserwowanych w linii H $\alpha$  w obserwatorium Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego w Białkowie w latach 1998–2002 za pomocą spektrografia MSDP

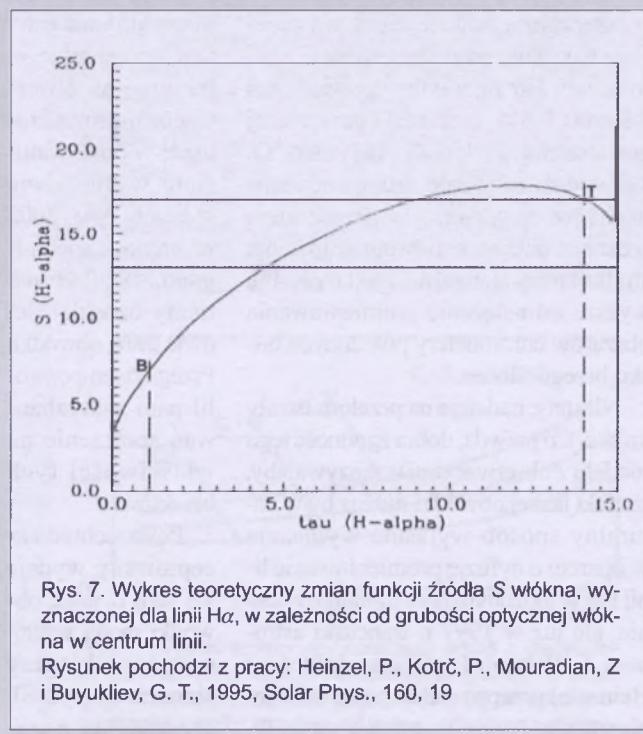
	Minimum	Maksimum	Średnia	Odczytanie standardowe
kontrast	1,16	1,51	1,28	0,08
FWHM [Å]	0,85	1,41	1,18	0,1
prędkość [km/h]	-3,06	1,86	-0,27	1,05
FWHM – szerokość połówkowa profilu				

Tab. 6. Przynależność jasnych obwódek wg różnych autorów

Autor	Przynależność	Rok sformułowania stwierdzenia
L. i M. d'Azambuja	włókno	1948
E. Gurvenko i A. Rakhubovskiy	chromosfera	1963
R. Kostik i T. Orłowa	chromosfera	1975
H. Zirin	chromosfera	1988
O. Engvold	chromosfera	1988
P. Heinzel, E. Kononovich i O. Smirnova	chromosfera	1990
E. Kononovich, O. Smirnova, P. Heinzel i P. Kotrč	chromosfera	1994
P. Heinzel, P. Kotrč, Z. Mouradian i G. Buyukliev	włókno	1995
P. Rudawy i B. Rompolt	chromosfera	1999
J. Osarczuk i P. Rudawy	chromosfera	2006



Rys. 8. Rozmieszczenie na tarczy słonecznej 42 jasnych obwódek obserwowanych w linii  $H\alpha$  w obserwatorium Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego w Białkowie w latach 1998–2002 za pomocą spektrografu MSDP



Rys. 7. Wykres teoretyczny zmian funkcji źródła S włókna, wyznaczonej dla linii  $H\alpha$ , w zależności od grubości optycznej włókna w centrum linii.

Rysunek pochodzi z pracy: Heinzel, P., Kotrč, P., Mouradian, Z i Buyukliev, G. T., 1995, Solar Phys., 160, 19

go został on wyznaczony, praktycznie nie można określić typu obiektu stanowiącego źródło jego pochodzenia. Jednak pewne wspólne cechy profili jasnych obwódek da się wyróżnić:

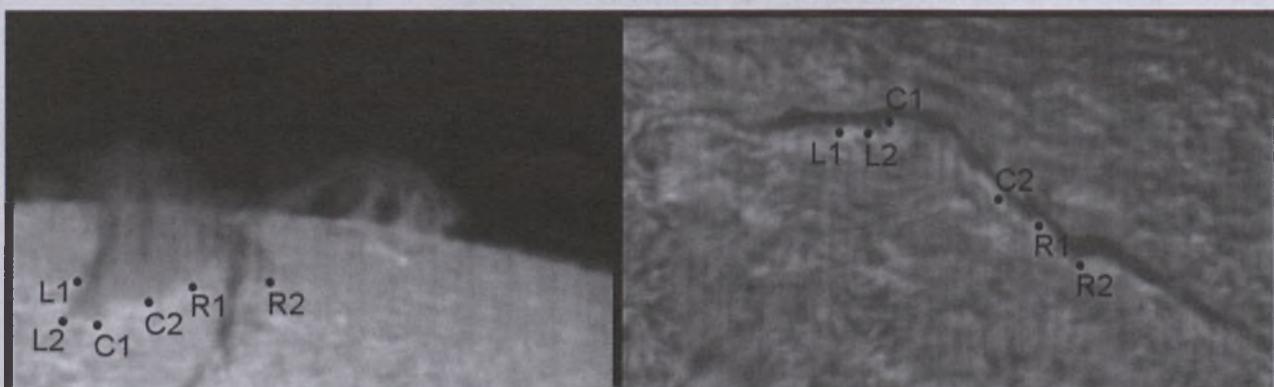
1. Zdecydowana większość profili jest asymetryczna.
2. Szerokość profili jest podobna lub nieco większa niż szerokość profili emisji spokojnej chromosfery.
3. Podwyższenie emisji promieniowania może występować zarówno w czerwonym, jak i w niebieskim skrzydle linii.
4. Żadne ze skrzydeł linii nie posiada preferencji związanych z podwyższaniem emisji promieniowania.
5. Niektóre profile posiadają częściowo lub całkowicie wypłaszczone dno.
6. Przesunięcie dopplerowskie profili nie przekracza kilku kilometrów na sekundę.

Rysunek 9 przedstawia dwie jasne obwódki: pierwsza widoczna jest pod protuberancją, druga otacza włókno. Punkty zaznaczone pod oboma obiekttami reprezentują miejsca, w których zostały wyznaczone profile pokazane na rys. 10 (dla protuberancji) i rys. 11 (dla włókna). Uzyskane wykresy pozwalają wyznaczyć różne parametry jasnych obwódek, w tym prędkość makroskopową (przesunięcie dopplerowskie) w mierzonym punkcie.

Główne właściwości jasnych obwódek przebadanych w ramach naszego przeglądu są przedstawione w tabeli 5. Chciałbym zwrócić uwagę na dwa fakty. Średni kontrast na poziomie **1,28** (rys. 12) jest zgodny z wynikami uzyskanymi poprzednio przez różnych badaczy. Zarejestrowaliśmy jednak także kontrast o wartości **1,51!** Przy uwzględnieniu faktu, że w pięciu in-

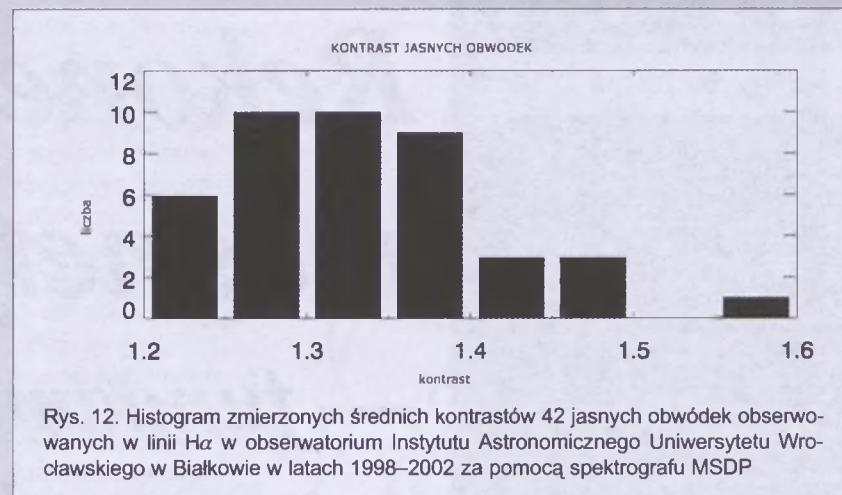
nych punktach jasnych obwódek wykryliśmy kontrasty o wartości ponad **1,4**, świadczy to o tym, że tak wysokie kontrasty nie są wynikiem ewentualnych błędów pomiarowych, lecz naprawdę istnieją.

Druga kwestia to zmierzone prędkości radialne. Uśredniona wartość dla wszystkich badanych czterdziestu dwóch jasnych obwódek jest bliska零. Wynik ten może sugerować przynależność jasnych obwódek do chromosfery, jednak nie jest to argument w żadnej mierze wystarczający do wydawania jednoznacznych sądów. Interpretacja naszych własnych wyników, jak również pozostałych wyników uzyskanych do tej pory przez różnych autorów, skłania nas do twierdzenia, iż jasna obwódka nie jest częścią włókna, lecz umiejscowiona jest w chromosferze. Jednakże to wyłącznie nasza osobista opinia.



Rys. 9. Dwie jasne obwódki: pierwsza pod protuberancją obserwowaną 13 maja 2000 r., druga otacza włókno obserwowane 9 maja 2001 r. Zarówno protuberancja, jak i włókno są położone poza obszarem aktywnym. Punkty zaznaczone pod oboma obiekttami reprezentują miejsca, w których zostały wyznaczone profile widoczne na rys. 3 i rys. 4

Mimo iż historia badań jasnych obwódek liczy już prawie 90 lat, to literatura na ten temat jest niezwykle uboga. Liczba publikacji naukowych nie sięga nawet dwudziestu. Kilkanaście prac naukowych, które powstały, poszerzyły wiedzę o jasnych obwódkach, nie czyniąc jednakże żadnej rewolucji. Kluczowy problem: czym jest i gdzie znajduje się jasna obwódka, pozostaje wciąż nierozstrzygnięty (w tabeli 6 zestawiono stanowiska różnych astronomów dotyczące umiejscowienia jasnych obwódek). Dopiero uzyskanie odpowiedzi na to pytanie pozwoli stworzyć poprawny model teoretyczny jasnej obwódki. Toteż na razie żadna z hipotez wyjaśniająca pochodzenie jasnej obwódki nie

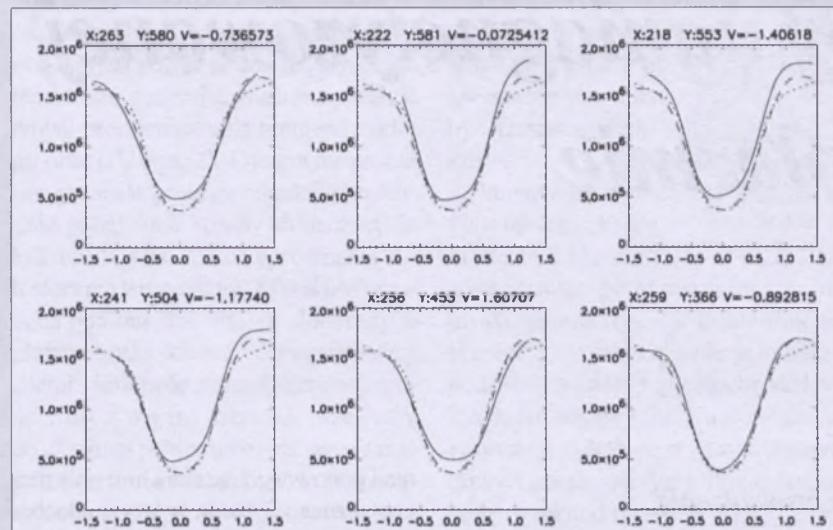


Rys. 12. Histogram zmierzonych średnich kontrastów 42 jasnych obwódek obserwowanych w linii  $H\alpha$  w obserwatorium Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego w Białkowie w latach 1998–2002 za pomocą spektrografa MSDP

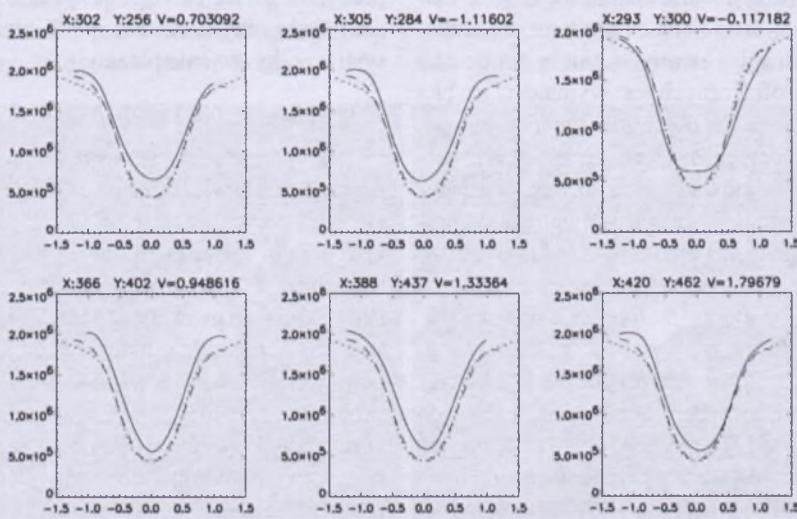
zyskała powszechniej akceptacji ani nawet nie zdobyła przewagi nad pozosta-

łymi. Podstawowym — i w zasadzie jedynym — sposobem pozwalającym określić właściwości i położenie jasnych obwódek byłaby analiza ich obserwacji spektralnych i filtrogramowych o wysokiej rozdzielcości. Być może udałoby się wtedy ustalić jakieś charakterystyczne cechy emisji, w szczególności odróżniające jasne obwódkie od pochodzących chromosferycznych. Opierając się na analizie profili linii  $H\alpha$ , rzadko można jednoznacznie zakwalifikować rozpatrywane pojaśnienie jako jasną obwódkę. Najczęściej różnice profili emisji w linii  $H\alpha$  jasnej obwódki i zwykłego pojaśnienia chromosferycznego są minimalne.

Różnorodność form oraz nieregularne cechy jasnych obwódek znacznie utrudniają wyjaśnienie ich istoty. Ponadto stosunkowo skąpe dane obserwacyjne, jak również trudności teoretyczne przy interpretacji wyników, stanowią dodatkowe przeszkody na drodze do odkrycia ich natury. Trudno zatem prognozować, kiedy Słońce odsłoni przed nami tę pieczęciowicie skrywaną tajemnicę, ale badania posuwają się naprzód, w związku z czym należy mieć nadzieję, że zaowocują one przynajmniej częściowym rozwiązaniem zagadki. Osobiście jestem optymistą i uważam, iż ta tajemnica zostanie wydarta Słońcu (przynajmniej w dużym stopniu) już niebłogo...



Rys. 10. Profile linii widmowej  $H\alpha$  wyznaczone w punktach L1, L2, C1, C2, R1 i R2 jasnej obwódki pod protuberancją z rys. 2 (lewy panel). Linia przerywaną oznaczono średni profil przylegającej spokojnej chromosfery. Linią kropkowaną oznaczono tzw. średni profil chromosfery wg Davida (wyznaczony przez tego badacza w 1961 r.).



Rys. 11. Profile linii widmowej  $H\alpha$  wyznaczone w punktach L1, L2, C1, C2, R1 i R2 jasnej obwódki pod włóknem z rys. 2 (prawy panel). Linia przerywaną oznaczono średni profil przylegającej spokojnej chromosfery. Linią kropkowaną oznaczono tzw. średni profil chromosfery wg Davida (wyznaczony przez tego badacza w 1961 r.).

*Autor jest heliofizykiem wrocławskim pracującym obecnie poza Instytutem Astronomicznym. Interesuje się fizyką atmosfery Słońca i w tej dziedzinie przygotowuje rozprawę habilitacyjną. Jest aktywnym popularyzatorem astronomii*

# Rekoneksja magnetyczna — fundamentalny proces zachodzący w namagnetyzowanej plazmie

## Wprowadzenie

Warunek wzmrożenia pola w plazmę jest doskonałym przybliżeniem dla typowego ośrodka astrofizycznego, w którym oporność omówia plazmy jest bardzo mała. Oznacza to, że pole magnetyczne porusza się wraz z plazmą. Z drugiej strony w wielu procesach astrofizycznych jest wymagana szybka zmiana topologii pola magnetycznego, m. in. w pracy dynamo czy też w procesie formowania gwiazd. Jak zatem dochodzi do złamania warunku pola wzmrożonego w plazmę w ośrodku o bardzo małej oporności? Okazuje się, że do szybkiej zmiany topologii pola magnetycznego prowadzi rekoneksja magnetyczna. Jest ona również jednym z najbardziej wydajnych procesów, w których energia zgromadzona w polu magnetycznym jest przekształcana w energię kinetyczną i termiczną. Zjawisko rekoneksji magnetycznej następuje wtedy, gdy przetną się dwie przeciwnie skierowane linie pola magnetycznego. W wyniku tego procesu dochodzi do rozwarcze-

nia i ponownego łączenia linii pola magnetycznego. Obszar, w którym dochodzi do spotkania linii pola magnetycznego o przeciwniej polarności, nazywamy obszarem rekoneksji. W obszarze tym następuje nie tylko anihilacja pola magnetycznego, ale również przyśpieszenie naładowanych cząstek, jak i intensywne podgrzewanie plazmy.

## Wszechobecna rekoneksja

Pole magnetyczne jest wszechobecne we Wszechświecie, zatem i rekoneksja magnetyczna powinna być po-wszechnym zjawiskiem zachodzącym w plazmie. Potwierdzają to obserwacje najbliższej nam gwiazdy, Słońca. Wskazują one, że rekoneksja magnetyczna jest odpowiedzialna za powstanie rozbłyśków słonecznych i powiązanych z nimi koronalnych wyrzutów masy, a także za podgrzewanie korony słonecznej. Zjawisko rekoneksji magnetycznej na Słońcu można opisać w następujący sposób: pole magnetyczne, nieustannie produkowane w warstwie konwektywnej Słońca, jest unoszone wraz z plazmą ponad

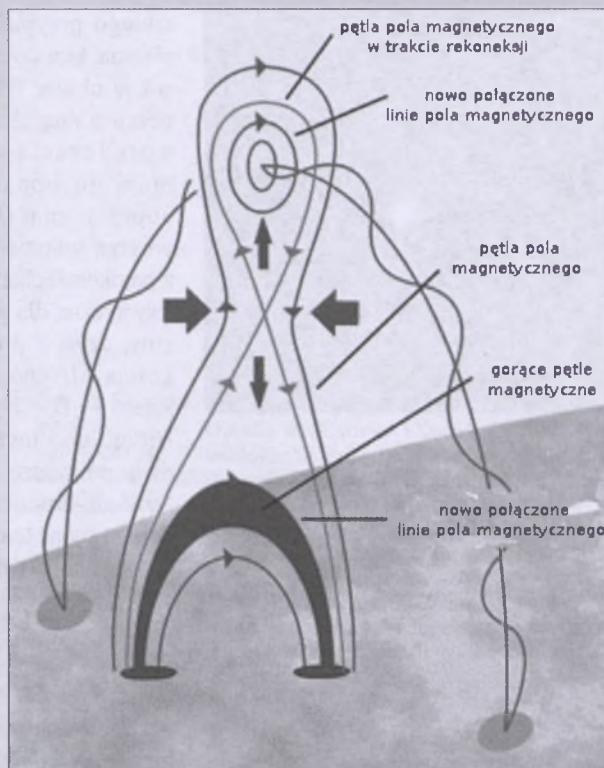
Źródło: plasma.physics.ucla.edu/

jego powierzchnię (rys. 1). Pętla pola magnetycznego w miarę oddalania się od Słońca ulega rozciągnięciu, w wyniku czego dochodzi do rekoneksji. Energia zgromadzana w polu magnetycznym zostaje uwolniona, co widoczne jest jako rozbłysk słoneczny. Powstają dwie nowe pętle pola magnetycznego, które wraz z podgrzaną plazmą zostają wyrzucone z obszaru rekoneksji w przeciwnych kierunkach. Jedna z nowo powstałych pętli oddala się od Słońca i jest obserwowana przez nas jako koronalny wyrzut masy. Z kolei druga porusza się w kierunku Słońca i tworzy niewielkich rozmiarów pętle pola magnetycznego. Powtarzający się proces rekoneksji powoduje powstanie arkad pętli magnetycznych, zakotwiczonych w Słońcu. Dodatkowo, w obszarze rekoneksji plazma jest rozgrzewana do wysokich temperatur, generując gwałtowny wzrost emisji promieniowania rentgenowskiego oraz UV (rys. 2). Energia termiczna powstająca w procesie rekoneksji powoduje podgrzanie korony słonecznej do kilku milionów K (dla porównania fotosfera ma temperaturę 6000 K). Wyrzucona podczas rozbłysków słonecznych plazma może dotrzeć do magnetosfery Ziemi i jeśli pole magnetyczne unoszone wraz z nią ma kierunek przeciwny do kierunku pola magnetycznego w magnetosferze, to może dojść do rekoneksji magnetycznej.

W powyżej opisanych procesach zjawisko rekoneksji magnetycznej jest wyjaśnione nie tylko teoretycznie, ale również obserwacyjnie. Wiele innych procesów astrofizycznych nie może zachodzić bez rekoneksji magnetycznej. Przykładowo w teorii dynama galak-

tycznego zakładamy, że rekoneksja magnetyczna jest odpowiedzialna za łączenie się drobno-skalowych pól magnetycznych w wielkoskalowe struktury. W procesie formowania gwiazd rekoneksja magnetyczna powoduje usunięcie nadmiaru pola magnetycznego z obłoku molekularnego, z którego powstaje gwiazda. W przeciwnym wypadku wartość pola magnetycznego obserwowanego w młodych gwiazdach powinna być znacznie większa.

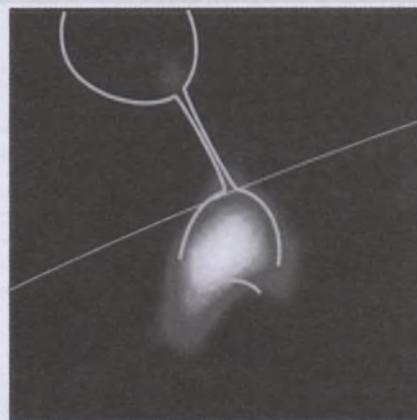
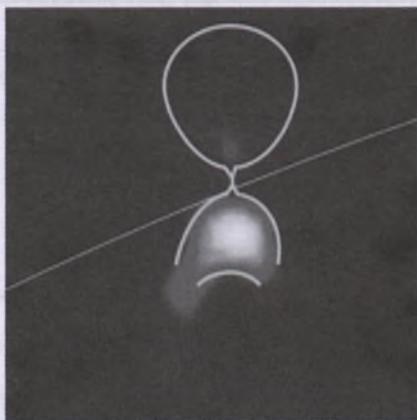
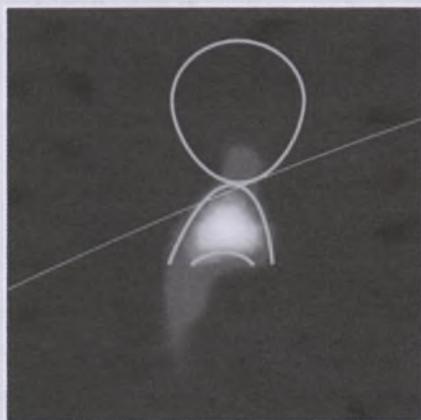
Innym ciekawym zjawiskiem, które może być również spowodowane przez rekoneksję, są rozbłyski gamma (rys. 3). Te najsielniejsze eksplozie we Wszechświecie możemy podzielić na dwie grupy. Rozbłyski krótkie, które trwają krócej niż 2 sekundy i powstają w trakcie wybuchów supernowych, oraz rozbłyski długie, trwające od 2 sekund do około minuty i emitowane przez magnetary lub w trakcie zlewania się gwiazdy neutronowej z czarną dziurą. We wszystkich teoriach próbujących wyjaśnić rozbłyski gamma pole magnetyczne gra istotną rolę. Jeśli pole magnetyczne jest wystarczająco silne (np. magnetary posiadają bardzo



Rys. 1. Schematyczny obraz rekoneksji magnetycznej zachodzącej na Słońcu. Źródło: NASA

silne pole magnetyczne rzędu  $10^{14}$  G), to energia w nim zgromadzona może spowodować wysokoenergetyczny rozbłysk. W tym celu musi oczywiście dojść do szybkiego uwolnienia energii zgromadzonej w polu magnetycznym, czyli do zjawiska rekoneksji.

Reasumując, obserwacje Słońca, jak i eksperymenty przeprowadzane w laboratoriach (np. tokamak, rys. 4) jednoznacznie potwierdzają istnienie zjawiska rekoneksji. Zatem obecnie nie ma już wątpliwości, czy rekoneksja magnetyczna istnieje, ale jedynie dyskutuje się, w jaki sposób zachodzi.



Rys. 2. Zdjęcia obszaru, w którym dochodzi do rozbłysku słonecznego, wykonane przez satelitę RHESSI w pasmie promieniowania rentgenowskiego. Jasne kolory odpowiadają obszarom promieniującym najintensywniej. Na zdjęcia został nałożony schematyczny przebieg linii pola magnetycznego w czasie rekoneksji. W pobliżu obszaru rekoneksji dochodzi do podgrzania plazmy (najjaśniejszy obszar w centrum obrazka). Dodatkowo, na dwóch ostatnich zdjęciach widać, że od Słońca zostaje oderwany i wyrzucony gorący obłok plazmy. Źródło: NASA



Rys. 3. GRB 090423 — rozbłysk gamma odkryty przez kosmiczne obserwatorium Swift 23 kwietnia 2009 r. Na podstawie przesunięcia linii widmowych promieniowania ku czerwieni z  $\sim 8,2$  oszacowano, że rozbłysk miał miejsce ok. 630 mln lat po Wielkim Wybuchu. W czasie rozbłysku jest uwalniana ogromna ilość energii. Jedna z hipotez mówi, że rozbłyski te są powodowane przez proces rekoneksji magnetycznej, w którym energia zgromadzona w polu magnetycznym przekształcana jest w energię termiczną. Źródło: NASA

### Modele rekoneksji magnetycznej

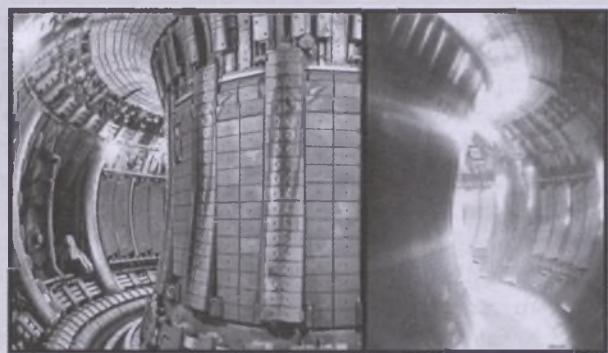
Pierwszy teoretyczny model rekoneksji magnetycznej został zaproponowany niezależnie przez Sweeta (1958) i Parkera (1957). W modelu tym dochodzi do spotkania dwóch przeciwnie skierowanych linii pola magnetycznego w obszarze o długości  $L$ . Pole magnetyczne jest wmrzane w plazmę w całym obszarze oprócz cienkiego paska o szerokości  $\delta$ , w którym dyfuzja magnetyczna  $\eta$  nie jest zaniedbywalna. Zatem obszar rekoneksji jest zdefiniowany poprzez długość  $L$  i szerokość  $\delta$  (rys. 5). Lokalną prędkość, z jaką dochodzi do zmiany topologii pola magnetycznego i uwolnienia energii magnetycznej, nazywamy tempem rekoneksji  $V_r$ , które dane jest przez:  $V_r = \eta/\delta$ . Rozważamy rekoneksję stacjonarną, czyli taką, w której prędkość  $V_r$  się nie zmienia. Dla

takiego przypadku plazma, która wpływa w obszar rekoneksji o długości  $L$  z prędkością  $V_r$ , musi go opuścić poprzez znacznie większą warstwę  $\delta$  z prędkością charakterystyczną dla plazmy, czyli z prędkością Alfvéna  $V_A$ , zatem  $V_r L = V_A \delta$ . Biorąc pod uwagę dwie powyższe zależności, dostajemy dobrze znane tempo rekoneksji Sweeta-Parkera:

$$V_r^{SP} = V_A S^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

gdzie  $S \equiv LV/\eta$  jest bezwymiarową liczbą Lindquista, którą porównać można z hydrodynamiczną liczbą Reynoldsa. Podstawiając do równania (1) realne wartości liczby Lindquista,  $S = 10^{20}$  dla galaktyk lub  $S = 10^{10}$  dla gwiazd, otrzymujemy zaniedbywalne wartości tempa rekoneksji:  $V_r^{SP} = 10^{-10} V_A$  (galaktyki) i  $V_r^{SP} = 10^{-3} V_A$  (gwiazdy). Porównując te wartości z obserwowanym tempem rekoneksji magnetycznej na Słońcu  $V_r = 0,1 V_A$  widzimy, że model Sweeta-Parkera jest zbyt wolny, by wyjaśnić rozbłyski słoneczne. Również dynamo galaktyczne nie byłoby w stanie odtworzyć obserwowanych pól magnetycznych, gdyby rekoneksja zachodziła zgodnie z modelem Sweeta-Parkera.

Próby przyśpieszenia modelu Sweeta-Parkera doprowadziły do powstania modelu rekoneksji zaproponowanego przez Petscheka w latach 60. Stwierdziono, że rekoneksja magnetyczna zachodzi w obszarze, którego wymiary we wszystkich kierunkach zależą od współ-

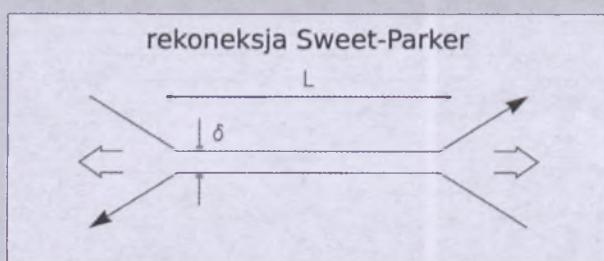


Rys. 4. Tokamak jest urządzeniem zbudowanym z pierścieniowej komory próżniowej, w centrum której znajduje się potężna cewka magnetyczna. Można w nim wytwarzać gorącą plazmę i prowadzić badania m. in. nad procesem rekoneksji magnetycznej. Na zdjęciu jest widoczny tokamak JET znajdujący się w Wielkiej Brytanii. Źródło: Joint European Torus

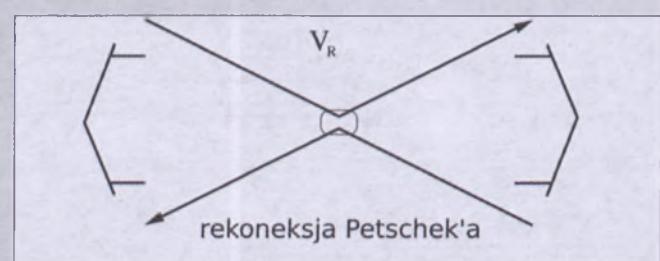
czynnika dyfuzji, zatem  $L \approx \delta$  (rys. 6). Dla takiej konfiguracji tylko małe fragmenty linii pola magnetycznego biorą udział w rekoneksji, podczas gdy pozostałe fragmenty są wmrzane w plazmę. Linie pola magnetycznego tworzą strukturę typu  $X$  (rys. 6), która pozwala na szybki wypływ plazmy i pola magnetycznego z obszaru rekoneksji. To powoduje, że otrzymane tempo rekoneksji dla modelu Petscheka

$$V_r^P = \frac{V_A}{\ln S} \quad (2)$$

jest zbliżone do wartości obserwowanych. Niestety, symulacje numeryczne, jak i dalsza analiza teoretyczna pokazały, że rekoneksja Petscheka może zachodzić tylko w bardzo specyficznych warunkach. Przykładowo, model ten jest stabilny dla ośrodka bezkolizyjnego, w którym długość obszaru rekoneksji nie przekracza około 50 średnich dróg swobodnych elektronu. Ten warunek nie może być spełniony w wielu ośrodkach astrofizycznych, np. dla materii międzygwiazdowej czy też dla dysków akryjnych. Natomiast w plazmie kolizyjnym



Rys. 5. Schemat rekoneksji magnetycznej według modelu Sweeta-Parkera. Obszar rekoneksji zdefiniowany jest przez astrofizyczny rozmiar  $L$  i mikrofizyczny  $\delta$ . W cienkim obszarze rekoneksji warunek pola magnetycznego wmrzonego w plazmę nie jest spełniony, w wyniku czego dochodzi w nim do dyfuzji pola magnetycznego



Rys. 6. Model Petscheka mówi, że rekoneksja magnetyczna zachodzi w małym obszarze, którego rozmiar jest zdefiniowany przez współczynnik dyfuzji w ośrodku. Fragmenty pola magnetycznego, które nie biorą udziału w rekoneksji, są wmrzane w plazmę. Obszar, przez który wypływa plazma i pole magnetyczne po rekoneksji, jest znacznie szerszy niż dla modelu Sweeta-Parkera. Niestety, eksperymenty numeryczne pokazały, że ta konfiguracja jest niestabilna

nej konfiguracja Petscheka jest niestabilna i dąży do geometrii modelu Sweeta-Parkera. Jako wynik ponownie dostajemy wolne tempo rekoneksji.

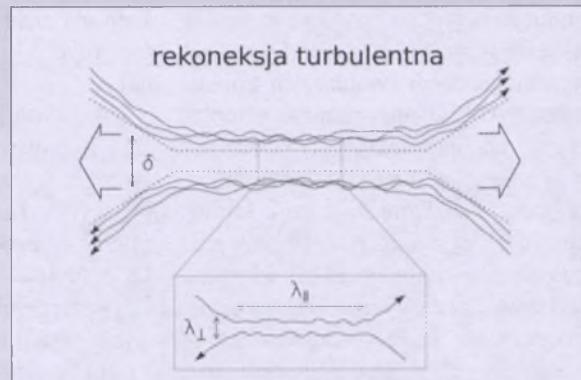
### Rekoneksja magnetyczna a turbulencje

Niepowodzenie modelu Petscheka spowodowało wzrost zainteresowania roli turbulencji w rekoneksji. Fakt, że turbulencje są wszechobecne w ośrodkach astrofizycznych, w których zachodzi zjawisko rekoneksji, dodatkowo wzmacnił to zainteresowanie. Początkowe modele rekoneksji w obecności turbulencji były modelami dwuwymiarowymi (podobnie jak model Sweeta-Parkera i Petscheka). Mimo że były one nierzeczywiste i znacznie ograniczone w wyniku braku trzeciego wymiaru, pozwalały uzyskać tempo rekoneksji przekraczające to uzyskane w modelu Sweeta-Parkera. Dopiero w roku 1999 Lazarian i Vishniac zaproponowali kompletny, trójwymiarowy model rekoneksji w obecności turbulencji. Opiera się on na modelu Sweeta-Parkera, w którym mamy długie i wąskie obszar rekoneksji pomiędzy dwoma przeciwnie spolaryzowanymi regionami pola magnetycznego. Dodatkowo założyli oni, że w obszarze dyfuzji, oprócz wielkoskalowego pola magnetycznego, istnieje również jego składowa losowa, która wynika z obecności turbulencji w ośrodku. Dla takiego układu dyssypacja pola magnetycznego nie zachodzi w całym obszarze o długości  $L$  (tak jak w modelu Sweeta-Parkera), ale w znacznie

mniejszym obszarze o długości  $\lambda_{\parallel}$  i szerokości  $\lambda_{\perp}$  w którym kąt pomiędzy sąsiadującymi liniami pola magnetycznego wynosi  $\phi \ll 1$  (rys. 7). Lokalne tempo rekoneksji  $V_r^{\text{local}} \approx V_A (V_A \lambda_{\parallel} / \eta)^{1/2}$  jest wyrażone przez typową formułę Sweeta-Parkera, z tym że rozmiar  $L$  zastępujemy rozmiarem  $\lambda_{\parallel}$ . Ponieważ linie pola magnetycznego poddają się rekoneksji jednocześnie, jej całkowite tempo jest dużo większe. Dodatkowo wypływ plazmy i pola magnetycznego z obszaru rekoneksji nie następuje poprzez wąski obszar określony przez współczynnik dyfuzji, ale przez znacznie szerszy region, zdeterminowany przez zaburzone pole magnetyczne. Obydwa efekty wymienione powyżej sprawiają, że uzyskana rekoneksja jest szybka i nie zależy od współczynnika dyfuzji. Okazuje się, że prędkość rekoneksji w modelu Lazariana i Vishniaca zależy jedynie od własności turbulencji, a dokładniej od skali turbulencji  $I_{\text{inj}}$  i od mocy turbulencji  $P_{\text{inj}}$  zgodnie z poniższą zależnością:

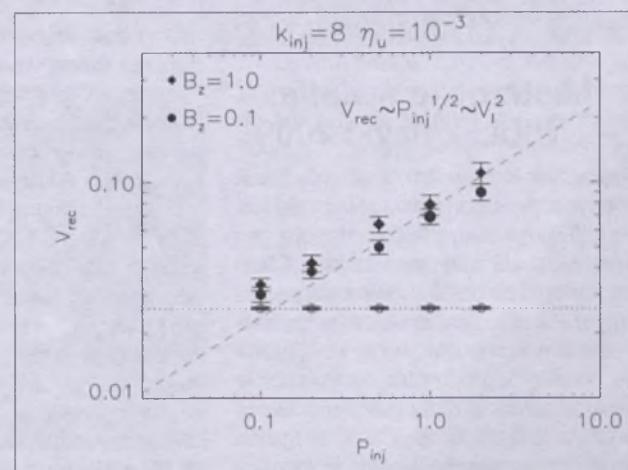
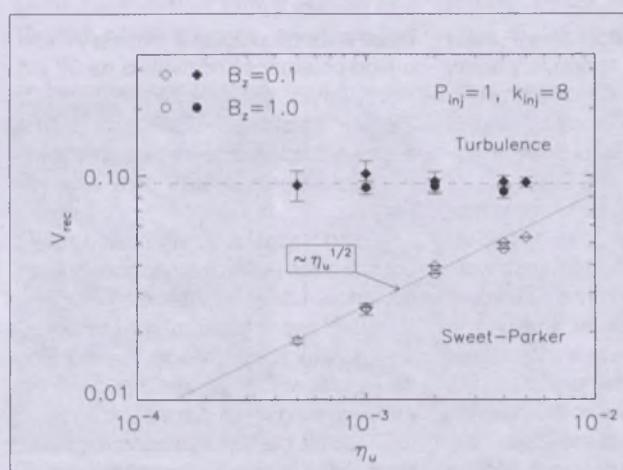
$$V_r^T \sim I_{\text{inj}} P_{\text{inj}}^{1/2} \quad (3)$$

Wprowadzona powyżej skala turbulencji  $I_{\text{inj}}$  jest odwrotnie proporcjonalna do długości wektora falowego  $k_{\text{inj}}$ .



Rys. 7. Schemat rekoneksji magnetycznej w obecności turbulencji zaproponowany przez Lazariana i Vishniaca. Obecność turbulencji sprawia, że dochodzi do wielu jednocześnie procesów rekoneksji w obszarze, w którym wcześniej zachodziła pojedyncza rekoneksja Sweeta-Parkera

Trójwymiarowe eksperymenty numeryczne potwierdziły, że rekoneksja magnetyczna zaproponowana przez Lazariana i Vishniaca jest szybka, czyli nie zależy od współczynnika dyfuzji. Zgodnie z ich teorią, zależy ona tylko od własności turbulencji w danym ośrodku (rys. 8). Zatem używając tego modelu, bez trudu wyjaśnimy rozbłyski słoneczne czy też prace dynama galaktycznego. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na wymiar badanego zagadnienia. Okazuje się, że proces rekoneksji magnetycznej w obecności turbulencji nie jest szybki (zależy od współczynnika dyfuzji), gdy przeprowadzamy symulacje dwuwymiarowe (rys. 9). Wniosek ten jest szczególnie ważny, ponieważ większość analiz numerycznych rekoneksji magnetycznej wykonuje się w przestrzeni dwuwymiarowej. Jest to spowodowane faktem, że w dwuwymiarowych sy-



Rys. 8. Po lewej wykres przedstawiający zależność tempa rekoneksji od oporności ośrodka dla trójwymiarowego modelu rekoneksji w obecności (pełne symbole) i przy braku (puste symbole) turbulencji. Dla modelu Sweet-Parker (brak turbulencji) widzimy, że tempo rekoneksji zależy od oporności ośrodka jak  $\sim \eta^{1/2}$ , czyli zgodnie z teorią. Gdy turbulencja jest obecna w ośrodku, tempo rekoneksji nie zależy od oporności (zgodnie z modelem Lazariana i Vishniaca). Po prawej zależność tempa rekoneksji od mocy turbulencji uzyskana w symulacjach numerycznych dla modelu Lazariana i Vishniaca. Otrzymana wartość prędkości rekoneksji w obecności turbulencji skaluje się z mocą turbulencji jak  $\sim P_{\text{inj}}^{1/2}$ , co potwierdza słuszność proponowanej teorii. W celu wyznaczenia powyższych zależności do układu dodawana jest turbulencja o określonej wartości wektora falowego  $k_{\text{inj}} = 8$ . Źródło: Kowal i inni 2009

mulacjach można uzyskać znacznie większe wartości liczby Lindquista niż w analogicznych symulacjach trójwymiarowych<sup>1</sup>. Dwuwymiarowe symulacje są jak najbardziej uzasadnione w przypadku rekoneksji Sweeta-Parkera i Petscheka, które z założenia są modelami dwuwymiarowymi. Jednak jeśli uwzględnimy turbulencje, musimy brać pod uwagę trzeci wymiar, w którym pole magnetyczne może się zapętać i przecinać.

## Podsumowanie

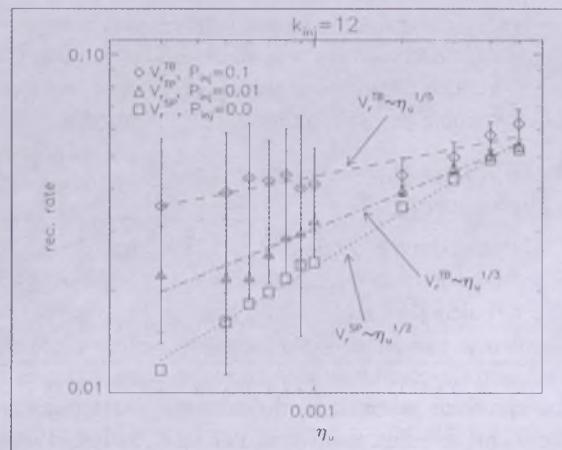
Proces rekoneksji magnetycznej jest jednym z najciekawszych zjawisk zachodzących w plazmie. Dzięki niemu dochodzi do szybkiej zmiany topologii pola magnetycznego, jak i do gwałtownego uwolnienia energii zgromadzonej w polu magnetycznym. Podobnie jak pole magnetyczne, rekoneksja jest wszechobecna we Wszechświecie. Obserwacje potwierdzają, że powoduje ona rozbłyski słoneczne, a także burze magnetyczne w ziemskiej magnetosferze. Analizy teoretyczne wskazują, że rekoneksja magnetyczna wymagana jest w pracy dynama galaktycznego czy też w procesie formowania gwiazd. Pomiędzy anihilacją pola magnetycznego w energię kinetyczną i termiczną zachodzi w skali lokalnej, w wielu przypad-

kach ma efekt globalny (np. rozbłyski słoneczne).

Obserwacje wskazują, że proces rekoneksji magnetycznej musi być szybki, tzn. nie może zależeć od współczynnika dyfuzji w ośrodku. Używając dwuwymiarowych modeli teoretycznych (Sweeta-Parkera, Petscheka), nie otrzymamy szybkiego tempa rekoneksji. Dopiero uwzględnienie turbulencji (model Lazariana i Vishniaca), jak i pełna trójwymiarowa analiza w sposób zadawalający wyjaśniają, jak zachodzi szybka rekoneksja magnetyczna.

## Literatura

- Kowal, G., Lazarian, A., Vishniac, E. T. & Otmianowska-Mazur, K. 2009, ApJ, 700, 63.
- Lazarian, A., & Vishniac, E.-T., 1999, ApJ, 517, 700.
- Parker, E. N., 1957, J. Geophys. Res., 62, 509.
- Petschek, H. E. 1964, in Conf. Proc. of the AAS-NASA Symposium, Physics of Solar Flares, ed. W. H. Hess, (Washington, DC:NASA Science and Technical Information Division), 425.
- Sweet, P. A. 1958, Conf. Proc. IAU



Rys. 9. Wykres przedstawiający zależność tempo rekoneksji od oporności ośrodka dla dwuwymiarowego modelu rekoneksji. Przy braku turbulencji, model Sweeta-Parkera, tempo rekoneksji zależy od oporności ośrodka jak  $\sim \eta_u^{1/2}$ , czyli zgodnie z teorią. Dodanie turbulencji do modelu powoduje, że zależność tempo rekoneksji od oporności jest słabsza w miarę zwiększania mocy turbulencji, ale nadal na tyle silna, by uzyskane tempo rekoneksji było zbyt wolne w porównaniu z obserwowanym. W celu wyznaczenia powyższych zależności do układu jest dodawana turbulencja o określonej wartości wektora falowego  $k_{ijj} = 8$ . Źródło: <http://xxx.lanl.gov/abs/0909.1265>

Symposium 6, Electromagnetic Phenomena in Cosmical Physics, ed. B. Lehnert, (Cambridge, UK: Cambridge University Press), 123.

**Katarzyna Kulpa-Dybel** jest doktorantką Uniwersytetu Jagiellońskiego. Swą rozprawę doktorską przygotowuje w Zakładzie Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej Obserwatorium Krakowskiego, a jej temat jest związany z rolą pól magnetycznych we Wszechświecie.

<sup>1</sup> Ograniczona zdolność rozdzielcza w obecnych symulacjach numerycznych pozwala używać liczby Lindquista  $S < 10^4$ . Wartość ta jest bardzo mała w porównaniu z obserwacjami ośrodka międzygwiazdowego, gdzie  $S \sim 10^{10}$ .

## rozmaistości

### Mistrzowie światła — Nobel z fizyki 2009

Szwedzka Królewska Akademia Nauk zdecydowała uhonorować Nagrodą Nobla z fizyki w roku 2009 następujących uczonych: 1/2 nagrody otrzymał Charles K. Kao „za przełomowe osiągnięcia dotyczące przesyłania światła w światłowodach w komunikacji optycznej”. Druga połowę nagrody otrzymali wspólnie dwaj uczeni z Laboratorium Bell w USA: Willard S. Boyle i George E. Smith „za wynalezienie półprzewodnikowych obwodów obrazujących — czujników CCD”.

Nagrodzone tegorocznym Noblem dwa naukowe osiągnięcia przyczyniły się do ukształtowania współczesnych technologii informatycznych. Dzięki nim

mamy dziś szybki dostęp do Internetu poprzez światłowody, aparaty cyfrowe, a naukowcy zawdzięczają im rozszerzenie pola badań. Światłowody pozwalają na transfer ogromnej ilości danych wytworzonych w kamerach CCD.

Włókna szklane były używane w medycynie od lat 30. XX w., oświetlając organy w czasie operacji chirurgicznych. Jednak gdy włókna stykały się ze sobą, łatwo ulegały zniszczeniu. Pokryto je więc szkłem o mniejszym współczynniku załamania, dzięki czemu w latach 60. używano światłowodów w instrumentach medycznych, np. do gastroскопii.

Na większych odległościach włókna szklane były bezużyteczne — sygnał przesyłany przez światłowód był tłumiony po około 20 m. Dlatego niewiele osób interesowało się zakresem optycznym w przesyłaniu danych. Tryumfy święciła elektronika i techniki radiowe. W 1956 r.

przez Atlantyk położono pierwszy kabel, a jego pojemność pozwalała na 36 jednoczesnych rozmów telefonicznych. Zaczęły działać pierwsze satelity, aby zapewnić wciąż rosnące zapotrzebowanie telekomunikacyjne i przekazy telewizyjne.

Na początku lat 60. wymyślono laser, co znaczco przyspieszyło rozwój światłowodów. Laser to stabilne źródło światła skorelowanego, które można skierować do włókna szklanego. Pierwsze lasery pracowały w zakresie podczerwonym i wymagały chłodzenia. Ich rozwój w latach 70. obniżył wymagania i pozwolił na pracę laserów w temperaturze pokojowej. Lasery produkowały więc niezwykle szybki nośnik informacji. Problemem nadal był ośrodek, w którym światło miało się propagować. Ze 100% światła wpuszczonego do światłowodu po 20 m zostawał 1%. Ale fale krótsze mogą

przenieść znacznie więcej informacji, niż np. fale radiowe, więc warto było pracować nad problemem światłowodów.

Charles Kao w latach 60. rozpoczął pracę w Standard Telecommunication Laboratories, gdzie zajmował się właśnie włóknami szklanymi. Za cel postawił sobie, aby przynajmniej 1% światła pozostało w światłowodzie po przebyciu 1km. Wnioski ze swojej pracy sformułował w styczniu 1966 r. — głównym problemem były zanieczyszczenia szkła. Jednak uzyskanie idealnie czystego szkła było niezwykle trudnym zadaniem. Szkło produkuje się z kwarcu, do którego dodawana jest np. soda lub wapno, by uprościć proces. Kao stwierdził, że do produkcji czystego szkła można użyć szkła kwarcowego. Topi się ono w bardzo wysokiej temperaturze 2 tys. °C, ale można z niego wyciągnąć niezwykle cienkie włókno. W 1971 r. w USA wyprodukowano pierwszy taki światłowód o długości 1 km.

Szkło w postaci tak cienkiej nitki zmienia swoje właściwości. Staje się giętkie, lekkie i wytrzymałe. Światłowody są nie-wrażliwe na wyładowania atmosferyczne jak kable miedziane ani na złą pogodę, która wpływa na jakość komunikacji radiowej. W 1988 r. na dnie Atlantyku przeciągnięto pierwszy światłowód między Europą a Ameryką o długości 6 tys. km. Po przebyciu 1 km pozostaje około 95% światła z wiązki pierwotnej. To znacznie więcej niż chciał uzyskać Kao. Jednak dlatego na dłuższych dystansach sygnał jest wzmacniany, ale dzieje się to nie poprzez wzmacniacze elektryczne, ale optyczne, bez potrzeby konwersji (stratnej) na sygnał elektryczny. Na dużych dystansach nośnikiem jest

światło podczerwone o długości 1,55 mikrometra, ponieważ wówczas straty są najmniejsze, a prędkość przesyłania danych przekracza setki gigabajtów na sekundę. Rozwój technologii trwa.

We wrześniu 1969 r. Willard Boyle i George Smith wymyślili cyfrowe czujniki obrazujące — CCD — charge-coupled device, które stały się elektronicznym okiem większości urządzeń obrazujących. Fotografia zmieniała się, a elektroniczne czujniki zastąpiły klasyczny film. Pierwotnym zamierzeniem twórców było stworzenie lepszej elektronicznej pamięci; stworzyli zaś w pełni udaną technologię pozwalającą na cyfrowy przesył obrazu. Co ciekawe, laureaci Nagrody Nobla z 1978 r. — Arno Penzias oraz Robert Wilson, nagrodzeni za odkrycie mikrofalowego promieniowania tła w 1965 r., również pracowali w Laboratorium Bella.

Krzemowa płytka CCD o wielkości znaczka pocztowego mieści miliony światoczułych komórek. CCD wykorzystuje efekt fotoelektryczny. Wyjaśnienie i matematyczny opis tego efektu podał Albert Einstein i został za to nagrodzony Nagrodą Nobla w 1921 r. Światło pada na płytke i wybija z niej elektrony, które zbierane są do fotokomórek. Im większe natężenie światła, tym więcej zebranych elektronów. Następnie do układu fotokomórek podłączane jest napięcie i elektrony z każdej fotokomór-



Martyca CCD umieszczona w płaszczyźnie ogniskowej teleskopu Keplera. Źródło: NASA

ki rząd po rzędzie spływanie do czytnika, a optyczny obraz jest przekształcanym w sygnał elektryczny, który z kolei transformowany jest w zrozumiałą dla komputera układ zer i jedynek.

Każdej fotokomórce odpowiada jeden punkt powstającego obrazu — piksel. Płytki CCD o wymiarach 1280 × 1024 pikseli daje obraz złożony z 1,3 mln pikseli. Tym sposobem uzyskujemy obraz czarno-biały. Aby dostać obraz kolorowy, nad fotokomórkami umieszcza się filtry czułe na dany zakres fal. W 1970 Smith i Boyle po raz pierwszy zademonstrowali działanie CCD w kamerze video. W 1975 r. zbudowali cyfrową kamerę video o dostatecznie wysokiej rozdzielczości wystarczającej do transmisji telewizyjnej. W 1981 r. pierwsze kamery CCD pojawiły się na rynku. Dziś używamy ich wszyscy — w profesjonalnych aparatach fotograficznych, jak i w telefonach komórkowych. W medycynie stosowane są tak w diagnostyce, jak i w czasie operacji chirurgicznych.

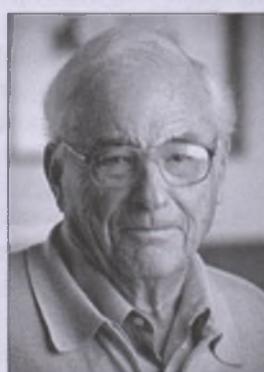
Astronomia zawdzięcza kamerze CCD wspaniałe zdjęcia Kosmosu. W 1974 r. wykonano pierwsze astronomiczne zdjęcie za pomocą kamery cyfrowej — fotografowanym obiektem był Książyc. Gdy w XIX w. prężnie rozwijała się fotografia, również Książyc — jako najjaśniejszy obiekt nocnego nieba — stał się bohaterem pierwszego astronomicznego zdjęcia. Obecnie bardzo czule, astronomiczne kamery CCD rejestrują niebo w całym zakresie widma — od podczerwieni po fale X. W 1979 r. na teleskopie Kitt Peak w Arizonie umieszczono kamerę cyfrową o rozdzielczości 320 × 512 pikseli. Wyniesiony na orbitę w marcu 2009 r. satelita Kepler jest wyposażony w kamerę CCD zawierającą 95 milionów pikseli. Rozwój technologii trwa.

Karolina Zawada

Źródło: nobelprize.org



Charles K. Kao — 76 lat, urodzony w 1933 r. w Szanghaju, zawodowo związany ze Standard Telecommunication Laboratories Harlow w Wielkiej Brytanii oraz Uniwersytetem w Hong Kongu. Przeszedł na emeryturę w 1996 r.



Willard S. Boyle — 85 lat, urodzony w 1924 r. w Amherst w Kanadzie, pracował w Laboratorium Bella w Stanach Zjednoczonych. Przeszedł na emeryturę w 1979 r.



George E. Smith — 79 lat, urodzony w 1930 r. w White Plains, USA. Również związany zawodowo z Laboratorium Bella w USA. Przeszedł na emeryturę w 1986 r.

# Polski 90-m radioteleskop — potrzeby, propozycja, szanse budowy

**Toruńscy radioastronomowie we współpracy z ośrodkami zagranicznymi opracowują koncepcję budowy i wykorzystania w Polsce dużego radioteleskopu o średnicy czaszki ok. 90 m**

**P**omysł budowy i naukowego wykorzystania radioteleskopu o wielkiej czułości i dużym polu widzenia zrodził się już ponad 5 lat temu podczas licznych dyskusji dotyczących zaangażowania Polski w dużych, ogólnosławiatowych projektach radioastronomicznych (VLBI, ALMA, SKA). Dyskusje prowadzone w Toruniu oraz za granicą doprowadziły do krytalizacji pomysłu w 2009 r.

Przy tworzeniu koncepcji uczestniczyli wybitni specjalisci z Jodrell Bank Centre for Astrophysics oraz uczeni ze Szwecji, Holandii i Niemiec. Swoje poparcie dla realizacji projektu wyrazili w uchwale Konsorcjum EVN (European VLBI Network) dyrektorzy 10 europejskich instytutów radioastronomicznych (12.11.2009). Zainteresowanie budową radioteleskopu w rejonie Kujawsko-Pomorskiem wykazały władze lokalne i wpływowi politycy regionu. W tym względzie jest nadzwyczajne, wręcz entuzjastyczne wsparcie planów budowy. Koszt inwestycji, jeśli projekt zostanie zaakceptowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, będzie pokryty z europejskich funduszy strukturalnych, co oznacza, że nie ob-

ciąży budżetu państwa. Silne wsparcie ośrodków zagranicznych wzmacnia szansę pozytywnego rozpatrzenie wniosku w Brukseli. Szczególnie ważne jest jednak poparcie środowiska naukowego w kraju i jego aktywne zaangażowanie w tworzenie struktury instytutu narodowego, który zajmować się winien utrzymaniem i wykorzystaniem tak okazałego, unikatowego instrumentu. W tej sprawie trwają negocjacje z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi. Jedna uczelnia nie zapewni należytego i efektywnego wykorzystania takiej dużej, ponadnarodowej infrastruktury. Kształt nowego ośrodka radioastronomii jest aktualnie formułowany w prowadzonych dyskusjach i konsultacjach z zainteresowanymi instytucjami. Złożenie końcowej propozycji, a więc wniosku o finansowanie, przewidziano na wiosnę 2010 r.

Z pewnością zapytacie Państwo, dla którego mamy inwestować właśnie w taki instrument i jaka jest geneza tej konkretnej propozycji. Po pierwsze, nasz kraj ma do dyspozycji ogromne środki europejskie na rozwój infrastruktury, w tym także infrastruktury nauki. Jest to sytuacja nadzwyczajna i w przewidywalnej



Antena 32-m radioteleskopu w Piwnicach k. Torunia. Fot. A. Kus

przyszłości nie będzie już miała miejsca. Jeśli środowisko astronomiczne nie przedstawi własnego znaczącego w skali europejskiej projektu polskiego instrumentu badawczego, szansa ta zostanie stracona bezpowrotnie. Większość dotychczas wydatkowanych środków na rozwój infrastruktury nauki i edukacji jest przeznaczana na poprawienie bazy lokalowej istniejących ośrodków. Tylko niewielką część wykorzystuje się na budowę nowych instalacji badawczych. W tej chwili praktycznie nie ma projektów aparaturowych o sztandarowym znaczeniu, które wykorzystują dostępne środki. Jeśli nie zaproponujemy inwestycji, która będzie miała szerokie wsparcie społeczne (a astronomia ma), to zmarnujemy tę wyjątkową szansę. Niestety, ze względu na warunki klimatyczne i geograficzne niecelowa jest budowa dużego teleskopu optycznego na terenie naszego kraju, a ponadto byłoby to niekonsekwentne postępowanie w związku ze staraniem Polski o przyjęcie do ESO. Warto tu przypomnieć, że dla polskiej astronomii przystąpienie do ESO jest najważniejszym obecnie celem strategicznym uzgodnionym przez całe środowisko astronomiczne.

Rozwój infrastruktury kraju ze środków unijnych oznacza też dodatkowe uwarunkowania; nowa infrastruktura powinna być zlokalizowana na terenie naszego kraju. Warunki te spełnia dobrze radioastronomia. Już w latach 70. na ówczesnych kongresach nauki polskiej staraniem prof. W. Iwanowskiej przyjęto uchwałę wspierania radioastronomii jako ważnej dziedziny obserwacyjnej astronomii mającej szansę rozwoju w Polsce. Oczywiście od tamtych czasów wiele się zmieniło, ale nieprzyjazne warunki pogodowe nie uległy poprawie, a ogólnoswiatowe trendy wydają się nadal wspierać ten kierunek rozwoju. Z najważniejszych wielkich instalacji o charakterze ogólnoswiatowym przypomnieć tu trzeba dwa. ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), wielki interferometr budowany przez ESO, USA i Japonię w Andach Chilejskich oraz SKA (Square Kilometre Array), radioteleskop o powierzchni zbierającej  $1 \text{ km}^2$ , który w roku 2025 rozpocznie działanie, najprawdopodobniej w Australii. W obydwu inwestycjach Polska nie uczestniczy ze względu na zacofanie technologiczne i ekonomiczne. Ale nie jest z nami całkiem źle. Nasz

## Dwa największe na świecie sterowalne radioteleskopy



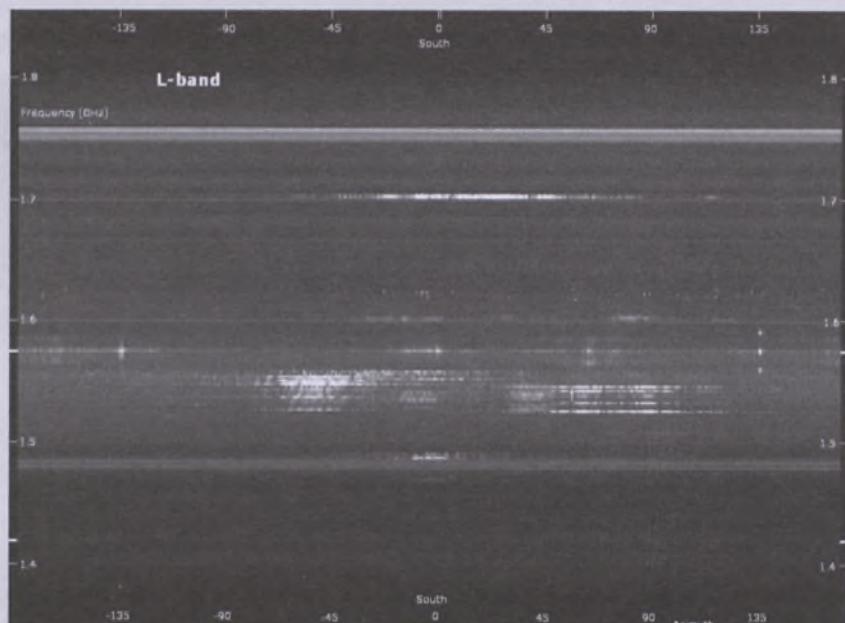
1. 100-m średnicy radioteleskop w Effelsberg należący do Max-Planck Institut fuer Radioastronomie (Niemcy). Nowy polski 90-m radioteleskop będzie miał czaszę reflektora podobnej wielkości, ale w pełni pokrytą panelami z cienkiej blachy aluminiowej. W proponowanej konstrukcji 90-m radioteleskopu nie będzie skomplikowanych i drogich napędów ruchu w azymucie i wysokości



2. 100×110 m czasza teleskopu GBT Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego (USA). Antena paraboliczna, offsetowa porusza się w azymucie i wysokości podobnie do anteny z Effelsberg. Jest bardzo ciężka i bardzo droga. Długie ramię podporządkowane lustro wtórne i utrzymujące systemy odbiorcze sprawia poważne kłopoty eksploracyjne. Aktywna powierzchnia reflektora głównego umożliwia pracę do 100 GHz. Proponowana 90-m antena polskiego radioteleskopu będzie prawie 10-krotnie lżejsza i 10 razy tańsza

kraj ze swoimi 15-m a następnie 32-m radioteleskopem UMK jest od roku 1982 członkiem Europejskiego Konsorcjum EVN i współuczestniczy w tworzeniu kontynentalnego i globalnego radioteleskopu o średnicy 10 tys. km i równoważnej czułości porównywalnej do pojedynczego paraboloidu o średnicy ~400 m. W tej chwili sieć EVN, a szczególnie e-EVN (jego wersja pracująca w czasie rzeczywistym, połączona szerskopasmowym, dedykowanym łączem światłowodowym), jest najbardziej zaawansowanym technologicznie i fizycznie największym jednorodnym instrumentem astronomicznym na świecie. System EVN nadal się rozwija, dołączając nowe anteny i nowe instytucje. Do czasu SKA pozostanie najpotężniejszym instrumentem badawczym współczesnej radioastronomii. Nawet po uruchomieniu SKA, EVN będzie nadal dominującym przyrządem badawczym na niebie północnym. Warto wiedzieć, że to dzięki współpracy w VLBI i doświadczeniu w rozwijaniu i aplikacji technik interferometrii powstało wiele instrumentów astronomicznych oraz koncepcje nowych, w tym ALMA i SKA.

Czy Polska potrzebuje nowego radioteleskopu, aby odgrywać istotną rolę w VLBI? Niewątpliwie tak. Do istniejącej sieci EVN włączają nowe anteny Hiszpanie (40 m), Włosi (64 m), Rosja (3×32 m i 2×70 m), Chińczycy (50 m i 64 m). Wraz z dużymi instalacjami europejskimi (100 m MPIfR, 76 m JBO) oraz Arecibo rola mniejszych anten dramatycznie spada. Atrakcyjne na-



Poziom cywilizacyjnych zakłóceń radiowych w Piwnicach. Skan po horyzoncie przy użyciu czułego systemu odbiorczego na pasmo L (1,4 – 1,9 GHz). Nie wykorzystano wzmacnienia 32-m anteny (60 dB,  $10^6$  razy), bo spowodowałoby to pełną saturację odbiorników. Poziom zakłóceń radiowych w miejscu proponowanej lokalizacji nowego radioteleskopu jest od 100 do 1000 razy niższy! Na osi X jest azymut, a na osi Y jest częstotliwość odbieranych zakłóceń. Miasto Toruń jest w przedziale azymutu +/-60°

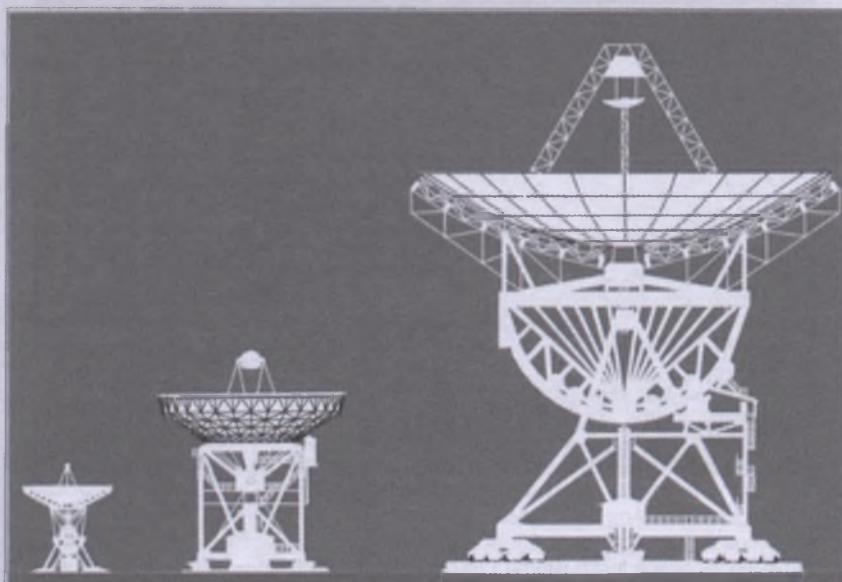
ukowo badania wymagają najwyższej czułości i rozdzielczości kątowej. Jeśli nie powiększymy polskiego wkładu do EVN, to stopniowo nasz udział będzie maleał i za ok. 10 lat znaczenie 32-m anteny dla interferometrii zostanie znacznie zredukowane. Innym niepokojącym czynnikiem, wręcz zagrożeniem dla toruńskiej 32-m anteny jest lawinowo rosnący poziom radiowych zakłóceń generowanych przez współczesną cywilizację. Ucieczka z instrumentami pomiarowymi daleko od miast, w rejony nieszczęśliwe prawnie chronione przed

zabudową mieszkalną, np. do parków narodowych jest praktykowanym w świecie skutecznym działaniem ochrony naziemnych badań astronomicznych. Nowy proponowany radioteleskop będzie ulokowany daleko od kompleksów miejskich i musi mieć prawnie usankcjonowaną strefę ciszy radiowej w promieniu wielu kilometrów.

Zadania naukowe realizowane przez sieci VLBI dotyczą rozwiązywania najważniejszych problemów współczesnej astrofizyki. Udział w EVN przynosi ogromne korzyści materialne i intelektualne dla instytutów partnerskich.

W dyskusjach prowadzących do sformułowania zadań naukowych dla nowego instrumentu poszukiwaliśmy obszaru badań dotąd dziewczego, ale zarazem na tyle atrakcyjnego, by wzmacnić naturalny podstawowy argument wynikający z udziału w VLBI. Nie chodzi przecież o budowę jeszcze jednego dużego radioteleskopu, kopii już istniejących uniwersalnych instrumentów. W końcu mamy ograniczony, ale jednak możliwy dostęp do takich teleskopów, jak 100-m w Effelsberg (MPIfR) czy 76-m w Jodrell Bank, a także innych nowoczesnych sieci interferometrycznych (MERLIN, VLA, VLBA). Jakie zatem korzyści naukowe spłyną po zbudowaniu dużego polskiego 90-m radioteleskopu?

Obszarem, w którym przyniesie on znaczący wkład, są superczule (głęboko-



Radioteleskop CA UMK. 15-m RT3, 32-m RT4 i propozycja inż. Zygmunta Bujakowskiego (projektanta dwóch poprzednich) 70-m radioteleskopu RT5. Projekt RT5 jest też rozważany jako możliwe rozwiązanie konstrukcyjne dla 90-m anteny

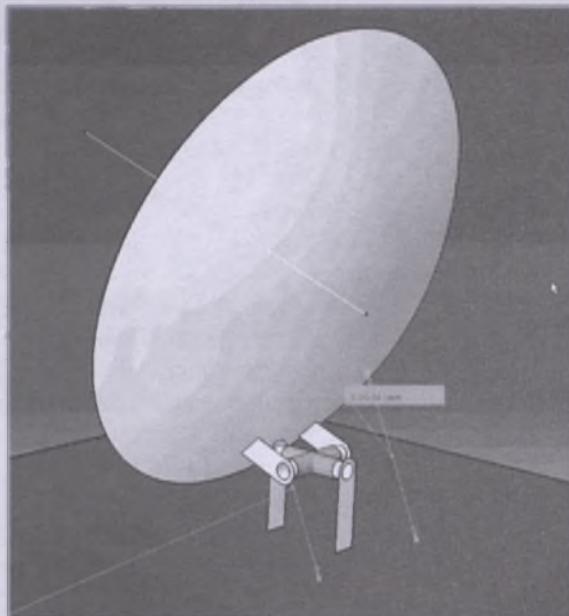
kie) radiowe przeglądy nieba w pasmach fal centymetrowych (6–22 GHz). Podstawowa idea to realizacja „radiowego OGLE”. Żaden z istniejących dużych radioteleskopów albo się nie nadaje, albo nie przeznaczy dużej części czasu obserwacyjnego na głębokie, systematyczne przeglądy nieba północnego. Nawet po rozpoczęciu funkcjonowania SKA nowy polski radioteleskop może pozostać wiodącym instrumentem w tym obszarze badań. Oczywiście planowane są obserwacje i studia pojedynczych wybranych obiektów, ale głównym celem pozostaną systematyczne, kompleksowe przeglądy dużych obszarów nieba. W pasmach fal centymetrowych pogoda i stan atmosfery nie tworzą ograniczeń. Obserwacje mogą być prowadzone przez 24 godziny na dobę, a to zwiększa szansę wysokiej skuteczności naukowej.

Zatem jakie cechy powinien spełniać nowy instrument? Zaczniemy od wielkości powierzchni zbierającej reflektora. Im większa, tym oczywiście lepiej, czynnikiem limitującym są jednak koszty i ograniczenia ruchu czaszy. W tej chwili optymalną wydaje się być czasza o średnicy 90 m. Tak duży instrument stały się trzecim w pełni sterowalnym radioteleskopem na świecie. Dla zapewnienia dużego pola widzenia musi to być długogniskowy układ Cassegraina. Pozwoli nam to zainstalować ok. 50 równolegle działających systemów odbiorczych (docelowo ok. 100) stanowiących rodzaj radiowej kamery

„CCD”. Prace nad takimi matrycami odbiorczymi są zaawansowane, a toruński ośrodek odgrywa znaczącą rolę w programach europejskich finansujących budowę i eksploatację szerokokątnych kamer radiowych. Aktualnie na 32-m radioteleskopie w Piwnicach pracuje już system 16 odbiorników (16 pikseli) na fali 1 cm, co sprawia, że technologie budowy i eksploatacji matryc odbiorczych są w CA UMK dobrze opanowane. Każdy tor odbiorczy nowej kamery dla 90-m radioteleskopu będzie pracować

w paśmie 6–22 GHz, w dwu kanałach polaryzacji kołowej, posiadać 8 podpasm o szerokości 2 GHz oraz szerokopasmowy cyfrowy konwerter umożliwiający dla każdego odbiornika (oraz każdej polaryzacji i każdego podpasma) uzyskanie kompleksowej informacji radiometrycznej (strumień promieniowania), polaryzacyjnej, spektralnej o dowolnym czasie integracji od milisekund do minut. Taka uniwersalna kamera radiowa sprawi, że teleskop będzie równoważny 50 (docelowo 100) równolegle pracującym radioteleskopom, każdy o średnicy 90 m.

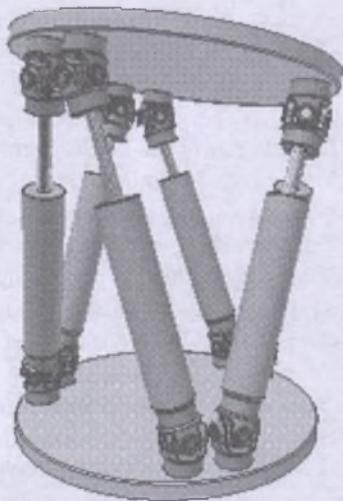
Strumień danych spływających non stop, dla każdej pozycji anteny będzie wstępnie redukowany i rejestrowany z automatycznym podglądem w czasie rzeczywistym dla weryfikacji zjawisk niezwykłych i oczywiście dostępny do późniejszej analizy *offline*.



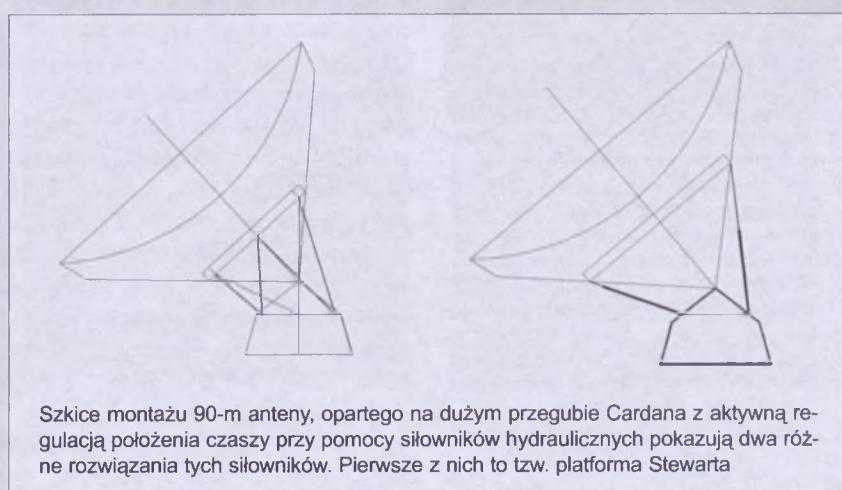
Propozycja montażu i sterowania lekkiej anteny parabolicznej wg prof. L. Baatha ze Szwecji. Nasza propozycja przenosi punkt podparcia do centrum konstrukcji

Instrument tej klasy może stanowić jądro narodowego interferometru. Duża powierzchnia zbierająca sprawi, że np. użycie w dowolnym ośrodku anteny o średnicy 7 m tworzy równoważny interferometr dwu 25 m średnicy anten (takich jak w VLA!). Dla anteny „zewnętrznej” o średnicy 15 m tworzy się interferometr dwu anten, każda o 37 m średnicy. W rezultacie będzie to najprostszy i najtańszy sposób utworzenia polskiego interferometru, którego koncepcje proponowaliśmy pod nazwą PIAST. Po zbudowaniu 90-m radioteleskopu niemal natychmiast możliwe stanie się połączenie z 32-m anteną w Piwnicach, 15-m anteną OA UJ i 32 m anteną w Psarach.

Celem naukowym głębokich przeglądów nieba jest najogólniej badanie obiektów „foreground” wręcz fundamentalnie ważnych dla pełnej analizy



Sztandarki hydrauliczne tzw. platformy Stewarta. Podobny napęd służyły do sterowania anteną 90-m. Źródło: wikipedia.org



Szkice montażu 90-m anteny, opartego na dużym przegubie Cardana z aktywną regulacją położenia czaszy przy pomocy silowników hydraulicznych pokazują dwa różne rozwiązania tych silowników. Pierwsze z nich to tzw. platforma Stewarta

CMB (mikrofalowego promieniowania reliktowego) i dla poznania własności populacji najmłodszych zwartych obiektów wczesnego Wszechświata. Innymi zadaniami są wysokiej rozdzielczości studia Galaktyki, poszukiwanie i badanie pulsarów oraz poszukiwanie i badanie obiektów typu „transients” — losowo emitujących impulsowe promieniowanie radiowe. Program naukowy jest dobrze przemyślany, a do jego realizacji oraz do przygotowania stosownej aparatury i oprogramowania deklarują udział naukowcy z MPIfR (Niemcy), JIVE (Joint Institute for VLBI in Europe, Holandia) i JBO (Anglia).

Czy jest możliwa budowa takiego supernowoczesnego instrumentu w Polsce i gdzie należy go ulokować? Tak, jest to

możliwe. Jeśli chodzi o lokalizację, to miejscem już wybranym jest Dębowiec w sercu Borów Tucholskich w gminie Osie, rejon o ekstremalnie niskim poziomie zakłóceń radiowych, na terenie Wdeckiego Parku Krajobrazowego. W tej chwili jest wstępna zgoda właściciela terenu i lokalnych władz, pozytywne głosy docierają z Urzędu Ochrony Środowiska.

Decyzja o ewentualnej realizacji zadania będzie zależeć od wysokości kosztów inwestycji. Duże teleskopy, takie jak 100 m w Effelsberg lub GBT (USA) kosztowały od 150 do 200 mln dolarów. Oczywiście na taki wydatek nawet z puli europejskiej nas nie stać. Zatem jak zbudować duży, w pełni sterowany teleskop za, powiedzmy,  $\frac{1}{4}$  kosztów? Czy jest to realistyczne? Koszt radioteleskopu rośnie z trzecią potęgą jego średnicy (ilość materiałów) i praktycznie liniowo z graniczną częstotliwością obserwacji (precyza wykonania). Na czym i ile można zaoszczędzić? Waga GBT to 9 tys. ton, radioteleskop w Effelsberg waży 6 tys. ton. Czasza reflektora każdego z nich to zaledwie 1 tys. ton (toruński 32 m radioteleskop waży 600 ton, jego czasza ok. 90 ton). Zatem cała konstrukcja wsporcza i sterująca czaszy anteny to zasadniczy składnik wysokiego kosztu budowy.

Dla radykalnej redukcji kosztów zaproponowaliśmy innowacyjny system montażu i sterowania czaszy nowego radioteleskopu w oparciu o silowniki hydraulyczne. W odróżnieniu od dotychczas stosowanych typów montażu i napędów istniejących anten nowy radioteleskop nie będzie się obracał w azymucie, a jedynie pochylał bez obrotu w dowolnym kierunku przynajmniej  $60^\circ$  od zenitu. Musi oczywiście zapewnić precyzyjne śledzenie za obiekttami astronomicznymi a także wybór dowolnego sposobu skanowania. W efekcie waga proponowanego nowego, polskiego radioteleskopu wyniesie ok. 1000 ton, a koszt łączny nie więcej niż 100 mln zł. W tej kalkulacji są uwzględnione wydatki na rozbudowę lokalnej infrastruktury i zakupy niezbędnej aparatury.



50-metrowa antena radioteleskopu w Miyun — jednego z kilku nowych chińskich radioteleskopów

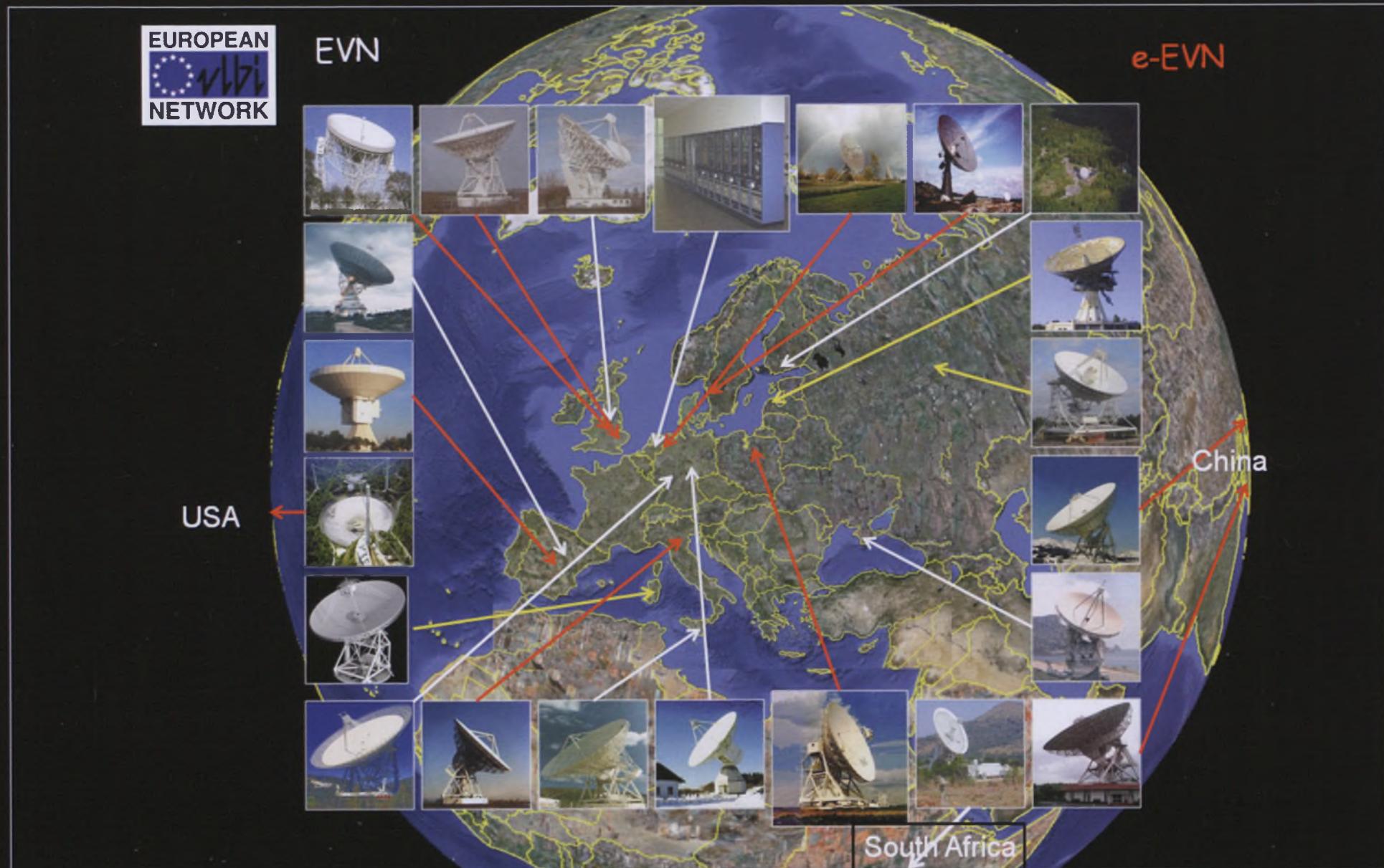
Konsultacje z firmą Mostostal (wykonawcy toruńskich radioteleskopów) i biurem projektowym urealniają wykonalność takiego ambitnego zadania w ramach ww. środków. Ideałem byłoby, aby właśnie polskie firmy i polski przemysł skonsumowały fundusze europejskie. Teoretycznie jest to możliwe. Nie ma przeszkód, by krajowy przemysł rozwinał swoje możliwości projektowe i wykonawcze w obszarze nowoczesnych, innowacyjnych technologii. Byłby to ważny argument wspierający decyzję przyznania finansowania inwestycji.

Zespół Katedry Radioastronomii Centrum Astronomii UMK nie jest duży, ale posiada dobrze przygotowaną i doświadczoną kadrę pracowników inżynierowo-technicznych. Nawet bez zwiększenia liczby tej grupy pracowników jest możliwe zapewnienie niezawodnego funkcjonowania nowego instrumentu. Kadra naukowa, istotnie szczupła, wymaga współdziałania z innymi krajowymi ośrodkami astronomicznymi w ramach przygotowanego już projektu powołania konsorcjum.

Zmierzamy do zminimalizowania kosztów utrzymania i eksploatacji. Istnieje realna szansa, by drastycznie nie przekroczyć tych aktualnie ponoszonych na utrzymanie 32-m radioteleskopu. Szacujemy, że zwiększoną dotację ze strony programów europejskich w ramach udostępniania instrumentu dla astronomów zagranicznych (Trans National Access) oraz utrzymanie dotychczasowej kadry technicznej przez UMK wraz z powiększonym wsparciem SPUB otrzymywanym z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wystarczą na pokrycie bieżących wydatków.

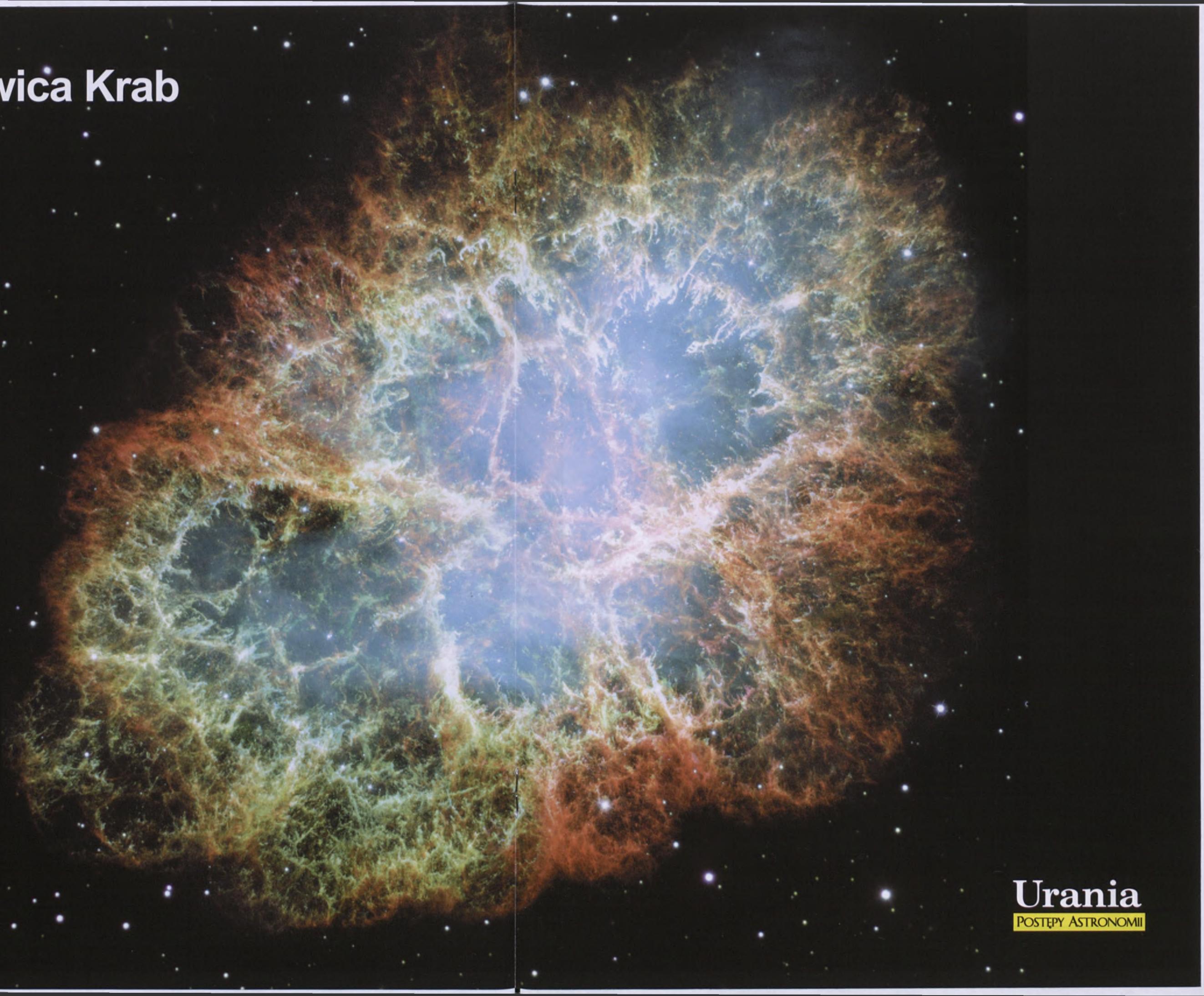


Przykłady radiowych kamer — matryc odbiorczych rozwijanych dla radioteleskopów: u góry 11-elementowy system odbiorczy 64-m radioteleskopu w Parkes (Australia), poniżej 16-elementowa kamera OCRA (na falę 1 cm) zbudowana w ramach programu europejskiego FARADAY (FP5) dla toruńskiego 32-m radioteleskopu. Kamera ta jest już zainstalowana i pracuje od grudnia 2009 r. Toruński zespół radioastronomów ma duże doświadczenie w prowadzeniu obserwacji przy użyciu matryc odbiorczych i aktywnie uczestniczy w europejskich programach budowy i zastosowania nowej generacji kamer radiowych (APRICOT FP7)



Europejska sieć interferometrii wielkobazowej EVN (European VLBI Network). Jest to fizycznie największy i najbardziej zaawansowany technologicznie instrument do badań astronomicznych na Ziemi. Konsorcjum EVN zrzesza 15 instytutów z 12 państw. Zapewnia on otwarty dostęp dla wszystkich zainteresowanych jego użyciem (patrz strona internetowa [www.evlbi.org](http://www.evlbi.org)). Włączenie 90-m radioteleskopu w Polsce znacząco poprawi czułość EVN i umocni udział Polski w VLBI na wiele dziesięcioleci

# Mgławica Krab



# Zabytkowy cyrkiel proporcjonalny z Muzeum Okręgowego w Toruniu

1638 rok, sygnowany  
Wymiary: 400 × 45 mm — rozłożony; 220 × 50 mm złożony  
Tworzywo: mosiądz  
Technika: grawerowanie, odlew



Fot. Andrzej R. Skowroński

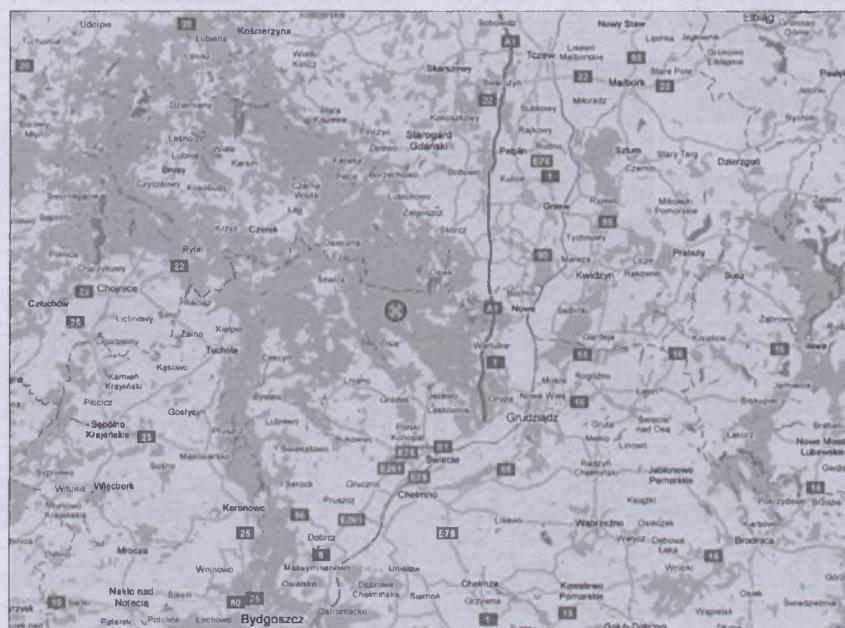
## Podstawowe parametry techniczne i eksploatacyjne proponowanego 90-m radioteleskopu

Parametry		Wielkość/typ	Uwagi
System optyczny		Cassegrain	
Średnica czaszy reflektora	D	90 m	Paraboloida obrotowa
Ogniskowa głównego reflektora	f	31,5 m	
Światłosiła	f/D	0,35	
Lustro wtórne średnica	d	9 m	Hiperboloida obrotowa
Efektywna ogniskowa	F	273 m	
Położenie ognika wtórnego		3 m	Powyżej powierzchni czaszy
Precyza wykonania powierzchni		0,5 mm	RMS
Zakres ruchów anteny (w wysokości)		25–90°	Pochylanie w każdym kierunku
Precyza sterowania		0,002°	Pozycjonowanie i śledzenie
Maksymalna prędkość ruchu		30 deg/min	Ruch tylko w wysokość
Całkowita waga		~1000 ton	
Pole widzenia (straty < 5%)		1–2°	Zależnie od wielkości kamery
Zakres częstotliwości pracy		1–22 GHz	W ognisku wtórnym
Rozdzielcość kątowa		2,7–0,5 arcmin	W zakresie 5–22 GHz
Czułość radioteleskopu przy 1 sek integracji		1,2 mJy	Dla kontinuum, 5 × RMS
Czułość radioteleskopu dla 1 godz. integracji		20 mikroJy	jw
Temperatura szumowa systemu odbiorczego		25–35 K	W zakresie 5–22 GHz
Konfuzja (ograniczenie rozdzielcości kątowej)		0,3–0,1 mJy	Dla 5–22 GHz
Liczba niezależnych odbiorników w matrycy odb.		49 (~100)	I etap (docelowo)
Liczba niezależnych torów odbiorczych		784 (1600)	
Rozdzielcość spektralna		1 kHz	
Rozdzielcość czasowa		0,1 ms	
Rodzaj cyfrowych „backendów”		FPGA	Projekt FP7 UNIBOARD
Lokalizacja		Dębowiec	53°39'31,4"N 18°21'43,8"E
Transmisja danych do obserwatora		>10 Gb/s	Dedykowana sieć światłowodowa

Oprócz dobrze uzasadnionych naukowych celów proponowanej inwestycji istotnym elementem jest stworzenie ponadnarodowego centrum radioastronomii, które, oprócz rozwijania badań w tej dziedzinie w ramach szerokiej współpracy międzynarodowej, zapew-

ni miejsca pracy dla młodego pokolenia astronomów. Niestety w aktualnych warunkach malejącego zapotrzebowania na kadrę nauczycieli akademickich nie mogą oni liczyć na pojawienie się nowych etatów w macierzystych jednostkach uniwersyteckich. W przyszłości

naukę skutecznie będzie można rozwijać wokół międzynarodowych laboratoriów badawczych (posiadających unikatową w skali europejskiej infrastrukturę) wspieranych przez uniwersyteckie i PAN-owskie instytuty. Mamy nadzieję, że nowy 90-m radioteleskop stanie się założkiem i przykładem dobrego funkcjonowania narodowego centrum badawczego. Szanse na realizację tego ambitnego zadania są znaczne. Liczymy na szerokie poparcie inicjatywy budowy dużego, nowoczesnego radioteleskopu w Polsce. Nie tylko staliśmy się posiadaczem trzeciego co wielkości radioteleskopu na świecie, ale zapewniliśmy rozwój i miejsce pracy wielu młodym uczonym, którzy dzięki temu osiągną znaczące sukcesy w dziedzinie trudnej, ale niezwykle owocnej.



Planowana lokalizacja 90-m radioteleskopu. Źródło: mapa.Szukacz.pl

*Radioastronom prof. dr hab. Andrzej Kus jest obecnie dyrektorem Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i Przewodniczącym Europejskiego Konsorcjum VLBI na lata 2009–2011*

## Zlot w Bieszczadach

W dniach 17.07–28.07.2009 odbył się Zlot Miłośników Astronomii zorganizowany przez Oddział Krakowski PTMA i Klub „Regulus”. Miejscem zlotu były, tradycyjnie od kilku lat Bieszczady a konkretnie miejscowości Roztoki Górnego w gminie Cisna. Miejsce to posiada niewątpliwe walory obserwacyjne w postaci ciemnego nieba. Jego atutem jest również możliwość bezproblemowego dojazdu na samo miejsce. Uczestnicy zlotu zamieszkiły w schronisku Cicha Dolina, które zapewnia wysoki standard zakwaterowania oraz posiada miłą, rodzinną atmosferę. Organizacji na miejscu podjął się kolega Jacek Grzyb z Sanoka, zapalony obserwator nieba.

W trakcie pobytu początkujący uczestnicy mieli możliwość naużenia się podstaw orientacji na niebie. Prowadzone były obserwacje planet, komet, gwiazd zmiennych, meteorów. Oglądały różnego rodzaju obiekty mgławicowe, które widziane na ciemnym bieszczadzkim niebie wywarły na nas niezapomniane wrażenie. Uczestnicy zlotu mieli także możliwość wysłuchania wykładów na tematy astronomiczne lub związane z astronomią i brali udział w dyskusjach.

Ze sprzętu dostępnego uczestnikom zlotu należy wymienić: teleskop Newtona 165/1200 mm na montażu paralaktycznym z napędem, który służył głównie do prób w zakresie astrofotografii, lornetę 25×100 — tzw. binar produkcji czechosłowackiej, doskonale nadający się do oglądania większych obiektów mgławicowych. Wykonywano nim również obserwacje jaśniejszej wówczas na naszym niebie komety C/2006 W3 (Christensen). Do zaglądania jeszcze bardziej w głębi naszego Kosmosu służył teleskop Schmidta-Cassegraina z systemem GoTo oraz Newton 305/1524 na montażu Dobsona.

Drugą, niezwykle atrakcyjną częścią zlotu była wizyta w zaprzyjaźnionym Narodowym Obserwatorium Słowackim w Kolonicy. Uczestnicy udali się tam 29 lipca rano własnymi samochodami, przekraczając granicę polsko-słowacką w miejscowości Radoszyce. Tu

pojawiły się dwie możliwości dojazdu: główną drogą przez Humenne (nieco dalej) lub na skróty drogami górkami. Wybraliśmy te druga opcję, przekonując się dość dotkliwie, ile warte są słowackie drogi n-tej kategorii. W obserwatorium zostaliśmy zakwaterowani w swego rodzaju domkach kempingowych, kształtem przypominającą wagony kolejowe. Podczas wykładów zapoznani zostaliśmy z historią i działalnością obserwatorium, jak również z jego wyposażeniem. Omówione zostało także oprogramowanie pozwalające na sprawne działanie całej sieci teleskopów tam pracujących oraz odbior i opracowywanie danych uzyskiwanych podczas obserwacji. Największym instrumentem i dumą obserwatorium jest teleskop o średnicy 1 metra, który został zbudowany we współpracy z obserwatorium odesskim. Znajduje się w nieco „przyciasnej” kopule, gdyż pierwotnie miał tam znajdować się teleskop o średnicy 80 cm. U nas w kraju

znane są, niestety, odwrotne przypadki... Pozostałe instrumenty znajdują się w obiektach z odsuwany dachami (różne odmiany tzw. harwardów). Zostaliśmy zaproszeni na przyszły rok — obserwatorium planuje znaczną rozbudowę istniejącej infrastruktury dydak-



1-m teleskop w obserwatorium na Kolonicy. Fot. M. Filipk

tycznej i bazy noclegowej ze środków unijnych w ramach odpowiednich projektów.

Pragniemy również zachęcić tych, którzy nie byli jeszcze w Kolonicy, do odwiedzenia tamtejszego obserwatorium, np. przy okazji urlopu spędzanego w Bieszczadach.

Marcin Filipk  
Oddział Krakowski PTMA  
Klub „Regulus”



Pamiątkowe zdjęcie uczestników bieszczadzkiego zlotu. Fot. M. Filipk



## MRA w Krośnie

**W**związku z Międzynarodowym Rokiem Astronomii w Krośnie i okolicach odbyły się ostatnio imprezy popularyzujące astronomię. Pragnę podzielić się z Państwem kilkoma zdjęciami z dwóch spotkań, w których brałem udział jako prelegent i jeden z organizatorów.

W dniach 25–26 września wraz z Muzeum Rzemiosła w Krośnie, O/Krosno PTMA zorganizował „Podniebne podróże”. Aula PWSZ witała w tym czasie wielu zainteresowanych Kosmosem gości na prelekcjach:

1. Nietypowa wędrówka po Układzie Słonecznym — Wiesław Słotwiński
2. Fotograficzna podróż przez Wszechświat — Mariusz Świętnicki
3. Gwiazda z warkoczem, czyli kilka słów o tajemnicach komet — Piotr Guzik
4. Jan Winiarski (1899–1991) — krośnieński Kopernik — Grzegorz Kieltyka
5. Zaćmienia Słońca i Księżyca, czyli Łowcy Zaćmień — Marcin Sienko (Kraków).

Po prelekcjach na płycie krośnieńskiego Rynku odbywały się pokazy nieba przez licznie wystawione teleskopy.

W dniu 22 października zostałem zaproszony do zajazdu „Jaś Wędrowniczek” w Rymanowie, by wykonać multimedialny pokaz pt. „Fotograficzna podróż po Wszechświecie”. Zaprezentowałem na nim własne fotografie a także najlepsze astronomiczne zdjęcia z całego świata.

Mariusz Świętnicki

### na rozkładówce:

#### Mgławica Krab (M1)

Taki bałagan pozostaje po wybuchu gwiazdy. Mgławica Krab, będąca wynikiem supernowej widzianej w 1054 r., jest wypełniona tajemniczymi filamentami. Są one nie tylko niesłychanie złożone, ale zdają się również zawierać mniej masy, niż zostało wyrzucone podczas wybuchu supernowej oraz mają większą prędkość, niż wynika to z założeń swobodnej eksplozji. Zdjęcie wykonane przez teleskop Hubble'a jest ukazane w trzech kolorach wybranych do celów naukowych. Mgławica Krab rozciąga się na około 10 lat św. W samym jej środku znajduje się pulsar — gwiazda neutronowa równie masywna, co nasze Słońce, ale o rozmiarach zaledwie małego miasta. Pulsar Kraba rotuje około 30 razy na sekundę.

Źródło: NASA, J. Hester, A. Loll (ASU)

## Astrospotkanie w Dąbrowie Górnictwa, czyli I Regionalne Spotkanie Forum Miłośników Astronomii Astro CD

**W**iątek 23 października o 19.00 w Dąbrowskim Kole Miłośników Astronomii i Astronautyki im. St.R. Brzostkiewicza w Zespole Szkół Nr 1 w Dąbrowie Górniczej odbyło się I Regionalne Spotkanie Forum Miłośników Astronomii Astro CD.

Na spotkaniu pojawiły się miłośnicy astronomii i astrofotografii z Tarnowskich Górz, Łazisk Górnych, Rudy Śląskiej, Chorzowa, Sosnowca oraz Dąbrowy Górniczej.

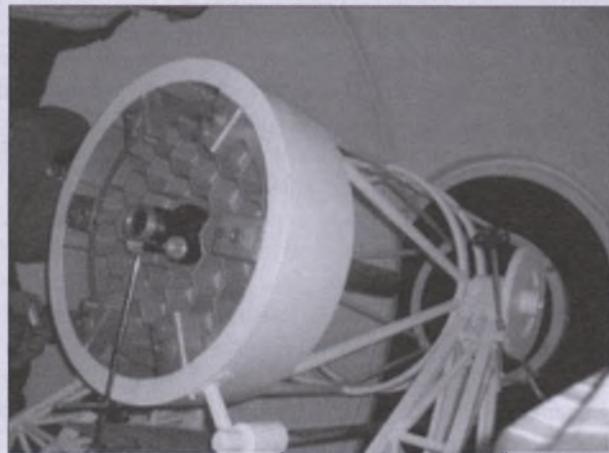
Tematem wiodącym spotkania było opanowanie techniki astrofotografii. Ko- lega Michał Kostorz opowiedział sze- rzej o programie do obróbki obrazów Regi Stax 5. Projek- cję filmu "Eyes on the skies" przygo- wował Marek Substyk. Zaproszeni astro- amatorzy zwiedzili obserwatorium, o którym opowiadał jego założyciel, opiekun oraz twórca, Dariusz W. Nelle. Kopia mieści

0,5-m teleskop Cassegraina firmy UNI- WERSAŁ. Jest to największy w kraju teleskop znajdujący się w placówce oświatowej. Pogoda w tym dniu była mniej łaskawa i teleskopowe obserwa- cje nieba, niestety, się nie odbyły.

Ogólnie astroimpreza okazała się bardzo udana. Gospodarzem spotkania był Dariusz W. Nelle.

Dziękuję wszystkim uczestnikom za przybycie.

*Dariusz W. Nelle  
Dąbrowskie Koło Miłośników  
Astronomii i Astronautyki  
im. St. R. Brzostkiewicza*



0,5-m teleskop Cassegraina firmy UNIWERSAŁ



Uczestnicy spotkania w czasie dyskusji. Fot. D. W. Nelle

## Jak astronomowie zapraszają Zieman do poznawania tajników Wszechświata

**C**zym jest Kosmos i jak go badać? Czy czeka nas koniec Świata? Czy są gdzieś inne cywilizacje? Czy istnieje UFO? Można zobaczyć czarną dziurę? To pytania nurtujące ludzkość od wieków. Wyobraźnia pozwala nam snuć przypuszczenia, w literaturze znajdziemy wiele ciekawych opisów Wszechświata, jednak spotkania z zawodowymi astronomami pozwalają na wyjaśnienie i omówienie trudnych i niezrozumiałych zagadnień. Mijający rok 2009 był Międzynarodowym Rokiem Astronomii, w obchody włączyli się również krakowianie.

Dla amatorów, miłośników i zupełnie przypadkowych osób krakowscy astronomowie przygotowali prawdziwą uczęst.

Najczęściej spotykałam ich na krakowskim Rynku, wieczorem, gdy już zapadały zmierzch, a w ogródkach panowała relaksacyjna atmosfera, kilkuosobowa grupka przychodziła z lunetami i plakatami obrazującymi ciekawe obiekty, które można było oglądać przez teleskopy. Niektórym pokazom nieba towarzyszyły prezentacje multimedialne wyświetlane na murach remontowanych Sukiennic czy też przed obliczem samego mistrza — Mikołaja Kopernika. Wtedy to dopiero było wielu zainteresowanych turystów podziwiających tarczę Księżyca, pierścienie Saturna czy też Jowisza i jego towarzysz. Na Plantach przez kilka tygodni przechodnie mogli podziwiać wystawę fotograficzną „Niebo z Ziemi”, byłam ogromnie zaskoczona i stanęłam jak wryta, gdy zauważałam, że wzduł całej wystawy wędrował astronom i wcielał się w rolę przewodnika opowiadając o wszystkich fascynujących obrazach umieszczonech wzduł alejki spacerowej.

Naszą gwiazdę dzienną można było oglądać przez teleskop, wyposażony w odpowiedni filtr, na ul. Grodzkiej przed kościołem św. Piotra i Pawła. We wnętrzu świątyni zawieszono wahadło Foucaulta, które jest dowodem ruchu obrotowego Ziemi, a na posadzce leży piękny dywanik z objaśnieniami obserwowanego ruch wahadła, pokazom zawsze towarzyszą ciekawe prelekcje.

W murach Collegium Maius były prezentowane okolicznościowe wysta-

wy z wykładami dla publiczności, towarzyszyły im również konkursy wiedzy astronomicznej, odbywały się tam lekcje muzealne z wykorzystaniem prezentowanych eksponatów. Uniwersytet Jagielloński otworzył drzwi swoich obserwatoriów astronomicznych. W Collegium Śniadeckiego widziałam pięknie odrestaurowany stary teleskop zwany „Amerykanką”, który działa i daje świetny obraz. Zachwyciło mnie także wnętrze odrestaurowanej kopuły Amerykaniki: piękne zdobienia, stare fotografie umieszczone na ścianach przenoszą zwiedzającym w minione czasy. Kiedy wybrałam się na „Wieczór z gwiazdami” do obserwatorium na Bielanach, spotkała mnie bardzo miła niespodzianka, ponieważ po wykładzie zaproszono uczestników do zwiedzania kopuł astronomicznych oraz całego Fortu Skała z przewodnikiem. To była gratka!

W Krakowie astronomią zajmują się również pracownicy Katedry Astronomii Uniwersytetu Pedagogicznego. Ci panowią to świetni dydaktycy! Widziałam ich działania wraz z grupą studentów podczas Festiwalu Nauki, Dni Otwartych Uczelni, Nocy Naukowców czy też Zlotu Teleskopów. Ich cierpliwość, umiejętność rozmowy z każdym słuchaczem, pomoc w wyjaśnianiu niezrozumiałych zjawisk astronomicznych może być wzorem dla rodziców i przyszłych nauczycieli. Pokazy nieba z udziałem tych osób wyróżniały

się profesjonalizmem i ogromną pasją. Dni otwarte w Obserwatorium Astronomicznym UP na Suhorze cieszyły się ogromnym zainteresowaniem, uczestniczyły w nich całe rodziny, grupy zorganizowane, a także przypadkowi turyści przemierzający Gorce. Obserwatorium na szczytce góry budzi zainteresowanie, a prezentowane teleskopy i wyniki prowadzonych tam badań — szacunek. Można popatrzeć przez teleskop i poszukać plam na Słońcu, zadać pytanie i uzyskać satysfakcjonującą odpowiedź. Zaskoczeniem były dla mnie przygotowane w tym obserwatorium ulotki informacyjne o imprezach MRA 2009 w Małopolsce. Galeria „Zejście” należąca do Wydziału Sztuki Uniwersytetu Pedagogicznego zaprezentowała wystawę grafiki Roksany Gołębiewskiej zatytułowaną „Nieskończoność Kosmosu” — prace przedstawiały galaktyki, gwiazdy, komety oraz bezsilność wobec tajemnic Wszechświata. Ta uczelnia zorganizowała bardzo ciekawe konkursy astronomiczne dla wszystkich grup wiekowych: dzieci, młodzież szkolnej, miłośników astronomii a także dla nauczycieli. Bardzo bogata oferta dydaktyczna, wspomagająca pracę nauczycieli, dostosowana do zainteresowań odbiorców, a także zaspakajająca potrzeby miłośników astronomii znajduje się na stronach internetowych UP.

Kraków popularzuje astronomię na wielu płaszczyznach i w różnych kregach.



Zwiedzanie obserwatorium astronomicznego Fort Skała. Fot. W. Ogłosa



Najstarsza firma promująca artystów, Desa przygotowała wystawę prac o tematyce astronomicznej. Zaprezentowano dzieła Bronisława Chromego, Jerzego Nowakowskiego, Antoniego Porczaka, Andrzeja Pollo, Kazimierza Mikulskiego, Janiny Kraupe-Świderskiej oraz Bogusława Gabryśia. Podziwiającym dziełem sztuki widzom towarzyszyła muzyka Krzysztofa Pendereckiego.

Uczniowie jednego z gimnazjów przygotowali przedstawienie teatralne „Koper-

nik przedstawia planety”. Premiera odbyła się na scenie przed Ratuszem podczas Festiwalu Nauki i zdobyła wielki aplauz, była wielokrotnie prezentowana na innych imprezach. Odbywają się także odczyty, wykłady i prelekcje w różnych stowarzyszeniach i ośrodkach kultury. Wystawy są organizowane również przez międzynarodowe jednostki działające na terenie miasta. W 2009 r. odbyło się łącznie około 10 wystaw tematycznych oraz 50 wykładów popularnonaukowych otwartych

dla publiczności. Na wszystkie imprezy MRA 2009 były wolne wstępy.

Mam nadzieję, że ten ogrom pracy i zaangażowania ludzi nauki nie zostanie przerwany i nadal będzie można obserwować niebo z krakowskiego Rynku, wysłuchać interesującego wykładu czy też uczestniczyć w kolejnym, ciekawym konkursie.

Gratuluję tak owocnej pracy!

*Wioletta Ogłozna  
nauczycielka z Krakowa*

## Moje drugie zaćmienie

**C**ałkowite zaćmienie Słońca to tak wyjątkowe zjawisko astronomiczne, że choć nie jestem astronomem, po raz drugi pojedąłem je oglądać. Poprzednio udało mi się obserwować zaćmienie w 2006 r. na tureckim wybrzeżu w miejscowości Alanya. Tym razem wybrałem się nieco dalej, bo aż do Chin. Jako grupa pięciu osób (Marta, Michał, Piotr, Magda i Grzegorz) postawiliśmy sobie za cel przemierzyć w siedem tygodni spory kawałek Chin. Jednym z zamierzeń było właśnie zaćmienie Słońca. Chyba jako nienliczni zaplanowaliśmy obserwacje w Górzach Sinotybetańskich we wschodnim Syczuanie na wysokości 4600 m n.p.m. na przełęczy Tsemed Lka Ka. Mimo iż wiedzieliśmy, że najdłuższej będzie można oglądać zaćmienie w okolicach Szanghaju (około 7 min), ze względu na pewniejszą pogodę, zdecydowaliśmy się udać w góry, w głęb konfynentu, a nie nad morze.

Bardzo opłaciło się wchodzić na taką wysokość: niebo okazało się przychyl-

ne pokornym wędrowcom i roztoczyło przed nami widoki na lodowce.

Wyruszając 18 lipca na trekking z małej miejscowości Liuba w kierunku lodowca Gongha Shan, obawialiśmy się, że kapryśna górskiego pogoda pokrzyżuje nam plany. Jednak gdy dotarliśmy 20 lipca na wysokość 4300 m, byliśmy prawie pewni, że decyzja była słuszna: słońce świeciło i ani jedna chmurka nie zakłóciła błękitu nieba. Nie zanosiło się również na zmiany, ponieważ wysokie szczyty górskie zatrzymywały masy powietrza. Dwa dni później, 22 lipca, ruszyliśmy na przełęcz 4600 m, gdzie pierwszy raz zobaczyliśmy ogromne lodowce.

Nie byliśmy sami w tym miejscu. Spotkaliśmy Kalifornijczyka chińskiego pochodzenia, Boba Yen, łowcę zaćmień (miały ich na swoim koncie już dziesięć), który odwiedził kraj głównie z powodu zaćmienia. Był tam sam, ponieważ

twarzyszący mu jego student w ostatniej chwili zdecydował się na wyjazd w kierunku Sangrilla bardziej na zachód. Otożony profesjonalnym sprzętem wwiezionym jeepem na tę wysokość, w towarzystwie wysokogórskiego boku głowy, z zapartym tchem obserwował zjawisko. My zaś, co prawda, bez sprzętu,

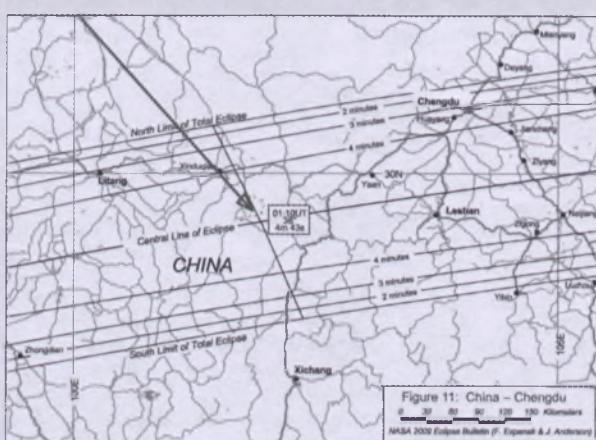
zaopatrzeni jedynie w spawalnicze szkiełka kupione naprędce w tybetańskiej wiosce mieliśmy nie mniejszą frajdę. Na szczęście nam ból głowy nie przeszkadzał, bo na wysokość 4600 m wchodziliśmy kilka dni. Niewielkie cirrusy, pojawiające się na niebie nie przeszkodziły nam podziwiać korony słonecznej, Merkurego i Wenus.



Fot. 8. Autorka i ogromne jaki

Od godziny 9.05 Księżyc coraz bardziej zasłaniał tarczę Słońca, które o 10.10 czasu lokalnego całkowicie zniknęło, pozostawiając na 4 min i 33 s wokół siebie ciemność, ciszę i ogromne zdziwienie mieszkańców pobliskiej jury. Niesamowite wrażenie sprawiał zbliżający się cień Księżyca i „gaśnieć” Słońca. Zaćmienie Słońca obserwowały nie tylko my: z niepokojem spoglądały na niecodzienne zjawisko wysokogórskie zwierzęta, jaki. W ich towarzystwie spędziliśmy niezbędną noc. Zwierzęta większe niż nasze krowy sprawiały wrażenie groźnych. Były to jednak tylko wrażenie, ponieważ uciekały, jeśli próbowały się do nich zbliżyć. W ciemnościach stały przestraszone, w bezruchu.

Dokończenie na s. 45.



Fot. 6. Pas zaćmienia w okolicach Gongha Shan. Strzałka wskazuje położenie Tsemed Lka Ka

## Prakalkulator, czyli cyrkiel proporcjonalny

**S**konstruowany pod koniec XVI w. cyrkiel proporcjonalny był odpowiedzią na zapotrzebowanie ówczesnej nauki i techniki: artylerii, inżynierii lądowej, architektury, sztuki, miernictwa, kartografii, astronomii, astrologii, matematyki czy bankowości. Trudno sobie obecnie wyobrazić, jak żmudne i czasochłonne były dawnej rachunki i jak łatwo można było się pomylić. Idea przyrządu jest niezwykle prosta, dlatego zrozumiałe jest, że szybko powstały modyfikacje instrumentu adresowane do określonych grup zawodowych.

Cyrkiel to niewielki instrument złożony z dwóch ramion połączonych zwiastem, opatrzony promieniście rozchodzącymi się skalami. Jest to przyrząd ułatwiający przeliczanie różnych wartości w oparciu o proporcje pomiędzy nimi. Za jego twórcę uznaje się najczęściej Galileusza (1564–1642). W 1595 r. skonstruował on cyrkiel geometryczno-wojskowy. Przyrząd ten zdobył dużą popularność, a pomysłodawca znalazł wielu naśladowców — instrument był kopiowany przez twórców z różnych krajów. Dodawano nowe skale kosztem nieprzydatnych dla danej dziedziny, zagęszczano je i wrysowywano na krawędziach. Zmodyfikowano też wielkość instrumentu tak, że w XVIII w. mieścił się on w kieszeni lub w kompendium matematycznym<sup>1</sup>.

Cechą szczególną cyrkla Galileusza był kwadrant z podziałkami wojskowo-astronomiczno-geodezyjnymi oraz skuwka dodawana na jednym ramieniu. W późniejszych cyrklach proporcjonalnych nie używano tej konstrukcji. Podziałki tradycyjne umieszczano parami na obu ramionach cyrkla. Niektóre z później dodanych skali są pojedyncze, będące skalami pomocniczymi lub następującymi tabeli i wykazy, jak np. trygonometryczne.

<sup>1</sup> Kompendium matematyczne — zestaw przyborów matematycznych we wspólnym etui. Różniły się nieco składem przyborów w zależności od przeznaczenia (kompendium geometryczne, kreślarskie, architektoniczne itp.). Podstawowym składem była linijka, ekierka, cyrkiel kroczeń, cyrkiel nastawczy i grafiony. Dodatkowo często były wyposażane w cyrkiel proporcjonalny, linijkę Guntera, kątomierz czy linijki równoległe.

Obok najprostších działań: dodawania, odejmowania mnożenia i dzielenia, możliwe było również wykonywanie bardziej skomplikowanych operacji. W prosty sposób można było podzielić odcinek na równe części, przeliczyć waluty, zsumować objętości brył, wpisać figury foremne w okrąg czy obliczyć pole powierzchni wielokątów foremnych. Był to instrument przydatny przy konstruowaniu kolistych skal, które umieszcza się w grafometrach, teodolitach, zegarach słonecznych i nokturnałach czy chociażby do określenia ilości prochu potrzebnej przy wystrzelaniu pocisków danego kalibru. Jego główną zaletą było to, że przeliczając wartości, korzystano z proporcji bez stosowania żmudnych działań arytmetycznych.

W 1606 r. Galileusz wydał w Padwie *Le Operazioni del compasso geometri-*

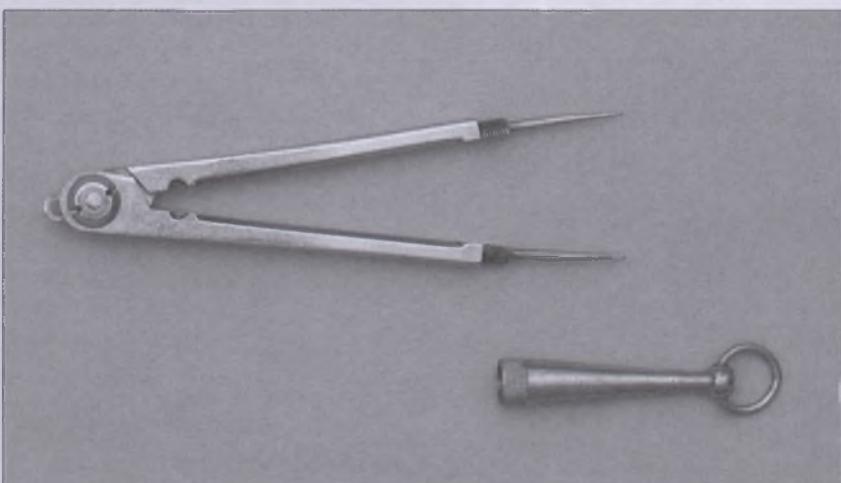
*co e militare* [Działania na cyrklu geometrycznym i wojskowym]. Była to jedynie instrukcja użycia cyrkla, wydana w nakładzie 60 egzemplarzy, bez zilustrowania graficznego instrumentu. Dopiero wydanie z 1640 r. zostało zaopatrzone w stosowne rycinę techniczną. Jak wielką pomocą była książka Galileusza, potrafią docenić wszyscy próbujący nauczyć się korzystać z suwaka logarytmicznego bez instrukcji jego obsługi.

Korzystając z cyrkla, trzeba zaopatrzyć się w kroczeń<sup>2</sup> (fot. 2) używany do precyzyjnego odmierzania i przenoszenia odległości. Podziałki umieszczone są parami na obu ramionach cyrkla i przez rozwieranie instrumentu można

<sup>2</sup> Cyrkiel kroczeń — o ramionach zakończonych igłami, dla ułatwienia nazwę *cyrkiel* odnosi się do cyrkiela proporcjonalnego.



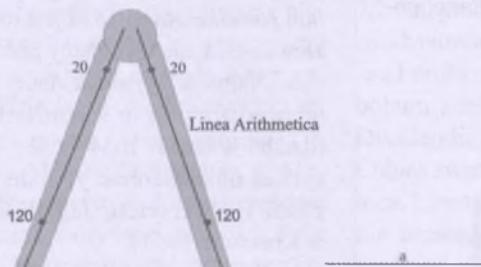
Fot. 1. Cyrkiel proporcjonalny wykonany przez Jeremiasa Köglera w 1664 r. Ze zbiorów Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego. Fot. Grzegorz Zygiel



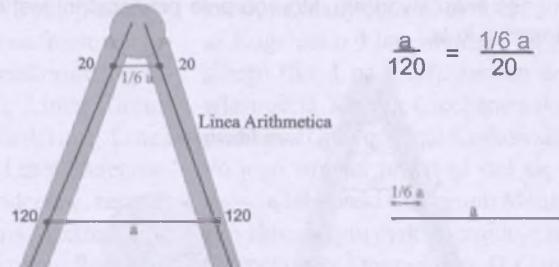
Fot. 2. Cyrkiel kroczeń produkcji F.S.Gesch, Niemcy, lata 1920–1940. Ze zbiorów Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego. Fot. Grzegorz Zygiel

## 1. Podział odcinka na równe części

Jedną z prostszych operacji przy użyciu cyrkla proporcjonalnego jest podział odcinka na równe części. Korzysta się wtedy ze skali o nazwie *Linea Arithmetica*. Chcemy podzielić odcinek  $a$  na 6 części — szukamy więc na skali dwóch par punktów, których stosunek do siebie ma się jak 1:6 — mogą być to np. 20 i 120.



Mierzmy długość dzielonego odcinka  $a$  cyrkiem kroczkiem. Jest to odległość, na jaką rozwieramy ramiona cyrkla w punkcie 120 na obu ramionach, następnie, nie zmieniając rozwarcia, mierzmy kroczkiem odległość pomiędzy punktami 20. Zmierzona odległość to 1/6 dzielonego odcinka, którą przenosimy kroczkiem.



ustawiać odpowiednie proporcje. Konstrukcja cyrkla wykorzystuje podobieństwo trójkątów, w obliczeniach korzysta się z twierdzenia Talesa i reguły złotego podziału (dłuższy odcinek do krótszego ma się tak jak suma ich dłużości do dłuższego).

Geniusz wynalazku Galileusza wykorzystał w swoich pracach Jan Heweliusz (1611–1687). Do czego zatem cyrkiel był potrzebny Heweliuszowi? Konstruowane przez niego instrumenty charakteryzowały się precyzją wykonania, nowatorskimi rozwiązaniami technicznymi oraz doskonale wykreślonymi skalami.

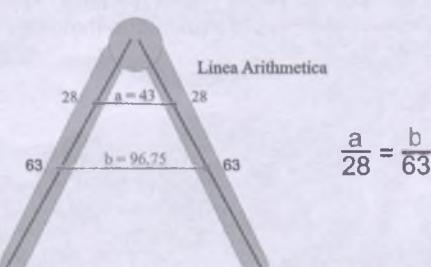
Zdolności i wyobraźnia techniczna widoczna jest już w pierwszym znany jego projekcie — rycinie projektu zegara słonecznego refleksyjnego z traktatu o gnomonice<sup>3</sup> autorstwa Athanasiusa Kirchera (1602–1680). Właściwie przy większości obliczeń związanych z konstrukcją i usprawnieniami instrumentów astronomicznych korzystał on zapewne z cyrkla proporcjonalnego. Szczególnie łatwo sobie to uzmysłowić, patrząc na olbrzymie kwadranty, sekstanty czy łuk dwuczęściowy (poprzednik oktantu). Również budowa lunet wymagała sprawnego kalkulatora: Heweliusz sam szlifował soczewki, wyznaczał ich krzywizny, ustawał ogniskowe, tworząc gigantyczne lunety. Samo wykonanie przyrządu do szlifowania soczewek wymagało precyzyjnych obliczeń. Po-

## 2. Przeliczanie walut

Obecnie jesteśmy przyzwyczajeni do korzystania z jednej lub ewentualnie dwóch walut jednocześnie. Cały czas trwa ujednolicianie środka płatniczego i zastępowanie wielu walut jedną wspólną — chociażby wprowadzenie euro na obszarze Unii Europejskiej. Dawniej własną walutę posiadały wszystkie kraje, dodatkowo często były własną monetę różne prowincje czy nawet poszczególni właściciele rozległych dóbr ziemskich. Pieniądze często były wymieniane, każda waluta posiadała kilka nominatów — w efekcie równocześnie można było płacić kilkunastoma typami monet będących w obiegu. Jak sobie z tym poradzić? Nie było oficjalnie publikowanych kursów dziennych walut, trudno było też wszystko spaćniąć. Przy pomocy cyrkla proporcjonalnego łatwo i szybko przeliczano kwotę z jednej waluty na drugą, nie znając ich wzajemnych kursów, znaając za to ich kursy względem trzeciej waluty, będącej najczęściej w użyciu w danym regionie. Również wtedy korzystano ze skali *Linea Arithmetica*.

Jak przeliczyć kwotę 63 euro na dolary za pośrednictwem trzeciej waluty „A”? Wiemy, że jedno euro to 43 „A” a jeden dolar to 28 „A”. Znajdujemy na skali wartość 28 i mierzmy kroczkiem odległość od początku skali do wartości 43. Rozchylamy cyrkiel proporcjonalny na odległość  $a = 43$  przy wskazie 28.

Następnie odszukujemy wartość wskazu 63 i mierzmy kroczkiem odległość  $b$ , na jaką jest rozwarty cyrkiel. Następnie przykładamy kroczek do skali i odczytujemy długość odcinka  $b = 96,75$ , czyli 63 euro to 96,75 dolarów.

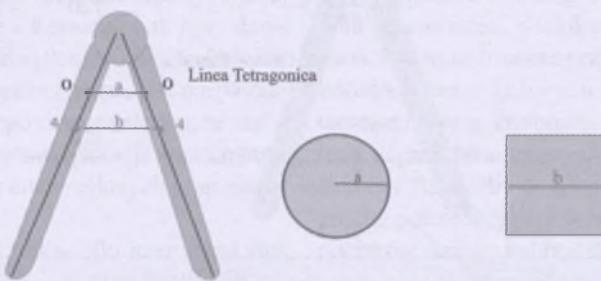


<sup>3</sup> Primitiae gnomonicae catoptricae (Awinion, 1635).

### 3. Określanie pola powierzchni wielokątów foremnych

Skala nazwana *Linea Tetragonica* pozwala szybko określić pole powierzchni wielokątów foremnych i koła, wymagających bardziej skomplikowanych obliczeń niż pole powierzchni kwadratu.

Po zmierzeniu kroczkiem promienia koła wynoszącego **a**, rozchylamy na tę szerokość ramiona cyrkla dla wskazu „O”. Następnie odszukujemy wskazanie 4 i nie zmieniając rozwarcia cyrkla mierzymy kroczkiem odległość **b**. Jest to długość boku kwadratu, którego pole powierzchni jest równe szukanej powierzchni koła.



Analogicznie pole powierzchni ośmiokąta foremnego wyznaczamy, mierząc kroczkiem długość boku, rozwierając ramiona na tę szerokość przy wskazaniu 8 i odczytujemy długość boku kwadratu, którego pole powierzchni równe jest szukanej powierzchni ośmiokąta.

dobnie zresztą konstruowanie zegarów i skomplikowanych mechanizmów. Specjalnością Heweliusza były również podziałki, układy kół zębatych, linek z rolkami w miejsce stosowanych tra-

dycyjnie sprężyn i śrub, a więc konstrukcje wymagające precyzyjnych obliczeń.

W Polsce są znane cyrkle analogiczne w konstrukcji podziałek i wzornictwie z instrumentem Galileusza. Produc-

kowane były w Gdańsku zarówno przez samego Heweliusza, jak i rzemieślników działających tam w tym czasie. Najstarszy znany zachowany do dziś z 1638 r. znajduje się w zbiorach Domu Mikołaja Kopernika Muzeum Okręgowego w Toruniu (fot. na s. w.IV). Zgodnie z sygnaturą *I. David. Fe. [cit] oraz Johan Hevelke/ Anno 1638* jest to projekt Heweliusza, ale wykonany przez I. Davida. Najbardziej jednak znany gdański twórca cyrkli to Jeremias Kögeler (działał w latach 1634–1688), którego cyrkiel można zobaczyć m.in. w Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (fot. 1).

Więcej o historii, budowie i zastosowaniu cyrkla proporcjonalnego można znaleźć chociażby na stronach:

1. Institute and Museum of the History of Science. Galileo's compass. 2004 <http://brunelleschi.imss.fi.it/esplora/compasso/ecrediti.html>

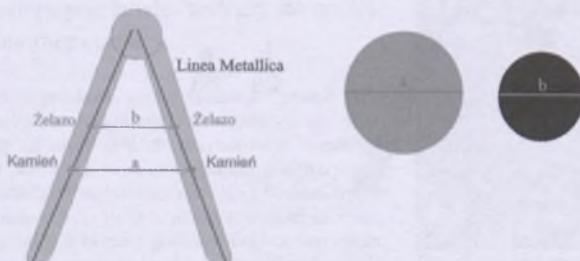
2. C. Sangwin A typical sector and how to use it. 2002 <http://web.mat.bham.ac.uk/C.J.Sangwin/Sliderules/sector.html>

*Małgorzata Taborowska  
Collegium Maius UJ*

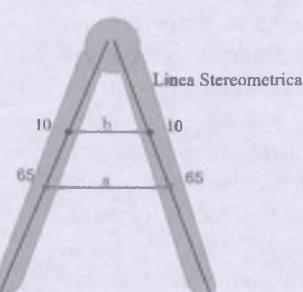
### 4. Przeliczanie kalibru pocisku

Wiele zadań wymagało użycia więcej niż jednej skali — chociażby określenie kalibru lub ciężaru pocisku. Było to szczególnie istotne w czasach, kiedy produkowano kulę z różnych materiałów: kamienia, ołowiu, żelaza itp. w zależności od dostępności danego materiału. Sprawne przeliczanie ilości potrzebnego prochu dawało możliwość odnalezienia celnego strzału z działa czy muszkietu.

Przy pomocy skali nazwanej *Linea Metallica* określano rozmiar kuli porównawczej, tzn. takiej, dla której wiedzieliśmy, ile użyć prochu, np. kuli kamiennej. Następnie kroczkiem mierzono jej średnicę **a** i rozwierano cyrkiel na odpowiednią szerokość przy wskazaniu opisanym dla kamienia. Nie zmieniając rozwarcia, mierzono średnicę kuli **b** pomiędzy wskazanymi opisanymi symbolami szukanego materiału, np. żelaza.



Dalsze obliczenia wymagały skali oznaczonej jako *Linea Stereometrica*. W dowolnym punkcie, dla łatwiejszego rachunku niech będzie to 10, rozwierano cyrkiel na szerokość mniejszej kuli — w tym wypadku **b**, czyli kuli żelaznej. Odszukanie przy pomocy kroczka szerokości równej średnicy większej kuli **a** pozwalało odczytać jej wskaźnik (np. 65).



W efekcie uzyskiwano proporcję: 10:65, czyli kula żelazna jest 6,5 razy cięższa od kamiennej o takim samym kalibrze. Tę proporcję należało uwzględnić, przeliczając ilość prochu, którą trzeba użyć, jak również wyznaczając trajektorię lotu pocisku.

## Cyrkiel Jana Heweliusza ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Toruniu

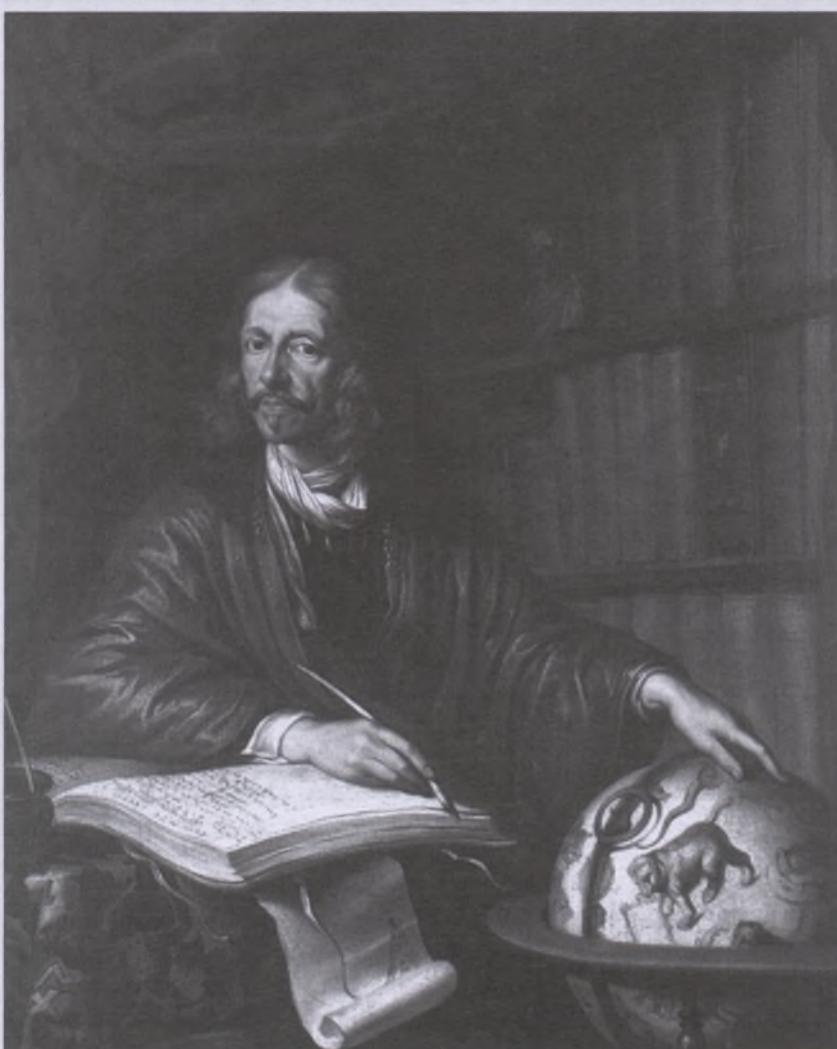
Zakończył się właśnie Międzynarodowy Rok Astronomii, który został ogłoszony na cześć Galileusza w związku z użyciem przez niego po raz pierwszy, 400 lat temu, lunety do obserwacji nieba. Okrągła, 400. rocznica urodzin Jana Heweliusza przypada za niespełna rok, w styczniu 2011 r. W Domu Mikołaja Kopernika w Muzeum Okręgowym w Toruniu znajduje się przyrząd, który łączy ze sobą te dwie postaci i który warto dziś przypomnieć.

Co więcej, przedmiot ten dotyczy w jakim sensie jeszcze jednego znakomitego uczonego — Mikołaja Kopernika. Jest to cyrkiel Jana Heweliusza, sygnowany przez samego astronoma, szczęśliwie zachowany do dnia dzisiejszego. Obiekt ten, prezentowany w Domu Mikołaja Kopernika w Muzeum Okręgowym w Toruniu, stanowi część niewielkiej, lecz cennej kolekcji instrumentów naukowych, na którą składają się różnego typu zegary: słoneczne, słoneczne pierścieniowe, puszkowe jednowskazówkowe, nitkowe, mikroskop czy cenny globus Wilhelma Bleau z 1622 r. Wspomniane piękne hewelianum to cyrkiel proporcjonalny w typie Galileusza, opracowany przez florenckiego astronoma w latach 1595–1599. Model tegoż instrumentu opisał Galileusz w dziele *Le Operazioni del compasso geometrico e militare*, wydanym w Padwie w 1606 r. Na podstawie modelu powstawały wysokiego kunsztu narzędzia pomiarowe w całej Europie.

Zanim przybliżymy czytelnikowi bliższe uwagi na temat cyrkla Heweliusza, warto wspomnieć o podobnych przyrządach tego rodzaju przechowywanych w polskich zbiorach i kolekcjach. Należy podkreślić, że toruński obiekt jest najwcześniejszym datowanym przyrządem w grupie „polskich” cyrkli proporcjonalnych. Przechowywane są one w Krakowie, Gdańsku, Wrocławiu, a ostatnimi czasy w posiadanie takiego przyrządu weszło również Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku. Biblioteka PAN w Gdańskim szczerzy się przyrządem Jeremiasa Kögelera z 1668 r. Jest

to obiekt sygnowany Jeremias Kögeler fe / Gedani 1668, wykonany z mosiądzu o wymiarach: dł. 35,3 cm, szer. 7,2 cm, grub. 0,7 cm. Na obu płaszczyznach ramion skale. Strona frontowa: Linea Fortifica, Linea Metallorum z symbolami sześciu metali, Linea Circuli Dividendi, Linea Chordarum, Linea Cubica zwana również Linea Stereometrica, Linea Rectae Dividenda, centralnie umieszczony napis: Extrema ac med.: rat secan. Strona tylna: Reducendorum planorum & Corporum Regularris (Reductio planorum et corporum) oznaczona figurami geometrycznymi, Linea Subtensarum Angulorum Polygonorum, Linea Tetragonica, Linea Arithmetica, Linea Geometrica, Corporum

Sphaerae Inscriptio oznaczona rysunkami brył, a na krawędziach zewnętrznych umieszczona skala tangensów. W Krakowie możemy oglądać cyrkiel Jeremiasa Kögelera o 4 lata młodszy od gdańskiego (fot. 1 na s. 30). Jest on dawną własnością Kacpra Ciechanowskiego, profesora Uniwersytetu Krakowskiego. Po jego śmierci przyrząd stał się własnością biblioteki Collegium Maius. Na etui chroniącym cyrkiel znajduje się inskrypcja: *Post fata clariss D Casparis Ciekanowski Coll. Minor oblatum Biblioth. Coll. Mai.* Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego posiada jeszcze jeden podobny cyrkiel z przeł. XVII i XVIII wieku. We Wrocławiu w Muzeum Uniwersyteckim przechowywany



Obraz „Johannes Hevelius” pędzla Daniela Schultza. Źródło: wikipedia.org

jest cyrkiel Jeremiasa Köglera z 1665 r. Natomiast Muzeum Mikołaja Kopernika we Fromborku nabyło niedawno cyrkiel sygnowany również przez Kögeleą i datowany na 1663 rok.

Cyrkiel Jana Heweliusza należy do perełek kolekcji Muzeum Okręgowego w Toruniu. Jest to przyrząd zaprojektowany i sygnowany przez uczonego. Obiekt ze względów bezpieczeństwa rzadko wypożyczany jest na wystawy czasowe. Na co dzień eksponuje się go w Domu Mikołaja Kopernika, w kamienicy przy ul. Kopernika 15 (dawnej ul. Świętej Anny), która w latach 70. XV wieku należała do rodziny Koperników. Cyrkiel ten jest jedynym zachowanym przyrządem pochodzącym ze słynnej gdańskiej pracowni-obszerwatorium Jana Heweliusza. Podobnie przyrządy używane przez Mikołaja Kopernika nie zachowały się do czasów obecnych. Natomiast ważnymi pamiątkami po toruńskim uczonym są egzemplarze pierwszego wydania dzieła *De Revolutionibus*, którego karty astronom najprawdopodobniej przeglądał i recenzował w roku swojej śmierci.

Jan Heweliusz, darząc estymą miasto rodzinne wielkiego poprzednika, podarował ów cyrkiel toruńskiemu gimnazjum w połowie XVII w., dzięki czemu zachował się on w nienaruszonym stanie do dnia dzisiejszego. Korzystali z niego młodzi adepci toruńskiej uczelni, szkoląc się w przedmiotach przyrodniczych. Następnie cyrkiel przeszedł w posiadanie Muzeum Miejskiego w Toruniu i do dnia dzisiejszego jest własnością Muzeum Okręgowego w Toruniu.

Cyrkiel proporcjonalny w literaturze przedmiotu określany jest mianem cyrkału Galileusza. Pierwotną formę przyrządu ze skalami, według obecnego stanu wiedzy, stworzył Guidobaldo del Monte w latach 1568–1570. Wcześniej, Fabrizio Mordente w latach 1554–1567 wykonał cyrkiel, za pomocą którego mógł zapoznać się ze szczegółami pierwszych sześciu ksiąg *Geometrii Euklidesa*. Niezmierne istotny jest cyrkiel opracowany przez Galileusza (1564–1642) i opisany przez niego w dziele *Le Operazioni del compasso geometrico e militare* (Padova 1606). W XVII i XVIII w. wykonywano ten

przyrząd, umieszczając nowe podziałki na ramionach cyrkała. Jeremias Kögeler (Kögler, Kegeler, Kogler), gdański rzeźbiarz, aktywny w latach 1634–1688, twórca wielu instrumentów matematycznych i fizycznych, był autorem kilku cyrkli proporcjonalnych (prawdopodobne jest, że wykonał ich znacznie więcej).

Cyrkiel Toruńskiego Muzeum został stworzony w latach 30. XVII w., a więc przed kulminacyjnym okresem aktywności Köglera. Posiada sygnaturę „I. David. Fe” oraz „Johan Hevelke/ Anno 1638”. Powstał z inicjatywy i projektu Jana Heweliusza w bliżej nieznanym warsztacie Dawida I.

Instrument toruński, podobnie jak wszystkie cyrkle proporcjonalne, służył do obliczeń matematycznych i mechanicznego przeliczania proporcji, a także do porównywania powierzchni. Złożony jest z dwóch ramion w kształcie listew, połączonych półkulistym zawiasem. Zamykało się go za pomocą zatrzasków bolcowych. Końce ramion są ozdobnie profilowane. Na obu ich płaszczyznach zostały wyryte skale:

Strona frontowa: Scala sivi Linea Aritmetica / Divisio linea recta. / Extrima et media ratio;

Scala sivi Linea Aritmetica / Divisio linea recta. / Extrima et media ratio;

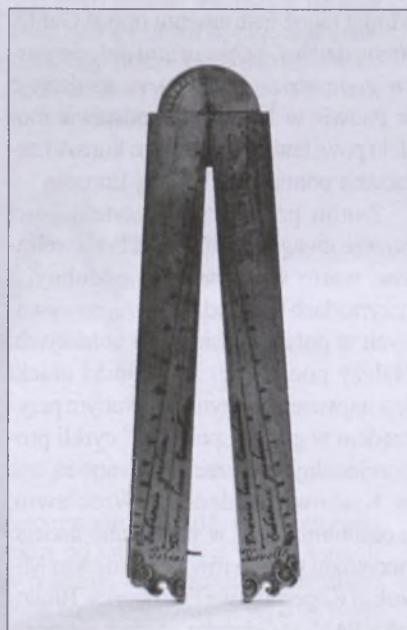
Strona tylna: Subtensa graduum. / Divisio linea Circularis.; Subtensa graduum. / Divisio linea Circularis.

Należy podkreślić, że cyrkiel Heweliusza powstał w latach 30. XVII w., zaś podobne jemu instrumenty, odnajdowane w zbiorach polskich, pochodzą już z lat 60. Sam Heweliusz, urodzony w Gdańsku 28 stycznia 1611 r., miał 27 lat, kiedy stworzył ów instrument. Jest to zgodne z informacjami biograficznymi na temat gdańskiego astronoma, w których wzmiarkuje się, że Heweliusz wykonywał przyrządy z metalu w początkowym okresie swojej działalności naukowej, zaś później zamawiał je u rzemieślników. Sławę i uznanie zyskał nie tylko jako wszechstronny i dokładny obserwator nieba, ale również jako wybitny konstruktor przyrządów astronomicznych. Zbudowane przez niego około 1650 r. w Gdańsku obserwatorium astronomiczne należało wówczas do największych w Europie.

Heweliusz posiadał w nim wiele różnorodnych narzędzi astronomicznych, głównie własnej konstrukcji. Większość z nich była wzorowana na przyrządach Tychona Brahe, służyła do pomiaru odległości kątowych i wysokości ciał niebieskich, nie posiadała aparatu optycznego, a jedynie system przekieranic. Astronom stosował również lenty różnych rozmiarów. Do najokazalszych należała luneta o 45-metrowej ogniskowej, utrwalona na rycinie Andrzeja Stecha. Z optyką są związane dwa jego najtrwalsze osiągnięcia konstrukcyjne: polernoskop (pierwowzór peryskopu) i śruba mikrometryczna do przesuwania tubusu mikroskopu.

Prezentowany w zbiorach kopernikańskich cyrkiel Jana Heweliusza, gdańszczanina — kontynuatora dzieła Mikołaja Kopernika to niezwykle cenny przyrząd zarówno dla zbiorów Muzeum Okręgowego w Toruniu, jak i dla szeroko rozumianych zbiorów polskich. O jego wyjątkowości świadczy przede wszystkim fakt, że jest sygnowany przez samego astronoma. Ponadto zachował się jako jedyny z ruchomej spuścizny warsztatu Heweliusza. Należy też podkreślić, że jest to obiekt niebyvale interesujący również z punktu widzenia jakości sztuki rzemiosła artystycznego.

Michał Kłosiński  
Muzeum Okręgowe w Toruniu



Zdjęcie cyrkału Heweliusza prezentujemy w kolorze na s. w.ll

## Jubileusz Profesora Hurnika

**W**czwartek 22 października 2009 r. na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu odbyła się Sesja Jubileuszowa poświęcona dorobkowi naukowemu i osobie Prof. dr hab. Hieronima Hurnika, który 6 października bieżącego roku ukończył 90 lat.

Sesję zaszczyciło swoją obecnością wielu znakomitych Gości, którzy przybyli do Poznania złożyć gratulacje Dostojnemu Jubilatowi. Byli to między innymi: prof. Andrzej Muszyński z Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego, dr Jadwiga Biała z Planetarium i Obserwatorium w Olsztynie, dr Adam Michałec z Uniwersytetu Jagiellońskiego, dr Henryk Brancewicz — prezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, dr Ryszard Gabryszewski, który przekazał życzenia od prof. Grzegorza Sitarskiego oraz pracowników Centrum Badań Kosmicznych PAN w Warszawie.

Większość znaczących polskich instytucji astronomicznych przesyłały listy gratulacyjne Szacownemu Jubilatowi.

Sesję otworzył dziekan Wydziału Fizyki UAM — prof. dr hab. Ryszard Naszkrecki, który złożył Jubilatowi gratulacje w imieniu całej społeczności wydziału, a także podziękował za kilka dziesięcioleci lat pracy dla Uniwersytetu im. A. Mickiewicza. W swym wystąpieniu podkreślił fakt, że Dostojny Jubilat jest najznakomitszym przykładem na to, że profesorem jest się przez całe życie. Odczytał także list z życzeniami od J.M. rektora — prof. dr hab. Bronisława Marciniaka.

Najserdeczniejsze życzenia od pracowników Instytutu Obserwatorium Astronomiczne UAM oraz w imieniu członków Polskiego Towarzystwa Astronomicznego przekazał prof. dr hab. Edwin Wnuk — dyrektor Instytutu i prezes Towarzystwa.

Podczas sesji wielu z przybyłych Gości podzieliło się swoimi refleksjami na temat wpływu współpracy z Profesorem Hieronimem Hurnikiem na ich życie zawodowe i działalność instytucji astronomicznych, z którymi są związani. Niezwykle ciepło przedstawił współpracę z Jubilatem dr hab. Stanisław Schillak — dyrektor Obserwatorium Astrogeodynamicznego CBK PAN w Borowcu. Szczególnie wzruszającym momentem były życzenia i kwiaty przekazane Panu Profesorowi przez studentów I roku astronomii na Wydziale Fizyki UAM — młodych ludzi dopiero rozpoczynających swoją karierę akademicką.

Dokonania naukowe i dydaktyczne Dostojnego Jubilata nakreślił były doktorant Profesora, a obecny dyrektor Instytutu — prof. Edwin Wnuk. Zaznaczył, że Profesor Hieronim Hurnik całe swoje życie zawodowe związał z Uniwersytetem im. A. Mickiewicza w Poznaniu i jest równolatkiem swojej Alma Mater. Prowadzoną przez siebie działalnością naukową Jubilat zasługuje w pełni na miano Nestora poznańskiej astronomii — wielu z obecnych pracowników Obserwatorium Astronomicznego UAM w Poznaniu pod Jego kierunkiem opracowywało swoje dysertacje doktorskie. Profesor wypromował

17 doktorów, z których wielu osiągnęło najwyższe tytuły i stopnie naukowe. Był także dłużej kierownikiem obserwatorium, a latach 1965–1972 pełnił funkcję prodziekana ds. studenckich na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii UAM.

Dorobek naukowy Profesora Hurnika to 84 publikacje,



Szanowny Jubilat w trakcie swego wystąpienia. Fot. J. Gołębiewska

z czego dwie pierwsze zostały opublikowane już w 1939 r. Jubilat jest wybitnym specjalistą w dziedzinie astrometrii i mechaniki nieba. Wykonywał również obserwacje komet i planetoid, wyznaczając ich pozycje. Projektował i budował różne instrumenty astronomiczne, m.in. astrografia, teleskop zenitalny, kamery meteorowe, pierwsze polskie zegary kwarcowe a także dalmierz laserowy do obserwacji sztucznych satelitów.

Profesor jest autorem następujących książek: *Kometa Halleya* (PWN, 1985); *Meteoroidy, meteory, meteoryty* (Wydawnictwo Naukowe UAM, 1994, wspólnie z żoną B. Hurnik); *Instrumenty obserwacyjne astrometrii — od gnomołu do interferometru optycznego* (Wydawnictwo Naukowe UAM, 2000); *Materia kosmiczna na Ziemi, jej źródła i ewolucja* (Wydawnictwo Naukowe UAM, 2005 wspólnie z B. Hurnik). Aktualnie Profesor pracuje nad kolejną książką: *Planeta Mars*. Książki autorstwa prof. Hurnika są wysoce cenione nie tylko przez zawodowych astronomów, ale także przez miłośników astronomii, dla których często jest to niezastąpione źródło wiedzy astronomicznej. Wskazuje to na wielki talent popularyzatorski Profesora Hurnika i autentyczną astronomiczną pasję.

Po wystąpieniu prof. E. Wnuka, dr hab. Piotr A. Dybczyński, również były doktorant Profesora Hurnika, w bardzo ciekowej i wzruszającej prezentacji podziękował Szacownemu Jubilatowi za opiekę naukową.

Na zakończenie sesji głos zabrał sam Jubilat. W barwny, tak charakterystyczny dla siebie sposób, opowiedział histo-



Szanowny Jubilat przyjmuje gratulacje od prof. E. Wnuka — dyrektora Instytutu OA UAM oraz prezesa PTA. Fot. J. Gołębiewska

rię swojej drogi naukowej. Przypominał nam wszystkim, że w roku 1937 rozpoczął studia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Uniwersytetu Poznańskiego. Na pierwszym roku miał do wyboru wykład z astronomii lub krystalografii — wybrał astronomię. Dzięki uczestnictwu w kole naukowym astronomiczno-geofizycznym, którego opiekunem był dr Fryderyk Koebcke, został zatrudniony w obserwatorium. Do Jego zadań należały obserwacje fotometryczne gwiazd zaćmieniowych. Swój pierwszy w życiu egzamin z astronomii u prof. Józefa Witkowskiego zdał dopiero za drugim razem. Studia przerwała Mu-

wojna. W grudniu 1939 r. rzuciła ona młodego studenta w okolice Królewca i Tylży, gdzie został wywieziony do pracy przysłusowej. Stamtąd, w 1945 r. powrócił pieszo, przez zamarznięty Zalew Wiślany do Słupska i dalej do Poznania. Gdy pojawił się w maju 1945 r. w Obserwatorium Poznańskim, prof. Witkowski zaproponował Mu ukończenie studiów astronomicznych i pracę w obserwatorium. Od tego momentu życie Szacownego Jubilata związało się na stałe z Poznańskim Obserwatorium. Tu między innymi obronił swoją pracę magisterską pt. *Badanie obiektu Steinhel nr 43262*, jak sam mówi: pierw-

szy raz w życiu zdając egzamin na oczę bardo dobrą.

Jubilat zakończył sesję, stwierdzając, że dopiero po przejściu na emeryturę swój czas może poświęcić pasji, to jest pisaniu książek. Całe wystąpienie Jubilata wywarło na zebranych bardzo duże wrażenie. Słuchający stwierdzili, że Jego przeżycia wojenne i późniejsze dokonania, nie tylko naukowe, mogłyby posłużyć za kanwę bardzo dobrej książki. Dodało to otuchy wszystkim przyszłym emerytom!

Dziękujemy, Panie Profesorze!

*Justyna Gołębiewska*

## Spojrzenie w niebo A.D. MMX

**M**iedzynarodowy Roku Astronomiczny 2009, w którym minęło 400 lat od czasu gdy Galileusz, zwany Galileuszem, jako pierwszy człowiek użył teleskopu do obserwacji nieba, a Johannes Kepler ogłosił prawa rządzące ruchem planet, oraz 40 lat od czasu, gdy pierwszy człowiek stanął na Księżyco — przeszedł już do historii. Tym niemniej kampania promująca astronomię w Polsce, szczególnie wśród dzieci i młodzieży, nie poszła w progu i mamy nadzieję, że jej owoce będą nam zbierać jeszcze przez długie lata.

Patrząc zaś tradycyjnie w górę na nieboskłon, wszystko jak zwykle zdaje się przebiegać według klasycznych praw astronomii i fizyki, znanych człowiekom — lepiej lub gorzej — od stuleci. Czekają nas w tym roku zjawiska okresowe i niespodziewane. Tych drugich, najciekawszych i wywołujących nie tylko u zawodowych astronomów dreszcz emocji, nie można z góry przewidzieć. Natomiast ze zjawisk okresowych, a mimo to zawsze zawierających w sobie chociaż odrobinę tajemniczości, wystąpią w tym roku dwa zaćmienia Słońca: 15 I i 11 VII. To pierwsze, mniej widowskie, będzie zaćmieniem obraczkowym, które wystąpi m.in. w Afryce, na Oceanie Indyjskim i Azji. Będzie to najdłuższe zaćmienie XXI w. Od II do III kontaktu upłynie aż 11 min. i 8 sek. Natomiast to drugie będzie zaćmieniem całkowitym, obserwowanym na Pacy-

fiku i Ameryce Południowej. Pas całkowitości przejdzie m.in. przez Wyspę Wielkanocną, a maksymalny czas zaćmienia wyniesie 5 min 20 s.

Wystąpią też w tym roku dwa zaćmienia Księżyca: 26 VI — częściowe, niewidoczne w Polsce oraz 21 XII całkowite, widoczne u nas przy zachodzie Księżyca. Ten rok będzie zatem dla Ziemi dosyć ubogi w tego rodzaju zjawiska zaćmieniowe.

Może wreszcie w 2010 r. doczekaćmy się wyjścia Słońca z kryzysowego minimum aktywności, pomiędzy 23 a 24 cyklem. Stopniowo powinno wznowić swą aktywność magnetyczną, aby osiągnąć maksimum 24 cyklu, najprawdopodobniej w 2013 r. Wynika to m.in. z eksploracji krakowskich codziennych obserwacji radiopromieniowania Słońca, które prowadzone są już od 53 lat. Należy się jednak zawsze liczyć ze sporadycznym i gwałtownym wzrostem jego aktywności, co pociągnąć może za sobą powstawanie rozmaitych zjawisk geofizycznych i zaburzeń w pogodzie kosmicznej.

Natomiast na powitanie Nowego Roku, od 1 do 5 I, promieniować będą Kwadrantydy. Nazwa tego roju pochodzi od nieużywanej od 1922 r. nazwy gwiazdozbioru; obecnie radiant roju leży w gwiazdozbiorze Smoka. Spodziewana liczba meteorów widocznych w ciągu godziny, podczas maksimum (3 I) może wynieść nawet 100, czyli około 2 przelotów na minutę. W tym roku ich

wieczornym obserwacjom nie będzie przeszkadzał Księżyca zbliżający się do ostatniej kwadry. Ponadto zawsze mogą się do tego dołączyć jakieś niezwykłości, np.: przelot bolidu czy jasna kometa, ale najpierw spójrzmy w Rocznik Astronomiczny, aby zobaczyć, jakie ważniejsze zjawiska niebieskie czekają nas w 2010 r., wyliczone z wcześniejszych przeprowadzonych obserwacji astronomicznych.

Wiosna, na którą czekamy zawsze z utęsknieniem, rozpocznie się 20 marca o godz. 18.32, lato: 21 czerwca o godz. 13.28, jesień: 23 września o godz. 05.09, a zima: 22 grudnia o godz. 00.38.

W dniu 3 stycznia, o godz. 01, Ziemia w swym rocznym ruchu po orbicie eliptycznej będzie najbliższa Słońcu, czyli w perihelium, w odległości od niego niewiele ponad 147 mln km. Będzie się wtedy poruszała najszybciej w 2010 r. na swoim orbicie, bo z prędkością 30,27 km/s, czyli ponad 100 000 km/h. Jest to dla nas pocieszający znak, że dnia będzie przybywało coraz szybciej. W Nowy Rok, gdy wielu mieszkańców np. Krakowa i okolic, będzie jeszcze odpoczywało po udanej zabawie sylwestrowej, Słońce wjeździe o godz. 7.38, a zajedzie o 15.49 — zatem dzień będzie trwał 8 godzin 11 minut i będzie dłuższy od najkrótszego dnia w roku już o 6 minut.

Na pocieszenie pragnę tylko przypomnieć, że zima kalendarzowa na naszej

półkuli, przynajmniej teoretycznie, jest najkrótszą porą roku. Trwa bowiem tylko lub aż 89 dni! W praktyce, jak wieemy, bywa z nią różnie. Natomiast Ziemia będzie w aphelium (najdalej od Słońca — prawie 153 mln km) w dniu 6 lipca o godz. 13.

Zmiana czasu z zimowego na letni czeka nas 27/28 marca, a powrót na czas zimowy, czyli śródkowieuropejski, w nocy 30/31 października.

Jeśli chodzi o święta ruchome w 2010 r., to Popielec wypada 17 II, Wielkanoc przypadnie 4 IV, w pierwszą niedzielę po pierwszej wiosennej pełni Księżyca, ta zaś będzie o godz. 04.25 w dniu 30 III; Zielone Świątki 23 V, zaś Boże Ciało w dniu 3 VI.

Książyc powita Nowy Rok, podążając do ostatniej kwadry, i zakończy 2010 rok w ostatniej kwadrze. Ponadto tarcza Księżyca będzie zakrywała po dwakroć: Wenus, planetoidy Ceres i Juno oraz Antaresa — najjaśniejszą gwiazdę w gwiazdozbiorze Niedźwiadka. Z Polski będzie można obserwować tylko niektóre z tych zjawisk. I tak najciekawsze to: 25 VI o godz. 21, gdy to wschodzący glob Księżyca zakryje planetoidę Ceres. Profesjonalnie wykonane obserwacje zakryciowe są niezwykle cenione w astrometrii, bowiem służą m.in. do wyznaczania poprawek ruchu Księżyca na orbicie (libracje) oraz profilu brzegów tarczy Srebrnego Globu. O wielu innych tego typu zjawiskach informujemy i będziemy Państwa szczegółowo informować w kalendarzu astronomicznym prowadzonym przez pana Tomasza Ściężora.

W tym roku kilkadziesiąt skatalogowanych komet okresowych powróci do peryhelium (punkt ich orbity najbliższy powierzchni Słońca), lecz niestety będą one widoczne w zasadzie tylko przez teleskop. Gdyby zaś niebiosa były nam bardziej przychylne, to być może w tym roku zawita w okolice Słońca jeszcze jakaś niespodziewanie jasna kometa, wtedy oczywiście będziemy mogli ją podziwiać nie tylko przez lunetę.

Jeśli chodzi o planety, to Merkurego, który zawsze wędruje blisko Słońca, można zaobserwować nisko nad horyzontem, na wschodnim niebie o świcie lub na zachodzie o zmierzchu. Jeśli pogoda nam dopisze, to najłatwiej będzie

go można dostrzec przed wschodem Słońca w drugiej połowie września, natomiast wieczorem w pierwszej połowie kwietnia.

Piękną Wenus jako Gwiazdę Wieczorną będzie można podziwiać od początku marca do końca maja, a jako Jutrzenkę będziemy mogli ją obserwować od drugiego tygodnia listopada do końca roku. Ponadto 23 VIII i 29 IX dojdzie do bliskiej koniunkcji Wenus z Marsem, a 10 VIII z Saturnem.

Zwolennicy obserwacji Marsa mogą go dostrzec od początku roku na wieczornym niebie, najpierw w gwiazdozbiorze Lwa, potem przemieści się do konstelacji Raka, gdzie 29 I będzie w opozycji, a dwa dni wcześniej znajdzie się najbliższa Ziemi w tym roku, nieco ponad 99 mln km. W połowie maja będzie widoczny już tylko na wieczornym niebie w Lwie i w dniu 6 VI zbliży się do Regulusa na  $0,9^\circ$ , następnie w Pannie zbliży się do Spiki na  $2^\circ$  w dniu 4 IX, przesunie się kolejno do Wagi, Skorpiona i Niedźwiadka — gdzie minie Antaresa w odległości  $4^\circ$  w dniu 10 XI. Z początkiem grudnia zniknie w promieniach Słońca. Będzie w koniunkcji z Merkurym 21 XI i 14 XII, z Wenus zaś 23 VIII i 29 IX oraz z Saturnem 1 VIII.

Natomiast Jowisz, jak przystało na planetę olbrzyma, będzie obserwowany na wieczornym niebie w gwiazdozbiorze Koziorożca, potem w Wodniku. Z początkiem marca skryje się w promieniach Słońca, by po dwóch tygodniach pojawić się następnie na porannym niebie w gwiazdozbiorze Ryb, w którym pozostałe praktycznie do końca roku. Czas jego przebywania nad horyzontem będzie się systematycznie wydłużał, w połowie maja wschodzi tuż po północy, a 21 IX będzie w opozycji i można go wtedy obserwować przez całą noc. Od połowy października do końca roku będzie widoczny coraz niższej nad zachodnim horyzontem.

Saturn gości w gwiazdozbiorze Panny, wschodzącą tuż przed północą na początku roku, widoczny będzie coraz dłużej, a praktycznie przez całą noc (opozycja 22 marca) aż do połowy czerwca, potem już tylko na wieczornym niebie do połowy września. Po złączeniu ze Słońcem pojawi się na porannym niebie

w Pannie w połowie października, gdzie pozostałe widoczny w drugiej połowie nocy aż do końca roku, systematycznie wydłużając okres przebywania nad horyzontem. Saturn będzie w koniunkcji z Wenus 10 VIII i z Marsem 1 VIII.

Uran będzie widoczny z początku roku w gwiazdozbiorze Wodnika, by w połowie stycznia przejść do Ryb i w tej konstelacji pozostać do końca roku. Po złączeniu końcem lutego ze Słońcem, pojawi się nam z początkiem kwietnia na porannym niebie. W opozycji będzie 21 IX, aby z początkiem października wrócić do Wodnika, gdzie pozostałe do końca roku. W grudniu widoczny będzie z wieczora na zachodnim niebie.

Neptun cały rok spędzi w gwiazdozbiorze Koziorożca. Można go obserwować z wieczora do połowy stycznia. Potem znika w promieniach Słońca, by pojawić się rankiem z początkiem marca. W opozycji będzie 20 VIII, a od połowy listopada będzie widoczny coraz krócej na wieczornym niebie. Do obserwacji Urana i Neptuna musimy użyć lunety.

W tym roku z 18 większych rojów meteorów, które rokrocznie promieniują, polecamy do obserwacji: Perseidy z 13 sierpnia, wspomniane już na wstępie Kwadrantydy z maksimum 3 stycznia i Geminidy z 14 grudnia. Najlepsze warunki do ich obserwacji będą mieć Perseidy, bowiem Księżyca będzie 3 dni później. W czasie zaś przelotów Geminidów Księżyca będzie w pierwszej kwadrze.

W 2010 roku będziemy się mogli emocjonować napływającymi wynikami obserwacji nieba w różnych zakresach widma elektromagnetycznego, a uzyskiwanymi z pokładów pozaziemskich obserwatoriów, takich jak: Spitzer, Hubble czy Kepler. Dysponując zaś wolną chwilą w długie wieczory zimowe, spójrzmy teraz spokojnie w niebo (przez lornetkę lub galileoskop) z nie-wątpliwie najpiękniejszym gwiazdozbiorzem Orionem i pamiętajmy przy tym o przysłowiu:

„Na Trzech Króli słońce świeci, wiomsa do nas pędem leci”. Jednym słowem, byle do pogodnej i ciepłej wiosny tego nowego 2010 roku!

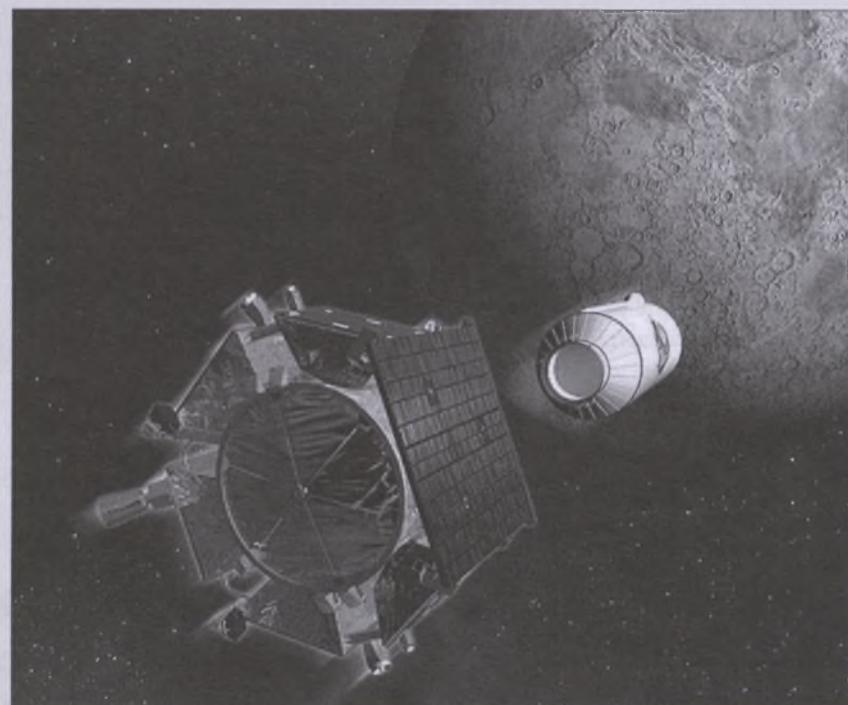
Adam Michalec

## Zagadka marsjańskiego metanu

Naukowcy wykluczyli jedynie meteorytowe pochodzenie metanu na Marsie. Według ich przypuszczeń gaz może być wytwarzany także przez żywe organizmy czerwonej planety. Marsjański metan ma bardzo krótki czas życia — zaledwie kilka tysięcy lat. Za uszczuplanie jego zapasów są odpowiedzialne chemiczne reakcje zachodzące w atmosferze planety wywołane światłem słonecznym.

Gazu jednak nie brakuje. Naukowcy przeanalizowali dane obserwacyjne z teleskopów i bezzałogowych misji kosmicznych i odkryli, że metan na Marsie podlega ciąglemu uzupełnianiu z nieznanego źródła. Dotychczas sądzono, że za podnoszenie poziomu metanu na planecie są odpowiedzialne meteoryty. Silnie rozgrzane skały przechodzące przez atmosferę mogą powodować zainicjowanie reakcji chemicznych, w wyniku których uwalniane są różne gazy, w tym także metan. Jednakże, nowe badania przeprowadzone przez pracowników Imperial College w Londynie pokazują, że ilość metanu uwalnianego w ten sposób jest zbyt mała i nie tłumaczy aktualnego poziomu gazu w atmosferze Marsa.

W odkryciu badacze użyli techniki o nazwie Quantitive Pyrolysis-Fourier Transform Infrared Spectroscopy, dzięki której byli w stanie stworzyć warunki przechodzenia meteorytów przez marsjańską atmosferę w laboratorium. Po rozgrzaniu meteorytu do temperatury 1000°C przeprowadzono podczerwoną analizę uwalnianych gazów. Następnie ilość metanu wytworzonego w eksperymencie porównano z już opublikowanymi obliczeniami obserwacyjnymi. W wyniku eksperymentu okazało się, że każdego roku produkowanych jest zaledwie 10 kg meteorytowego metanu — niewiel-



Sonda LCROSS z oddzielonym impaktorem zawierającym moduł Centaur. Źródło: NASA

ka część ze 100–300 ton, które corocznie uzupełniają atmosferę planety.

Wcześniej badania wykluczyły również wulkaniczne pochodzenie metanu. Pozostały zatem jedynie dwie teorie pochodzenia tego gazu na Marsie. Jedna z nich mówi o jego produkcji przez mikroorganizmy żyjące w marsjańskiej glebie jako produkt uboczy procesów metabolicznych. Druga podpiera pogląd, że metan jest wytwarzany podczas reakcji zachodzących pomiędzy skałami wulkanicznymi a wodą. W rozwiązaniu zagadki ma pomóc misja na Marsa, planowana przez naukowców NASA i ESA w 2018 r. Jej zadaniem będzie rewizja obu teorii.

Karolina Wojtkowska

Źródło: [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com)

## Woda na Księżyku

Rozpoczyna się nowy etap w badaniach Księżyca. Pierwsze dane z sondy LCROSS (Lunar CRater Observation and Sensing Satellite) wskazują na to, że wykryto właśnie obecność wody w rejonie krateru Cabeus (okolice południowego bieguna naszego sputnika).

Uderzenie najważniejszej części sondy LCROSS, próbnika-impaktora Centaur, w powierzchnię Księżyca miało miejsce 9 października. Powstał po nim krater o średnicy ok. 18 m. Z dna krateru zostały wyrzucone dwa typy materiału księżycowego: lżejsza partia pyłu wyrozucona pod dużym kątem oraz pocho-

dząca z głębszych warstw materia bogata w cięższe pierwiastki.

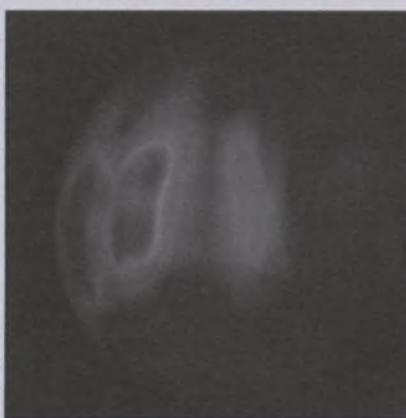
Po zderzeniu naukowcy zaczęli analizować dane zebrane przez sondę, głównie te pochodzące z jej pokładowego spektrometru, badającego światło emitowane i absorbowane przez wyrwaną z powierzchni Księżyca materiał. Takie badania pozwalają określić dokładny skład materiału, także pod kątem ewentualnej obecności cząsteczek wody.

W praktyce polegały one na porównywaniu znanych sygnatur spektralnych wody (lub innych cząsteczek) z danymi spektroskopowymi przesłanymi na Ziemię podczas uderzenia sondy w Księżyca. „Jesteśmy pełni entuzjazmu — powiedział Anthony Colaprete, naukowy szef projektu LCROSS z NASA Ames Research Center w Kalifornii. — Wielokrotne linie wskazujące na obecność wody są obecne zarówno w wybranym pod dużym kątem materii pyłowej, jak i w materiale pochodzący z głębszych warstw. Koncentracja i rozkład cząsteczek wody i innych znalezionych substancji będzie przedmiotem dalszych analiz, ale już teraz można bezpiecznie mówić, że w kraterze Cabeus znajduje się woda.”

Sonda LCROSS została wyniesiona na orbitę 18 czerwca 2009 r. z Centrum Kosmicznego im. J. F. Kennedy'ego na Florydzie.

Elżbieta Kuligowska

Źródło: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)



Rozkład metanu na Marsie. Źródło: NASA



## Międzynarodowy Rok Astronomii w Opolu

Z powodu trwającego blisko rok remontu Obserwatorium Astronomicznego obchody Międzynarodowego Roku Astronomii zaczęły się w Opolu dość późno. Ponieważ remont obserwatorium przeciągał się, zdecydowano odłożyć jego rozpoczęcie do chwili, gdy będą możliwe obserwacje nieba. Główną formą aktywności związanej z Międzynarodowym Rokiem Astronomii były wieczory otwarte w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Opolskiego (XII piętro DS „Niechcic”, ul. Katowicka 89b) składające się z prelekcji oraz pokazów wieczornego nieba. Zainteresowanie opolan imprezami było bardzo duże. Nawet w czasie złej pogody było obecnych parędziesiąt osób. Po głównej prelekcji często, na życzenie publiczności, odbywały się prelekcje dodatkowe. Równolegle prezentowano pokazy wieczornego nieba — głównie Księżyca i planet. Pierwszy wieczór otwarty odbył się zaraz po ukończeniu remontu obserwatorium, dnia 29 kwietnia 2009, jeszcze przed oficjalną inauguracją Międzynarodowego Roku Astronomii w Opolu.

Oficjalna inauguracja miała miejsce 21 maja. Rozpoczęła się o godzinie 16 pokazami Słońca w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Opolskiego. Potem nastąpiło otwarcie Obserwatorium Solaris w Galerii Solaris Center przy placu Kopernika w Opolu. O godzinie 19 w sali 249 Instytutu Fizyki przy ulicy Oleskiej 48 rozpoczęła się uroczysta inauguracja Międzynarodowego Roku Astronomii w Opolu. Zaprezentowano program naukowy Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Opolskiego (dr Włodzimierz Godłowski) i Solaris Center (mgr Andrzej Łapeta). Następnie odbył się wykład inauguracyjny dr. Grzegorza Michałka z Obserwatorium Astronomicznego UJ pt. „*Pogoda kosmiczna — wyrzuty materii ze Słońca*”. Uroczystość zaszczyciła Jej Magnificencja Rektor Uniwersytetu Opolskiego prof. dr hab. Krystyna Czaja, prorektorzy UO i dziekani Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki UO. Wieczorem udostępniono do zwiedzania Obserwatorium Astronomiczne UO.

Kolejne dwie prelekcje odbyły się 25 maja w czasie 7 Opolskiego Festiwalu Nauki i były powiązane z obserwacjami Słońca (rano) i wieczornego nieba. Po przerwie wakacyjnej, wykorzystanej na dokończenie remontów Obserwatorium Astronomicznego, zorganizowano kolejne trzy wieczory otwarte: 30 września, 28 października i 25 listopada 2009 r. Pełna lista prelekcji wygłoszonych z okazji Międzynarodowego Roku Astronomii w Opolu jest następująca:

- „*Najważniejsze zagadnienia współczesnej astronomii*” — dr Włodzimierz Godłowski, IF UO (29 kwietnia 2009 r., w Obserwatorium Astronomicznym UO);
- „*Pogoda kosmiczna — wyrzuty materii ze Słońca*” — dr Grzegorz Michałek, Obserwatorium Astronomiczne UJ (21 maja 2009, w sali 249 IF UO, ul. Oleska 48);
- „*Słońce i Układ Słoneczny*” — dr Włodzimierz Godłowski, IF UO (25 maja 2009, w Obserwatorium Astronomicznym UO);
- „*Ciekawostki o Wszechświecie*” — dr Włodzimierz Godłowski, IF UO (25 maja 2009, w Obserwatorium Astronomicznym UO);
- „*Co widzi teleskop*” — dr Włodzimierz Godłowski, IF UO (30 września 2009, w Obserwatorium Astronomicznym UO);
- „*Galaktyki widziane oczami radioastronoma*” — dr Mariana Soida, Obserwatorium Astronomiczne UJ (28 października 2009, w sali 249 IF UO, ul. Oleska 48);
- „*Wszechświat w wielkiej skali — wielkoskalowy rozkład radioźródeł*” — dr Włodzimierz Godłowski, IF UO (25 listopada 2009, w Obserwatorium Astronomicznym UO).

Pokazy nieba odbywały się pod kierunkiem mgr. Marcina Szpanko z IF UO, z pomocą studentów z Koła Naukowego Fizyków UO oraz dr Katarzyny Książek z IF UO. Na szczęście pogoda była raczej sprzyjająca. Tylko raz, 28 października, wieczór otwarty musiał ograniczyć się do prelekcji oraz dyskusji.

Dodatkowo, w ramach obchodów Międzynarodowego Roku Astronomii,

zorganizowano dwie wycieczki studentów do cyfrowego Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (w maju i grudniu). Nawiązano też współpracę z obserwatorium słonecznym Solaris. W drugiej połowie maja 2009 r. Obserwatorium Solaris zorganizowało dla klientów galerii handlowej Solaris Center quiz astronomiczny związany ze Słońcem, w którym główną nagrodą był wyjazd do Chin, w celu obserwacji zaćmienia Słońca. Pytania do quizu zostały przygotowane w IF UO przez dra Włodzimierza Godłowskiego. W grudniu 2009 r. rozpoczynają się w Obserwatorium Solaris prelekcje dla młodzieży szkół średnich na tematy astronomiczne, które będą prowadzone przez pracowników katedry Astrofizyki i Fizyki Teoretycznej IF UO.



Pokazy słonecznych protuberancji na tarasie Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Opolskiego

Należy podkreślić, że obchody Międzynarodowego Roku Astronomii 2009 w Opolu mogły się odbyć dzięki życzliwości i pomocy dyrekcji Instytutu Fizyki UO, kierowanego przez prof. dra hab. Piotra Garbaczewskiego. Szczygłe podziękowania należą się wice-dyrektorowi dr. Romanowi Szatanikowi, którego pomoc znacznie ułatwiała rozwiązywanie rozmaitych problemów organizacyjnych.

Włodzimierz Godłowski

# Marzec

Słońce

W punkcie równonocy wiosennej znajdzie się w tym roku 20 marca o 17°32''. Punkt ten nosi historyczną nazwę „punktu Barana” (zaczyna się od niego zodiakalny znak Barana) i spełnia bardzo ważną rolę w astronomii: od niego mierzy się na niebie współrzędne kątowe: rektascensję i długość ekleptyczną. Chwilę, w której Słońce znajduje się w punkcie Barana, uważamy za początek wiosny astronomicznej.

W ciągu marca dnia przybywa równe o dwie godziny, w Warszawie 1 marca Słońce wschodzi o  $5^{\text{h}}23^{\text{m}}$ , zachodzi o  $16^{\text{h}}15^{\text{m}}$ , a 31 marca wschodzi o  $4^{\text{h}}14^{\text{m}}$ , zachodzi o  $17^{\text{h}}08^{\text{m}}$ . W marcu Słońce wstępuje w znak Barana.

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

Data	2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
III	1	-21,49	-7,21	335,96
	3	-21,98	-7,24	309,61
	5	-22,45	-7,25	283,26
	7	-22,89	-7,25	256,91
	9	-23,31	-7,24	230,56
	11	-23,70	-7,23	204,21
	13	-24,06	-7,20	177,85
	15	-24,40	-7,17	151,49
	17	-24,71	-7,13	125,13
	19	-24,99	-7,08	98,77
	21	-25,25	-7,02	72,40
	23	-25,47	-6,96	46,03
	25	-25,67	-6,88	19,66
	27	-25,84	-6,80	353,29
	29	-25,99	-6,71	326,91
III	31	-26,10	-6,61	300,53

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

$B_0$ ,  $L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$26^{\text{d}}11^{\text{h}}47^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi  $0^{\circ}$ .

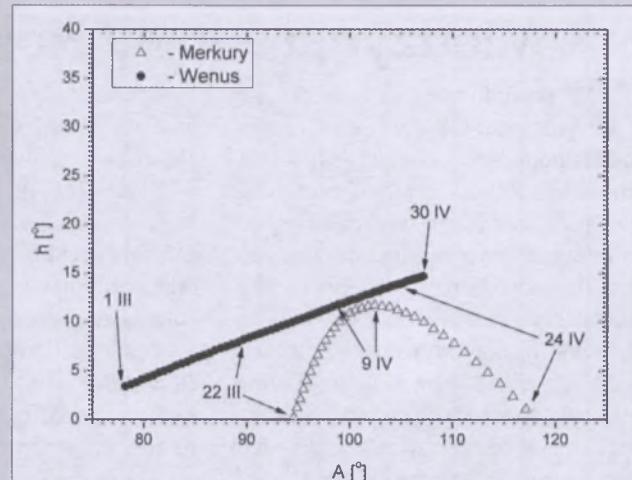
## Księżyca

Bezksiężycowe noce będącymi mieli w połowie marca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $7^{\text{d}}15^{\text{h}}42^{\text{m}}$ , nów  $15^{\text{d}}21^{\text{h}}01^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $23^{\text{d}}11^{\text{h}}00^{\text{m}}$  i pełnia  $30^{\text{d}}02^{\text{h}}25^{\text{m}}$ . W apogeum Księżyca znajdzie się 12 marca o  $10^{\text{h}}06^{\text{m}}$ , a w perygeum 28 marca o  $4^{\text{h}}59^{\text{m}}$ .

## **Planety, planety karłowate i planetoidy**

Pod koniec marca wieczorem, nisko nad zachodnim horyzontem pojawia się **Merkury**, w ostatnim dniu miesiąca wznosząc się, pod koniec zmierzchu astronomicznego, na wysokość ponad  $8^{\circ}$ . Planeta w tym czasie będzie świecić z jasnością  $-1^m$ , przez teleskop zobaczymy jej tarczę o średnicy  $6''$  w fazie zbliżonej do pełni.

Również wieczorem nad południowo-zachodnim horyzontem coraz wyżej można obserwować **Venus**. O ile na początku miesiąca jej wysokość nad horyzontem, mierzona godzinę po zachodzie Słońca, wyniesie jedynie  $4^\circ$ , o tyle



Rys. 1. Merkury i Wenus nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w marcu i kwietniu 2010 r. pod koniec zmierzchu cywilnego (około godziny po zachodzie Słońca)

w ostatnim dniu marca wzrośnie ona już  $10^{\circ}$  i planeta, świecąc z jasnością prawie  $-4^m$ , powinna byćauważalna na tleзорzy wieczornej.

**Mars**, widoczny jest w pierwszej połowie nocy wysoko na niebie w gwiazdozbiorze Raka. Planeta powoli oddala się od styczniowej opozycji, w związku z czym jej jasność maleje od  $-0,6^m$  na początku marca do  $+0,1^m$ . W tym samym czasie od  $12''$  do zaledwie  $9''$  zmniejsza się również średnica tarczy planety, utrudniając dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych.

**Jowisz** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Panny widoczny jest **Saturn**, świecący z jasnością +0,5<sup>m</sup>. W drugiej połowie marca planeta znajdzie się w opozycji do Słońca, w związku z czym średnica jej tarczy wyniesie aż 20'', co ułatwi obserwacje zarówno zmian w układzie chmur w atmosferze Saturna, jak również struktury pierścieni planety nawet przez niewielkie teleskopy amatorskie. Układ pierścieni Saturna skierowany będzie nadal swoim brzegiem prawie dokładnie w kierunku Ziemi, przez co jego niewielka jasność nie będzie przeszkadzała w dostrzeżeniu słabych księżyców planety przy pomocy tego samego sprzętu obserwacyjnego.

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

**Planeta karłowata (134340) Pluton** widoczna jest nad ranem w gwiazdozbiorze Węża, jednakże jej jasność wynosi jedynie 14,5<sup>m</sup> i do jej zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 20 cm: 2 III: 18<sup>h</sup>20,7<sup>m</sup>, -18°15'; 12 III: 18<sup>h</sup>21,4<sup>m</sup>, -18°14'; 22 III: 18<sup>h</sup>21,8<sup>m</sup>, -18°14'.

W pobliżu opozycji znajduje się planeta karłowata (1) Ceres, świecąca w gwiazdozbiorze Strzelca z jasnością zmieniającą się w ciągu miesiąca od 8,9<sup>m</sup> do 8,6<sup>m</sup>: 2 III: 17<sup>h</sup>40,7<sup>m</sup>, -20°36'; 12 III: 17<sup>h</sup>51,9<sup>m</sup>, -20°55'; 22 III: 18<sup>h</sup>01,6<sup>m</sup>, -21°13'.

W marcu w pobli『u opozycji znajdują si『 jasne planetoidy:

**(2) Pallas**, (jasność 8,7<sup>m</sup>): 2 III: 15<sup>h</sup>47,1<sup>m</sup>, +8°27'; 12 III: 15<sup>h</sup>51,9<sup>m</sup>, +11°03'; 22 III: 15<sup>h</sup>54,1<sup>m</sup>, +13°50'; 1 IV: 15<sup>h</sup>53,6<sup>m</sup>, +16°40'.

(4) Vesta, (jasność 6,3<sup>m</sup>): 2 III: 10<sup>h</sup>07,1<sup>m</sup>, +21°13'; 12

III: 9<sup>h</sup>58,4<sup>m</sup>, +22°06'; 22 III: 9<sup>h</sup>51,8<sup>m</sup>, +22°35';  
1 IV: 9<sup>h</sup>48,2<sup>m</sup>, +22°42'.

(532) **Herculina**, (jasność 8,8<sup>m</sup>): 2 III:  
12<sup>h</sup>24,2<sup>m</sup>, +24°22'; 12 III: 12<sup>h</sup>18,0<sup>m</sup>, +26°11';  
22 III: 12<sup>h</sup>10,4<sup>m</sup>, +27°34'; 1 IV: 12<sup>h</sup>02,8<sup>m</sup>,  
+28°21'.

### Meteory

W dniach od 25 stycznia do 15 kwietnia promieniuje rozmyty ekleptyczny kompleks strumienia **Wirginidów (VIR)**, przejawiający się poprzez kilka słabo wyróżniających się 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 Virginidy**, 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<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, dekl. -4°. W obserwacjach tego słabego roju w drugiej połowie nocy w okresie maksimum nie będzie w tym roku przeszkadzał Księżyca w pierwszej kwadrze.

\*\*\*

2<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżycem w odl. 8°.  
3<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

4<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Uranem w odl. 0,6°.  
4<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (9,6°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zacienione).  
5<sup>d</sup>02<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

6<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Jowiszem w odl. 3°.  
8<sup>d</sup>20<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2006].

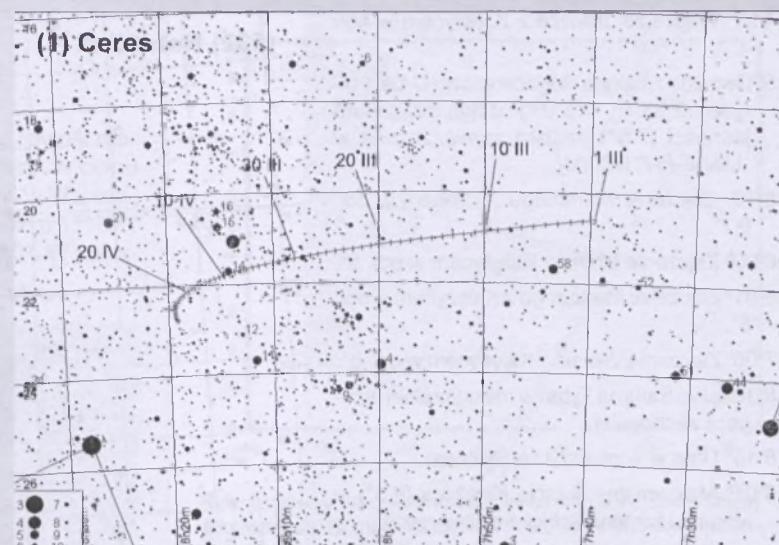
9<sup>d</sup>22<sup>h</sup>07<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

10<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Boo (miryda) (14<sup>h</sup>37,2<sup>m</sup>, +26°44') osiąga maksimum jasności (7,2<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2008].

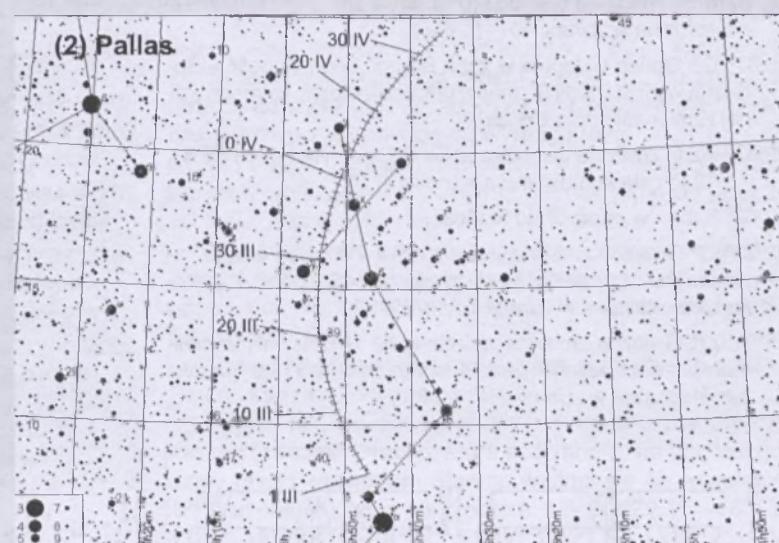
10<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

11<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (miryda) (20°49,9<sup>m</sup>, -5°09') osiąga maksimum jasności (7,7<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2009].

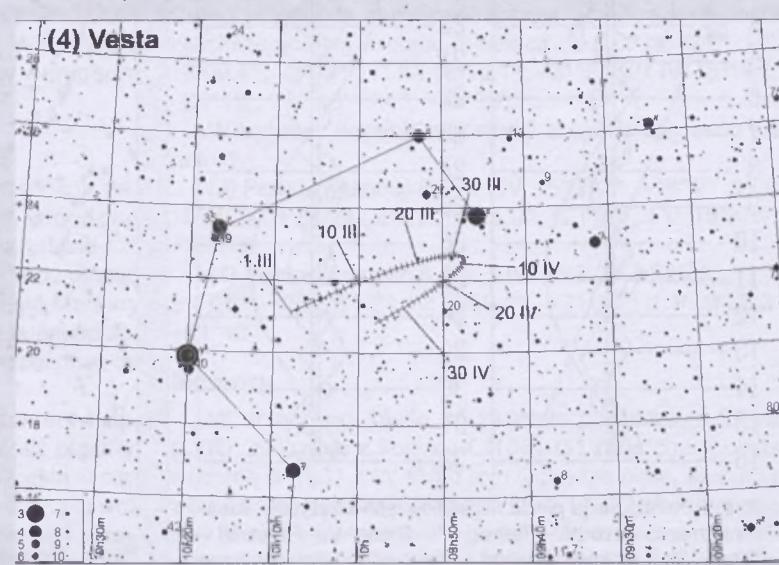
11<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Mars nieruchomy w rektascensji.  
11<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (2,6°) w kierunku *Mare Australe* (zacienione).  
13<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odl. 3°.



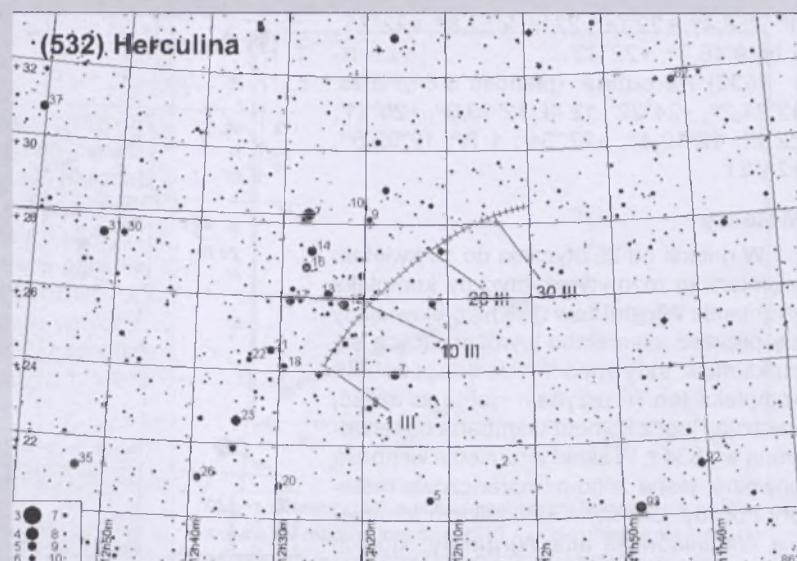
Rys. 2. Trasa planety karłowatej (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w marcu i kwietniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



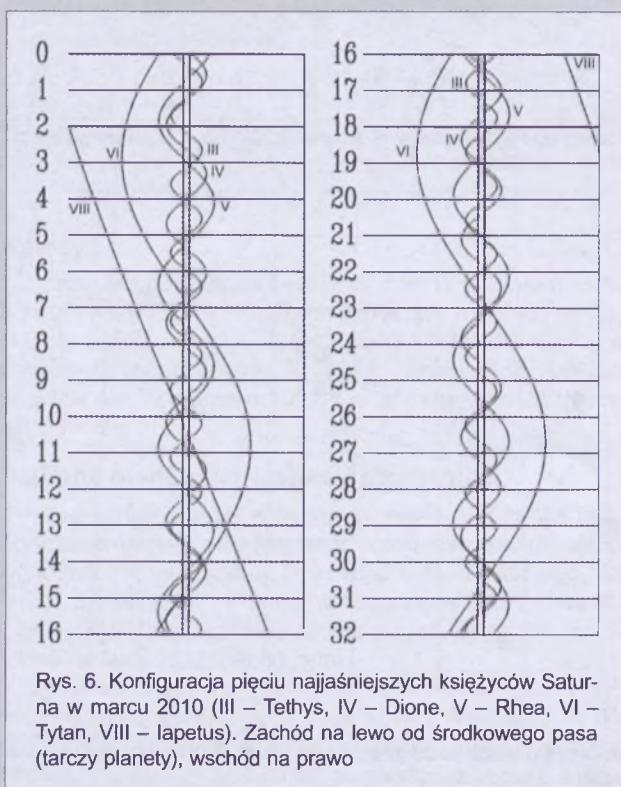
Rys. 3. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbioru Węża w marcu i kwietniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



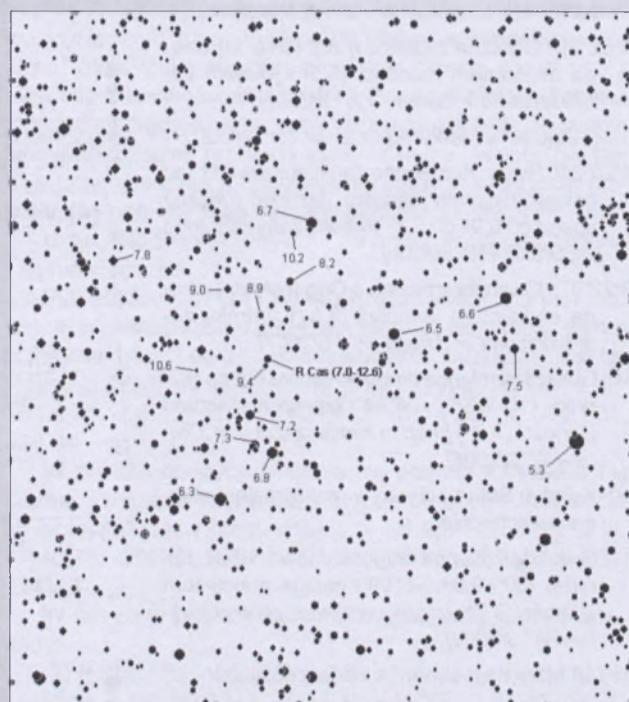
Rys. 4. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa w marcu i kwietniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



Rys. 5. Trasa planetoidy (532) Herculina na tle gwiazd gwiazdozbioru Warkocza Bereniki w marcu 2010 (zaznaczone gwiazdy do  $10^m$ )



Rys. 6. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w marcu 2010 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo



Rys. 7. Mapa gwiazdozbioru Kasjopei do obserwacji gwiazdy zmiennej R Cas ( $23^{\text{h}}58^{\text{m}}24,8^{\text{s}}$ ,  $+51^{\circ}23'20''$ ). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi  $6^{\circ}$ , północ u góry)

## Kwiecień

### Słońce

Wznosi się po ekiptyce coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy. W ciągu miesiąca dnia przybywa prawie o dwie godziny: w Warszawie 1 kwietnia Słońce wschodzi o 4<sup>h</sup>11<sup>m</sup>, zachodzi o 17<sup>h</sup>10<sup>m</sup>, a 30 kwietnia wschodzi o 3<sup>h</sup>08<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>00<sup>m</sup>. W kwietniu Słońce wstępnie w znak Byka.

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
IV 1	-26,15	-6,55	287,33
3	-26,22	-6,44	260,95
5	-26,26	-6,33	234,56
7	-26,28	-6,20	208,17
9	-26,26	-6,07	181,77
11	-26,22	-5,93	155,37
13	-26,14	-5,78	128,97
15	-26,04	-5,63	102,57
17	-25,91	-5,47	76,16
19	-25,75	-5,30	49,75
21	-25,56	-5,13	23,33
23	-25,34	-4,95	356,91
25	-25,09	-4,77	330,49
27	-24,81	-4,58	304,07
IV 29	-24,50	-4,39	277,64
V 1	-24,16	-4,19	251,21

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

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

22<sup>d</sup>18<sup>h</sup>23<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy

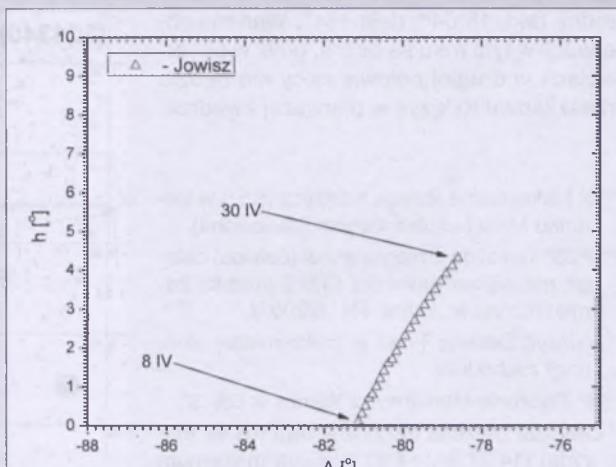
### Księżyca

Bezksiążycowe noce będziemy mieli w połowie kwietnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra 6<sup>d</sup>09<sup>h</sup>37<sup>m</sup>, nów 14<sup>d</sup>12<sup>h</sup>29<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 21<sup>d</sup>18<sup>h</sup>20<sup>m</sup> i pełnia 28<sup>d</sup>12<sup>h</sup>18<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 9<sup>d</sup>02<sup>h</sup>43<sup>m</sup>, natomiast w perigeum 24<sup>d</sup>21<sup>h</sup>02<sup>m</sup>.

### Planety, planety karłowate i planetoidy

W pierwszej połowie miesiąca wieczorem można nadal obserwować Merkurego, który 9 kwietnia, w godzinę po zachodzie Słońca, wznieśnie się na wysokość prawie 12° na zachodnim horyzoncie — jest to najlepsza widzialność tej planety w ciągu całego 2010 r. W tym okresie Merkury będzie świecił z jasnością 0<sup>m</sup>, natomiast przez teleskop zobaczymy jego tarczę o średnicy 8" w fazie zbliżonej do kwadry.

Również wieczorem nad zachodnim horyzontem świeci Wenus jako „Gwiazda Wieczorna”. Wysokość planety, mierzona pod koniec zmierzchu cywilnego, wzrasta w ciągu miesiąca od 10° do 15°, co przy jasności -3,8<sup>m</sup> pozwoli ją dostrzec na tle zorzy wieczornej. Przez teleskop zobaczymy tarczę planety o średnicy 10" w fazie zbliżonej do pełni.



Rys. 8. Jowisz nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w kwietniu 2010 r. na początku świtu cywilnego (około godziny przed wschodem Słońca)

Wieczorem, wysoko na niebie w gwiazdozbiorze Raka, świeci Mars jako „gwiazda” o jasności +0,5<sup>m</sup>. Wprawdzie średnica tarczy planety wynosi już tylko 8", co znacznie utrudni dostrzeżenie szczegółów powierzchniowych, jednak warto zwrócić uwagę na wyraźną fazę.

W połowie miesiąca nad ranem, nisko nad wschodnim horyzontem pojawia się Jowisz, jednak ginie on jeszcze w blasku zorzy porannej.

Przez całą noc, nadal w gwiazdozbiorze Panny, odnajdziemy Saturna świejącego z jasnością +0,7<sup>m</sup>. Warunki obserwacji planety w porównaniu z marcem praktycznie nie zmieniają się.

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

Poprawiają się nieco warunki widzialności planety karłowatej (134340) Pluton, która nad ranem, na półtorej godziny przed wschodem Słońca, wznowi się na wysokość 16° nad południowym horyzontem: 1 IV: 18<sup>h</sup>22,1<sup>m</sup>, -18°13'; 11 IV: 18<sup>h</sup>22,1<sup>m</sup>, -18°12'; 21 IV: 18<sup>h</sup>21,9<sup>m</sup>, -18°12'; 1 V: 18<sup>h</sup>21,5<sup>m</sup>, -18°12'.

W pobliżu opozycji znajduje się planeta karłowata (1) Ceres, świeiąca w gwiazdozbiorze Strzelca z jasnością zwiększającą się w ciągu miesiąca od 8,6<sup>m</sup> do 8,1<sup>m</sup>: 1 IV: 18<sup>h</sup>09,4<sup>m</sup>, -21°31'; 11 IV: 18<sup>h</sup>15,1<sup>m</sup>, -21°50'; 21 IV: 18<sup>h</sup>18,6<sup>m</sup>, -22°13'; 1 V: 18<sup>h</sup>19,4<sup>m</sup>, -22°39'.

W kwietniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy:

(2) Pallas, (jasność 8,6<sup>m</sup>): 1 IV: 15<sup>h</sup>53,6<sup>m</sup>, +16°40'; 11 IV: 15<sup>h</sup>50,5<sup>m</sup>, +19°24'; 21 IV: 15<sup>h</sup>45,0<sup>m</sup>, +21°51'; 1 V: 15<sup>h</sup>37,7<sup>m</sup>, +23°53'.

(4) Vesta, (jasność 6,8<sup>m</sup>): 1 IV: 9<sup>h</sup>48,2<sup>m</sup>, +22°42'; 11 IV: 9<sup>h</sup>47,6<sup>m</sup>, +22°28'; 21 IV: 9<sup>h</sup>50,1<sup>m</sup>, +21°57'; 1 V: 9<sup>h</sup>55,3<sup>m</sup>, +21°10'.

### Meteory

W dniach od 16 do 25 kwietnia promieniuje Lirydy (LYR), związane z kometą C/1861 G1 (Thatcher), obserwowaną w 1861 r. W skład roju wchodzą białe, stosunkowo powolne meteory. W latach 1803 i 1922 obserwowane były deszcze meteorów z tego roju. Maksimum aktywności w tym roku spodziewane jest 22 kwietnia o godzinie 22<sup>h</sup>30<sup>m</sup>. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma wspólny



- 25<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 8°.  
 25<sup>d</sup>21<sup>h</sup>51<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2008].  
 27<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 28<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,6°) w kierunku Mare Humboldtianum (zaciemnione).  
 28<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

**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 od 28 marca 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.

Dokończenie ze s. 29.

Ciekawym przeżyciem było poznanie zamieszkującego jurtę małżeństwa. Mogłyby się wydawać, że ludzie żyjący cały rok na wysokości 4300 m nie mają pojęcia o cywilizacji. Nic bardziej mylnego. Przed namiotem była ustawiona mała bateria słoneczna dla niewielkich paborów energii. Dzięki niej Chińczycy mogli korzystać z żarówki.

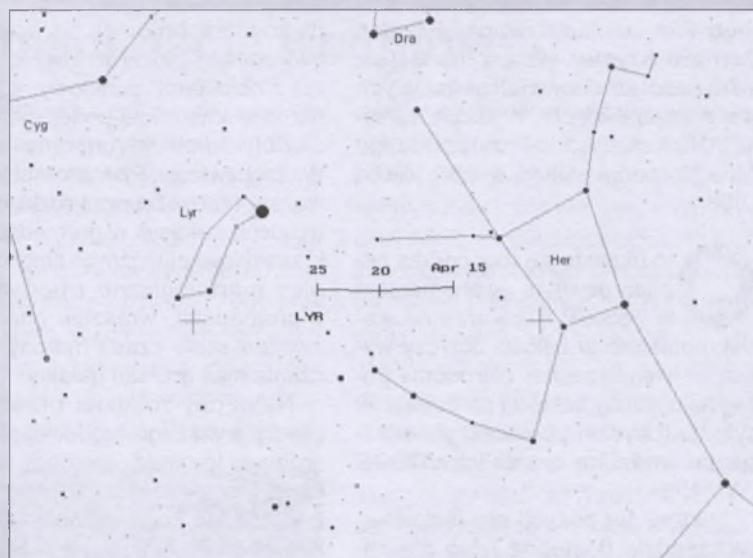
Jednym słowem, wyprawa po zaćmienie należy do niezwykle udanych, tym bardziej że pogoda mogła popsuć się w każdej chwili. Nie była jednak łaskawa do końca trekkingu. Dzień później, kiedy opuszczaliśmy przełęcz i kierowaliśmy się pod jezor lodowca, widoczność zmalała. Przez parę kolejnych dni towarzyszył nam już deszcz, a nawet śnieg. Nie pozwoliło to nam opuścić planowo gór, ale to już całkiem inna historia...

Marta Gryzińska



Fot. 7. Cywilizacja również na 4300 m

Więcej zdjęć prezentujemy w kolorze na s. o. III



Rys. 12. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Lirydów (LYR) w okresie od 15 do 25 kwietnia

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ściążor

# Uranii

## Księżyca w pełni

Miejsce i data wykonania zdjęcia: Kłodzko, 04.10.2009  
 Teleskop: Celestron AstroMaster 130EQ  
 Detektor: Canon 350D  
 Espozycja: 1/200 s przy ISO 400  
 Ogniskowa: 1300 mm  
 Fot. Marek W.Szpak

**Piotr Flin, Janina Krempeć-Krygier, Bernard Krygier, Katarzyna Bajan: Własności struktur wielkoskalowych we Wszechświecie.** Wyd. Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego, s. 305, Kielce 2008.

**O**to ukazała się monografia będąca pewnym evenementem w polskiej literaturze naukowej, ponieważ w całości dotyczy wyłącznie współczesnej astronomii pozagalaktycznej, w której opracowaniu były nadzwyczaj pomocne obserwacje prowadzone z satelitów COBE i WMAP.

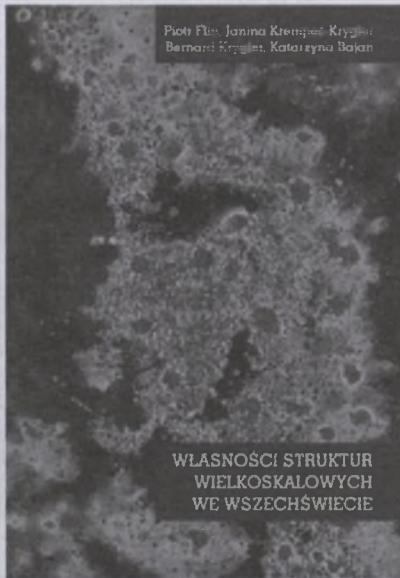
Lektura tej pozycji nie jest łatwa i w zasadzie dostępna tylko dla zaawansowanych miłośników astronomii, a także, co oczywiste, dla studentów astronomii oraz fizyki. Sam też niewiele, niestety, miałem wspólnego z astronomią pozagalaktyczną, oprócz tego, że swego czasu byłem pierwszym sekretarzem Konwersatorium Pozagalaktycznego w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, współautorem katalogu galaktyk w Polu Jagiellońskim (Rudnicki K., Dworak T. Z., Flin P.; with collaboration of Baranowski B. and Sendrowski A.: *A Catalogue of 15 650 Galaxies in the Jagiellonian Field*. Zeszyty Naukowe UJ, CCCIX, „Acta Cosmologica” 1972, z. 1, s. 164, PWN, Warszawa-Kraków 1973), a także wyznaczałem odległości do najbliższych galaktyk dzięki obserwacjom w nich gwiazd zmiennych zaćmieniowych (dyskutując to m. in. z de Vaucouleurs'em podczas wspólnego pobytu w Observatoire de Besançon), co następnie również opublikowałem w „Acta Cosmologica” (1974, z. 2).

Monografia rozpoczyna się całkiem zwyczajnie i rzeczowo — od definicji gromad galaktyk oraz przeglądu istniejących, aktualnych katalogów gromad galaktyk: Zwicke'ego, Abella, Daltona, nowego katalogu struktur PF (Panko i Flina). Traktuje ponadto o badaniu galaktyk nie tylko w widzialnym i radio-wym promieniowaniu, lecz również w paśmie rentgenowskim. Pewna uwaga została też poświęcona typom morfologicznym i kształtom gromad galaktyk oraz ich klasyfikacji.

Kolejny rozdział traktuje właśnie o morfologii i dynamicie gromad galaktyk. Morfologia jest tym pojęciem, które zasadniczo różni astronomię pozagalaktyczną (gdzie rozważamy obiek-

ty powierzchniowe) od astronomii gwiazdowej (gdzie mamy do czynienia z obiektami „punktowymi”). Zmienia to diametralnie podejście do tych dwóch odmiennych obiektów we Wszechświecie. Ponadto Autorzy rozważają prędkości oraz rozkłady (dystrybucje) galaktyk w gromadach dzięki zastosowaniu różnych statystyk, różnice morfologiczne i podstruktury w gromadach, wreszcie charakterystyczne skale czasu metody wyznaczania mas gromad galaktyk.

Następny rozdział przedstawia utwory wyższego rzędu, czyli super-gromady (gromady gromad), które zczęsto identyfikować już dość dawno. Na przykład Harlow Shapley już pod koniec lat 20. ubiegłego wieku opisał największy obserwowany konglomerat



galaktyk, czyli tzw. koncentrację Shapleya (SSC). Dodajmy też, iż super-gromady są z reguły rozdzielone obszarami pustek.

Rozdział 4. — *Funkcje korelacji* — jest stricte matematyczny i może się okazać za trudny nawet dla zaawansowanych miłośników astronomii. Podkreśleję jedynie, że wszelkie wyprowadzania wzorów i zależności są przeprowadzone (w całej monografii) porządnie: systematycznie i logicznie. Jednym drobnym mankamentem jest naprzemienne stosowanie bądź to wykładnika ułamkowego (np. 0,5), bądź to zwykłego pierwiastka.

Z kolei rozdział 5. przedstawia szczegółowo orientacje galaktyk w supergromadach, orientację gromad galaktyk, a także orientację galaktyk w gromadach i układach podwójnych.

Nie jest to bynajmniej błahy problem, ponieważ pozwala stwierdzić współliniowość albo anizotropię oraz powstanie tych struktur (ich hierarchiczne grupowania się).

Rozdział 6. — *Periodyzacja przesunięć ku czerwieni* — również może okazać się za trudny dla miłośników astronomii, chociaż idea jest w miarę prosta: chodzi mianowicie metody wyznaczania odległości galaktyk. Owo przesunięcie ku czerwieni zależy od ogólnej ekspansji Wszechświata jak całości (prawo Hubble'a), od lokalnych osobliwości i miniskalowych ruchów materii we wnętrzu danej galaktyki. Należy jeszcze raz pokreślić, iż na ekspansję samej przestrzeni nie nakłada się żadnych warunków.

Natomiast dość przystępny jest rozdział traktujący o promieniowaniu rentgenowskim gromad galaktyk, ponieważ prawie każdy wie, co to jest — promieniowanie, chociaż oczywiście mechanizm jego powstawania w tych gromadach jest odmienny od mechanizmu stosowanego w klasycznych aparatach rentgenowskich. Istnieją też teleskopy rentgenowskie działające poza atmosferą Ziemi (orbitalne). Podobnie mniej więcej wiadomo, co to są radioźródła (w gromadach galaktyk) oraz jak się je obserwuje, chociaż również należy uczynić zastrzeżenie, iż radiopromieniowanie galaktyk jest całkowicie różne od promieniowania na przykład Słońca — nie wspominając już stacji radiowonadawczych na naszej planecie.

I wreszcie dość poważny jest ostatni rozdział pt. *Powstawanie i ewolucja gromad galaktyk*. Był z tym wielki problem, ponieważ przy założeniu jednorodności oraz izotropowości Wszechświata, zwłaszcza wczesnego, trudno było sobie wyobrazić, w jaki sposób te struktury powstały, jeżeli zakładało się jednorodność i anizotropowość Wszechświata (jako całości — *Uniwersum*). Dopiero wyniki misji COBE, wykazujące drobne niejednorodności w promieniowaniu tła, pozwoliły rozwiązać ten problem, łącznie z zagadnieniem ewolucji gromad galaktyk.

Zamyka monografię spis literatury, wykaz niektórych skrótów, skorowidz, spis rysunków i spis tabel.

Mimo mogących się pojawić problemów w odbiorze tej pozycji, gorąco ją polecam, a przynajmniej — częściową jej lekturę.

T. Zbigniew Dworak

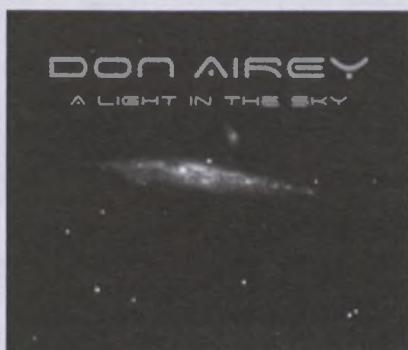
## Dona Aireya fascynacje Kosmosem

Parę miesięcy temu, gdy błakałem się pomiędzy regałami pełnymi płyt kompaktowych w pewnym wielkim supermarketie w Gdańsku, moją uwagę przykuła jedna okładka płyty. Nie była zbyt wyszukana ani oryginalna. Nie zawierała też nazwy wykonawcy, która powodowałaby żywot bicie serca. A jednak zaintrygowała! Zaintrygowała zdjęciem, szczerze powiedziawszy, mało spektakularnym, jak na dzisiejsze czasy raczej amatorskim, przedstawiającym galaktykę Wieloryb (NGC 4631). Gorączkowo próbowałem przypomnieć sobie, czymże ta galaktyka mogła sobie zasłużyć na takie wyróżnienie? Jako że tytuł płyty to „A Light In The Sky”, pomyślałem sobie, że najjaśniejszy punkt widoczny na tle galaktyki musi być zaobserwowaną w tej galaktyce supernową, co wyjaśniałoby logicznie całą sprawę.

Po powrocie do domu nie omieszkałem zajrzeć do zasobów internetowych, czy moje podejrzenia były słuszne. Niestety, wyczytane w Wikipedii zdanie, iż do tej pory w NGC 4631 nie zaobserwano żadnej supernowej, po zweryfikowaniu w innych źródłach, odebrało mi nadzieję na szybkie wyjaśnienie zagadki, czyniąc ją jeszcze bardziej interesującą (płyty jeszcze nie nabyłem, a w sklepie nie było możliwości zajrzenia do wkładki).

Jako że tytuły utworów na płycie brzmiały dość interesująco z punktu wi-

dzenia miłośnika astronomii, a rewers okładki sugerował w osobie autora nagran klawiszowca (syntezatorzystę?), nie omieszkałem sprawdzić, kim jest ów muzyk, bo szczerze się przyznaje, jego nazwisko nic mi wcześniej nie mówiło. Jakie było moje zdziwienie, gdy okazało się, iż mam tu do czynienia nie z byłym kim, bo z wykonawcą związanym swego czasu z dobrze znanimi mi zespołami: Judas Priest, Black Sabbath,



Jethro Tull, Whitesnake, Colosseum II, Rainbow. Współpracował z tak znymi artystami, jak Gary Moore, Ozzy Osbourne, Michael Schenker, Uli Jon Roth czy Andrew Lloyd Webber. Ostatnio znany jest jako godny następcy Jona Lorda w zespole Deep Purple (od 2002 roku do dziś). Na swoje usprawiedliwieenie mam tylko tyle, że dokonaniami tej formacji przestałem się interesować dekadę wcześniej.

Coraz bardziej intrygowała mnie płyta Dona, a dostępne w Internecie kró-

ciutkie próbki utworów tylko wzmagały to zainteresowanie... i w końcu kupyłem. Chociaż gatunek muzyki, jaki uprawia Airey, nie jest tym, co najbardziej lubię, z uznaniem słuchałem jego imponujących solówek, a brzmienia analogowego Hammonda budziły ciepłe, sentymentalne wspomnienia. Sprawność warsztatowa tego pana naprawdę budzi respekt. Gorzej, jeśli wsłuchać się w słowa piosenek zawartych na płycie. Sporo w nich latania w Kosmosie, spa- dających gwiazd, zderzających się planet i bezkresnych nocy (*Shooting Star; Endless Night*), ale wszystko to raczej ma wyrażać emocje związane z dramatami damsko-męskimi (*Love You Too Much*). Ostatnia, tytułowa piosenka to już wręcz wizja apokaliptyczna z Azrelem — aniołem zagłady w roli głównej (*A Light In The Sky, Pt 2*).

Na szczęście na płycie dominują utwory instrumentalne: *Big Bang, Ripples In The Fabric Of Time, Andromeda M31, Rocket To The Moon, Cartwheel ESO 350-40, Sombrero M104, Into Orbit* i inne (łącznie na płycie mieści się 17 kompozycji!), w których autor daje pełny muzyczny upust swoim astronomicznym fascynacjom.

Niestety, nadal nie wiem, dlaczego okładkę płyty zdobi NGC 4631, a nie jedna z tytułowych i z pewnością bardziej atrakcyjnych wizualnie mgławic, np. M31, M104 czy ESO 350-40?

Jacek Drążkowski

### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2010 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 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:

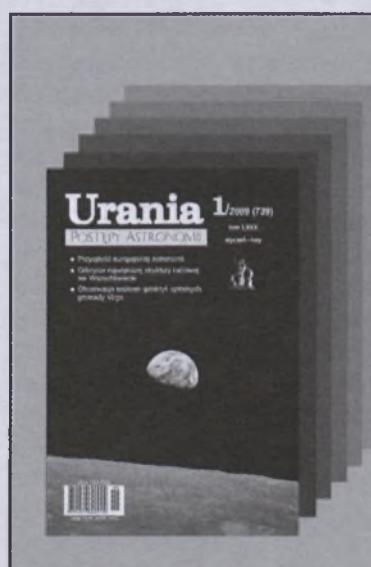
Karolina Zawada

Centrum Astronomii UMK

ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)

tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08



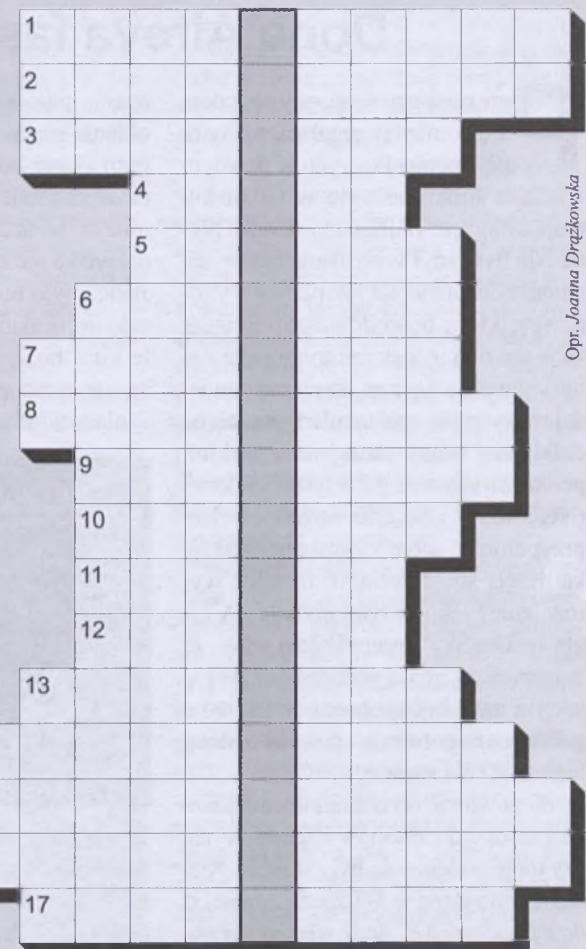
**W** „Uranii-PA” nr 5/2009 zamieściłyśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło MICROOBSERVATORY. Nagrody książkowe wylosowali Tomasz Ciechan z Łaski i Michał Matraszek z Łodzi. Nagrody prześlemy pocztą.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązania nowej krzyżówki:

1. Umożliwia szybkie zmiany struktury pola magnetycznego
2. Stworzył aksjomatyczne podstawy rachunku prawdopodobieństwa
3. Proponowana lokalizacja 90-m radioteleskopu
4. Ubiegłorocznego laureat Nagrody Nobla z fizyki
5. Jubilat z UAM
6. Najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiorze Niedźwiadka
7. Badał zakrzywienie promieni światła przez Słońce
8. Zakrycie jednego ciała niebieskiego przez inne
9. Jeden z autorów pomysłu doświadczenia EPR
10. Próbnik sondy LCROSS, który uderzył w Księżyc
11. Siedziba CERN
12. Gdańskiego rzemieślnika, który wytwarzał m. in. cyrkle
13. Zmiana kierunku osi obracającego się ciała
14. Znajduje się tam jeden z największych sterowalnych radioteleskopów
15. Przyrząd do fotografowania nieba
16. Między fotosferą a koroną
17. Droga Słońca po niebie

Na rozwiązania czekamy do końca lutego 2010 r. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną na adres redakcji.

Słowa kluczowe do rozwiązania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 5/2009: 1. Geminidy, 2. Rozdzielcość, 3. Podczerwień, 4. Carillon, 5. Astronauta, 6. Barionowa, 7. Kalibracja, 8. Houston,



Opr. Joanna Drążkowska

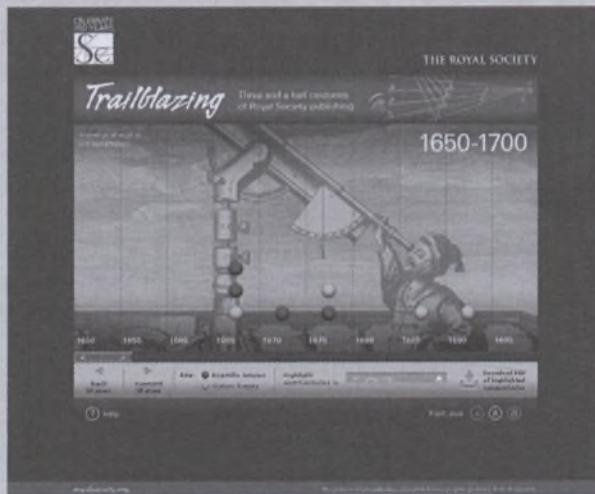
9. Kennedy, 10. Harriot, 11. Rehovort, 12. Galaktyka, 13. Rotacja, 14. Korona, 15. Milgrom, 16. Ursydy.

### Ciekawe strony internetowe...

W roku 2010 Royal Society będzie obchodzić swoje 350 urodziny — z tej okazji pod adresem <http://trailblazing.royalsociety.org/> udostępniono 60 ważnych artykułów z różnych dziedzin wiedzy, które ukazały się w czasopismach Towarzystwa. Są tam też prace dotyczące fizyki czy astronomii: możemy m.in. przeczytać pracę Izaaka Newtona z roku 1672 na temat rozszczepienia światła białego przez przyrząd (uboczny wniosek z tych obserwacji, to potrzeba konstrukcji teleskopu zwierciadlanego pozbawionego aberracji chromatycznej — co zresztą Newton uczynił i w tymże artykule skomentował niektóre ze swoich obserwacji).

W roku 1758 John Dollond publikuje pracę na temat soczewek achromatycznych, w 1769 wielebny William Hirst opisuje szczegóły przejścia Wenus przez tarczę Słońca, w 1920 Dyson, Eddington i Davidson testują przewidywane przez ogólną teorię względności zakrzywienie promieni światła w polu grawitacyjnym Słońca. Przyjemność odszukania i przeczytania pozostałych prac pozostawiamy Czytelnikom. Przy okazji warto wspomnieć, że cyfrowe archiwum dostępne pod adresem <http://royalsocietypublishing.org/site/librarians/archive.xhtml> i zawierające wszystkie artykuły opublikowane w czasopismach Towarzystwa (od 1655 r., razem około 65 tysięcy prac) będzie dostępne bez ograniczeń do 28 lutego 2010 r. Warto poszperać...

(rs)



# Galeria Uranii



Zdjęcie zrobione 9 stycznia 2006 r. w Częstochowie. Przed aparatem marki ZENIT umieszczono teleskop Zeissa — meniskas o średnicy zwierciadła 15 cm. Na zdjęciu widać szczyt wieży Jasnej Góry (z caillonom!) i sierp... Wenus! Fot. Bogdan Wszolek



Na zdjęciu wyżej reflektor Newtona 317/1490, (konstrukcja Jacka Adamika). Obok multimedialny pokaz w „Jasiu Wędrowniczku” (zdjęcia do relacji Mariusza Świątnickiego na s. 27)



Dzielne uczestniczki wyprawy i przełęcz Tsemed Lka Ka (z prawej autorka relacji Marta Gryzińska i Magda — patrz s. 29)



Dzielni uczestnicy — od lewej Grzegorz, Michał i Piotr



Całkowite zaćmienie Słońca na tle Gongha Shan



„Profesjonalny” sprzęt obserwatorów zaćmień... (od lewej: autorka, Michał, Magda i Piotr)

# Sierp Ziemi widzianej z sondy Rosetta



Żegnaj, Ziemo. W listopadzie 2009 r., należąca do ESA, międzyplanetarna sonda Rosetta przemknęła obok Ziemi, zwracając w głąb Układu Słonecznego. Na zdjęciu Ziemia ukazująca przelatującej rakietę fazę jasnego sierpa obejmującego Biegun Południowy. Rosetta, wystrzelona z Ziemi w 2004 r., wykorzystała jej grawitację jako dodatkowy napęd do pomknięcia obok Marsa na spotkanie z kometą Czuriumow-Gerasimienko w 2014 r. W roku 2008 automatyczna sonda minęła planetoidę 2867 Steins, a na ten rok ma zaplanowane zbliżenie do enigmatycznej planetoidy 21 Lutetia. Jeśli wszystko dobrze pójdzie, Rosetta uwolni próbnik, który wyląduje na 15-kilometrowej komecie w roku 2014.

Fot. ESA (MPS for OSIRIS Team), MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA

# Urania

2/2010 (746)

tom LXXXI

marzec—kwiecień

## POSTĘPY ASTRONOMII

- Projekt OGLE – nowe ekscytujące perspektywy  
*Radosław Poleski*
- RT90 – programy badawcze *Andrzej Kus i in.*
- Sąd nad astrologią *Józef Smak*
- Dyski akrecyjne a ewolucja dżetów  
*Agnieszka Janiuk*



ISSN 1689-6009



Cena 10,90 zł (0% VAT)

# Konferencja w CAMK-u



Językoznawca profesor Jerzy Bralczyk mówi o różnorodności terminologii astronomicznej w języku polskim



Bankiet konferencyjny. Od lewej: Jerzy Kreiner, Jerzy Skóra, Jadwiga Biała, Lidia Kosiorek, Henryk Brancewicz, Edwin Wnuk



Weronika Śliwa opowiada o nowo powstającym w Warszawie Centrum Nauki Kopernik



W kulisach. Od lewej: Stanisław Bajtlik, Janusz Ziółkowski, Aleksander Schwarcenberg-Czerny, Bożena Czerny, Lech Mankiewicz



Bankiet. Od lewej: Karolina Zawada, Bogdan Kulesza, Krzysztof Czart, Jacek Drażkowski



Stoisko z pamiątkowymi gadżetami. Po prawej stronie Krzysztof Ziolkowski kontemplujący rysunek na kubku



Maciej Mikołajewski dzieli się wrażeniami z toruńskiego happeningu w Instytucie B61. W tle widać (było i słychać!) krzyk czerwonego olbrzyma



W pierwszym rzędzie od prawej siedzą: Piotr Flin, Bożena Czerny, Agnieszka Janiuk, Stanisław Bajtlik, Jarosław Włodarczyk

## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy do Waszych rąk zeszyt, w którym omawiamy pokrótkie odkrycia dokonane w czasie realizacji polskiego (warszawskiego) programu badawczego OGLE i perspektywy badań przy pomocy planowanego ogólnopolskiego radioteleskopu 90 m. Dokonując tego aktywni uczestnicy omawianych odkryć i autorzy projektu nowej, wielkiej inwestycji astronomicznej w Polsce. Gorąco polecam lekturę tych artykułów.

Bardzo ciekawy jest też artykuł Pani Agnieszki Janiuk z Warszawy o relacjach między dyskami akrecyjnymi a dżetami. Dżetom zawsze towarzyszą dyski akrecyjne, ale ciągle nie wiemy, jak one powstają i jak ewoluują. Autorka odsłania nam niektóre ze swych wyników badań na ten temat.

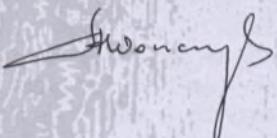
Astrologia to nie nauka, jeno choroba — stwierdził przed wiekami uczeń lekarz, filozof i teolog żydowski Moses Maimonides (1135–1204). Profesor Smak przypomina sąd nad astrologią, jaki się odbył przeszło 30 lat temu przed kamerami Telewizji Polskiej. Przedstawia argumenty obrońców astrologii i zarzuty wytaczane astrologii przez stronę oskarżającą. Jaki był wynik tego procesu? Werdykt nie został sformułowany. Nie pozostaje nic innego, jak tylko wydanie orzeczenia przez każdego z Państwa.

Bardzo dużo miejsca poświęcamy w tym numerze Astronomii w szkole, a to za sprawą obszernej analizy astronomii w programach szkolnych przeprowadzonej przez prof. Jerzego Kreinera. Przed ostatnią reformą programową Polskie Towarzystwo Astronomiczne zdecydowanie protestowało przeciwko ograniczaniu nauczania nie tylko treści astronomicznych w szkołach, ale generalnie planom obniżania poziomu nauczania przedmiotów ścisłych. Niestety Ministerstwo Edukacji reformę idącą w tym kierunku wprowadziło w życie. A przecież ta praktyka Ministerstwa już owocuje brakiem kandydatów na studia techniczne i brakiem kadry technicznych. Co możemy robić w tej sytuacji? Czekamy na listy Państwa w tej sprawie.

Międzynarodowy Rok Astronomii 2009 został zakończony i w Polsce, i na świecie. Piszemy o konferencjach, które stanowiły oficjalne zakończenie tego niezwykłego dla astronomów i miłośników astronomii Roku. Ale w ostatnim kwartale 2009 r. odbyło się w Polsce jeszcze wiele imprez, o których dość szczegółowo donosimy na naszych stronach. Piszemy też o najnowszych odkryciach astronomicznych w Rozmaitościach. Przedstawiamy merytoryczną recenzję Kalendarza astronomicznego, który stanowił noworoczny prezent dla naszych prenumeratorów. W tym roku planujemy jeszcze inne prezenty dla naszych wiernych Czytelników.

Jak zwykle zamieszczały szczegółowy kalendarz astronomiczny zjawisk i innych wydarzeń, które będą czekały nas na niebie w maju i czerwcu, opracowany przez Tomasza Ściążora. Jest też felieton muzyczny Jacka Drążkowskiego, krzyżówka i wskazanie ciekawych stron internetowych Romana Schreibera.

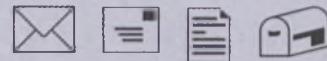
Życzę Państwu ciekowej lektury i pogodnego, już prawie wiosennego, nieba.



Toruń, w lutym 2010 r.



foto: A. Dauksza-Wiśniewska



## **Stanowisko Zarządu Polskiego Towarzystwa Astronomiczego w sprawie reformy szkolnictwa**

Najnowsza reforma szkolnictwa, przedstawiona w artykule prof. J.M. Kreinera, była jednym z najważniejszych problemów poruszanych w czasie grudniowej konferencji „Astronomia w edukacji, mediach i kulturze” w CAMK-u w Warszawie. Zarząd PTA i uczestnicy konferencji są bardzo zaniepokojeni kierunkiem, w jakim zmierza szkoła, ograniczając nie tylko treści astronomiczne, ale w ogólności poziom nauczania przedmiotów ścisłych. Professor Kreiner, jako przedstawiciel PTA, był autorem negatywnej opinii o tej reformie, co nie zapobiegło jej wdrożeniu. Upowszechnienie edukacji, niestety, idzie w parze z nieodwracalnym zjawiskiem obniżania wymagań. Jak słusznie podkreśla profesor Kreiner, w krótkim czasie zaowocuje to jednak dalszym spadkiem liczby kandydatów na uczelnie techniczne, a potem brakiem kadry technicznej. PTA oraz inne towarzystwa mogą spontanicznie próbować zaradzić tej sytuacji poprzez akcje podnoszenia kwalifikacji nauczycieli (serie wykładów, materiały internetowe) i propozycje zajęć i konkursów dla najzdolniejszych uczniów, ale bez wsparcia Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego akcje takie będą daleko niewystarczające.

II Konferencja Naukowa Młodych

W dniach 11–12 maja odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie międzynarodowa konferencja naukowa „Wybrane zagadnienia astrofizyki”. Młodzi adepci astronomii (magistranci, doktoranci) z krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych będą przedstawiać swoje pierwsze osiągnięcia naukowe, posłuchają wykładów doświadczonych astronomów i oględziny prezentacji w planetarium cyfrowym.

Jezyki konferencyjne to: polski, angielski i rosyjski.

Przyczynki konferencyjne zostaną opublikowane w języku polskim w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym (przyczynki obcojęzyczne zostaną przetłumaczone).

Nie przewiduje się żadnych opłat konferencyjnych. Instytucje macierzyste uczestników konferencji uprasza się o refundację kosztów udziału w ramach delegacji.

Instytucje bezpośrednio wspomagające konferencje (organizacyjnie i/lub finansowo):

- Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
  - Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
  - Polskie Towarzystwo Astronomiczne
  - Stowarzyszenie Astronomia Nova
  - Częstochowski Oddział PTMA.

Zgłoszenia uczestnictwa wraz z tematem i formą (referat, plakat) przyczynku z zakresu astronomii, astrofizyki lub astronauptyki należy wykonać do dnia 20 kwietnia na jeden z dwóch adresów:

dr Bogdan Wszołek  
bogdan@ajd.czest.pl  
tel. 518-043-166

mgr Agnieszka Kuźmicz  
cygnus@byk.oa.uj.edu.pl  
tel. 609-064-062

***tu jest miejsce  
na Twoją  
REKLAMĘ***

Kontakt: urania@astrj.uni.torun.pl, tel. (56) 61130 14

**Zapraszamy na nasze łamy!**

Witam Szanownego Pana,

2010.01.25. ze skrzynki na listy wyjełam awizo z informacją, że mam do odbioru na poczcie przesyłkę. Na 90% byłam przekonana, że dotarł do mnie kolejny numer „Uranii-PA”, do którego ma zostać dołączony Astrokalendärz na 2010 r. Na

rzu jest zaskakująca. Uważam, iż to dobry pomysł, by do „Uranii—PA” dołączać taki prezent.

Pozdrawiam i życzę wszystkiego dobrego w 2010 roku!

#### Miłośniczka Astronomii

Krystyna Wirkus  
Gdynia

三

Szanowna Redakcjo!

Witam serdecznie. Entuzjastycznie chciałabym podzielić się z Państwem tym, co takiego nieziemskiego wydarzyło się 25 grudnia 2010 r. w kaplicy Zboru Chrystusowego w Lidzbarku Warmińskim. Dzień po świątecznej krzątaninie odbył się happening zorganizowany przez pastora Jerzego Puszczę, znanego z wielu artystycznych przedsięwzięć. Tematem przewodnim było wspomnienie wydarzenia sprzed ponad 40 lat (o rany!): legendarny lot misji Apollo 8 i pamiętna transmisja astronautów z orbity okoliczycowej, podczas której odczytano początek I Księgi Mojżeszowej. Po raz kolejny mogliśmy stać się świadkami, w wypełnionej po brzegi kaplicy, podróży w Kosmos oraz usłyszeć błogosławieństwo „skierowane do wszystkich ludzi na tej pięknej Ziemi”.

W dniu 2010.01.26. otrzymałam kolejne awizo. Byłam pewna, że to nowy numer „Uranii-PA” 1/2010, co się potwierdziło dnia następnego. W wielkiej kopercie otrzymałam również Astrokalendarz na 2010 rok. Astrokalendarz gości na ścianach w moim pokoju od 2006 roku. Ten wspaniały pomysł trwał już 4 lata! Za każdym razem iakość zdjęć w kalenda-

Na tę okazję muzyk pochodzący z Lidzbarka o pseudonimie Qlhead, przygotował kompozycję zainspirowaną wydawnictwem z 1968 r., wykonaniu której towarzyszyły archiwalne zdjęcia NASA. To kosmiczne spędzenie świątecznego wieczoru wszystkich wprawiło w zachwyt i głęboka refleksje.

*Alicja Andrzejewska  
Lidzbark Warmiński*

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” (ISSN 0032-5414) — 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 MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelný:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespól Redakcyjny:**

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michalec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK Toruń

**Opracowanie graficzne i skład komputerowy:**

Jacek Drążkowski

**Korekta:**

Bożenna Wyrzykowska

**Adres Redakcji:**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Centrum Astronomiczne  
ul. Gagarina 11  
87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 52  
fax. (0-56) 611 30 08

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

**Adres WWW:**

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

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

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

Prenumerata w roku 2010 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
ul. Bartycza 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: pta@camk.edu.pl  
WWW: [www.pta.edu.pl](http://www.pta.edu.pl)

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

**Numer zamknięto w lutym roku 2010**

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

## W NUMERZE

### 52 Projekt OGLE — nowe ekscytujące perspektywy

Radosław Poleski

Pierwotnym zamiarem badawczym projektu OGLE było poszukiwanie ciemnej materii w Galaktyce, wykorzystując zjawiska soczewkowania grawitacyjnego. Metoda fotometryczna, którą się posługiwano, pozwoliła na odkrycie i skatalogowanie wielu tysięcy gwiazd zmiennych i rzuciła nowe światło na strukturę Galaktyki oraz ewolucję gwiazd

### 56 Polski 90-m radioteleskop — proponowane programy badawcze. Część I. Astronomia galaktyczna

A. Kus, J. Gil, J. Kijak, W. Lewandowski, M. Szymczak, M. Gawroński  
Autorzy, z różnych ośrodków astronomicznych, przedstawiają zagadnienia fizyki gwiazd neutronowych i pulsarów, różne aspekty badań w dziedzinie spektroskopii radiowej oraz badania źródeł galaktycznych i transientów, do których radioteleskop klasy 90 m będzie niezbędny. W części II będą omówione badania pozagalaktyczne i kosmologiczne

### 62 Sąd nad astrologią

Józef Smak

Astrologia to nie nauka, jeno choroba – takie miał zdanie o astrologii uczyony lekarz, filozof i teolog żydowski Moses Maimonides (1135–1204). Autor, w formie procesu sądowego, przedstawia zarówno argumenty broniące astrologię, jak i argumenty przeciwne, pozostawiając Czytelnikowi sformułowanie werdyktu: nauka to czy „choroba”?

### 66 Dyski akrecyjne a ewolucja dżetów

Agnieszka Janiuk

Dżety są obecne w tworzących się gwiazdach, gwiazdach neutronowych i czarnych dziurach, mikrokwazarach, błyskach gamma i aktywnych galaktykach. Z ich istnieniem zawsze jest stowarzyszona obecność dysku akrecyjnego. Ciągle nie wiemy, jak one powstają, ale Autorka stara się poprawić naszą wiedzę na ten temat.

**w kolorze:** Konferencja w CAMK-u (o.II); MRA w Kielcach (w.I); Centrum Drogi Mlecznej (w.II–III); Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim (w.IV); Galeria Uranii (o.III); Supermasywna czarna dziura Sag A\* i jej otoczenie (o.IV)

**69 MRA2009:** Międzynarodowy Rok Astronomii zakończony (69); Sprawozdanie z konferencji „Astronomia w edukacji, mediach i kulturze” (70); Międzynarodowy Rok Astronomii w Kielcach (72); Konferencja naukowa w Częstochowie (73)

**75 w kraju:** Astronomia Nova (75); Amatorskie Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim (76)

**84 rozmaitości:** Nowa mapa Plutona: nieoczekiwana zmienność (84); Gigantyczna pętla magnetyczna w układzie podwójnym (84); Kepler odkrywa pięć nowych planet (84); Maszyna czarna dziura przylapana „na gorącym uczynku” (85); Odległe galaktyki odkrywają tajemnice ciemnej materii (87); O detekcji ciemnej materii, czyli z dużej chmury mały deszcz (87)

**82 astronomia w szkole:** Astronomia w nowych programach szkolnych

**88 kalendarz astronomiczny 2010:** Maj — czerwiec

**94 recenzje:** recenzja kalendarza ściennego na rok 2010

**95 astronomia i muzyka:** Z Chopinem na orbicie

**96 relaks z Uranią:** Krzyżówka

**96 ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Mgławica planetarna NGC 6543, zwana też Kocie Oko. Obraz powstał przez złożenie danych z teleskopów kosmicznych Chandra (promieniowanie X — kolor niebieski) i Hubble'a (światło widzialne — kolor czerwony i purpurowy). Jest to mgławica, która przedstawia fazę ewolucji gwiazd, jaką Słońce osiągnie za kilka miliardów lat. Gdy gwiazda taka jak Słońce zaczyna wyczerpywać swoje paliwo (wodór), staje się czerwonym olbrzymem i co jakiś czas odrzuca swe zewnętrzne warstwy, pokazując gorące jądro, które z czasem zapada się i staje się białym karłem. Tu pięknie widać, jak wiele otoczek zostało odrzuconych z gwiazdy centralnej. W otoczkach panują silne wiatry gwiazdowe, a ich temperatura sięga wielu milionów stopni. NGC 6543 znajduje się w gwiazdozbiorze Węża, w odległości ok. 3 tys. lat św. od nas.

Źródło: NASA

# Projekt OGLE — nowe ekscytujące perspektywy

*Tekst ten powstał na podstawie wykładu wygłoszonego przez prof. Andrzeja Udalskiego podczas ubiegłorocznego zjazdu PTA*

Projekt Optical Gravitational Lensing Experiment (Optyczny Eksperyment Soczewkowania Gravitacyjnego — OGLE) to długotrwały przegląd fotometryczny nieba realizowany od 17 lat głównie przez astronomów Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego. Pomyśl prowadzenia obserwacji nastawionych na rejestrację zjawisk mikrosoczewkowania grawitacyjnego pochodzi od nieżyjącego już prof. Bohdana Paczyńskiego z Princeton University Observatory. Obserwacje są prowadzone w Obserwatorium Las Campanas w Chile zarządzanego przez Carnegie Institution of Washington. Jest to jedno z najlepszych na świecie miejsc do prowadzenia obserwacji. Kierownikiem projektu OGLE jest prof. Andrzej Udalski.

Celem projektu jest wykonywanie pomiarów fotometrycznych gęstych pól gwiazdowych. Obserwacje rozpoczęły się w roku 1992 na metrowym teleskopie im. Henrietty Swope w Las Campanas Observatory. Regularnie obserwano ok. 2 mln gwiazd. Główny sukces pierwszej fazy trwającej do roku 1995

to pierwsza obserwacja mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Zjawisko to wynika z ogólnej teorii względności sformułowanej przez Alberta Einsteina i polega na zakrzywieniu promieni świetlnych biegnących od odlegiej gwiazdy lub galaktyki (tzw. źródła) przez pole grawitacyjne obiektu (tzw. soczewki) położonego idealnie na linii między źródłem a obserwatorem. Z punktu widzenia obserwacyjnego mikrosoczewkowanie to pojaśnienie gwiazdy na niebie powodujące bardzo charakterystyczny kształt krzywej zmian blasku.

Dzięki sukcesom pierwszej fazy tego projektu została podjęta decyzja o budowie teleskopu przeznaczonego do obserwacji w jego ramach. Budowa tzw. Teleskopu Warszawskiego zakończyła się w roku 1996. Nowatorskie podejście do obserwacji polegało na długotrwałym monitorowaniu najciekawszych rejonów nieba. Otworzyło to nowe perspektywy prowadzenia badań i zaowocowało ogromną liczbą znakomitych odkryć.

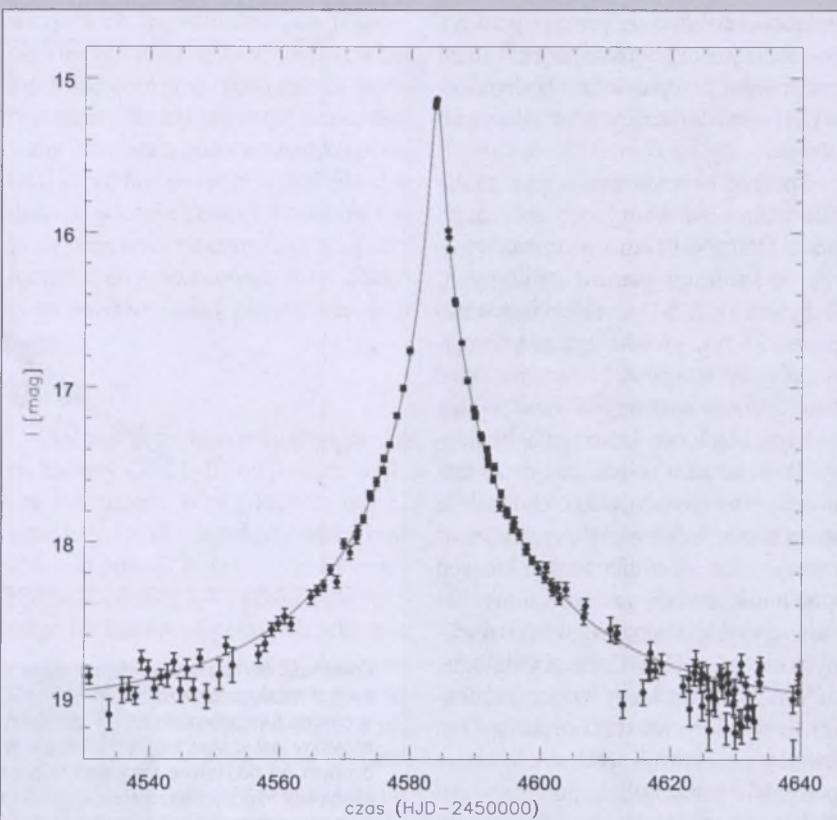
Druga faza projektu rozpoczęła się w roku 1997. Regularne obserwacje

40 mln obiektów pozwoliły odkryć dziesiątki tysięcy nowych gwiazd zmiennych zarówno w zgrubieniu centralnym Galaktyki, jak i dwóch jej satelitach — Wielkiego i Małego Obłoku Magellana. Powstały także bardzo dobrze skalibrowane mapy obserwowanych obszarów. Co ciekawe, po raz pierwszy w przeglądzie nieba trwającym kilka lat zastosowano technikę obserwacji zwaną po angielsku *drift-scan*. Polega ona na przesuwaniu pola widzenia teleskopu na niebie w trakcie robienia ekspozycji z jednoczesnym odczytywaniem małego fragmentu zdjęcia. Pozwalało to zaoszczędzić czas (czytanie ekspozycji trwało wówczas bardzo długo), a otrzymane zdjęcie przedstawiało fragment nieba, który jest kilkakrotnie większy niż pole widzenia kamery.

### **OGLE-III**

W roku 2000 zakończono drugą fazę projektu. Nastąpił kolejny wzrost możliwości obserwacyjnych. Do Teleskopu Warszawskiego została podłączona nowa kamera. Składała się ona z ośmiu detektorów liczących łącznie 64 mln pikseli. Była to wówczas jedna z największych kamer astronomicznych na świecie i nadal jest stosunkowo dużym instrumentem. Trzecia faza OGLE rozpoczęła się w roku 2001 i zakończyła w maju ubiegłego roku. Regularnie monitorowano 400 mln gwiazd. Wykonano 236 tys. zdjęć nieba, z których każde zajmuje 137 MB — łączna objętość surowych danych to ponad 30 TB. Zdjęcia te pozwoliły wykonać 170 mld pomiarów jasności gwiazd. Tak olbrzymia baza pomiarów zbieranych w jednakowy sposób tym samym sprzętem przez wiele lat jest unikatowa na skalę światową i stwarza badaczom bardzo duże możliwości.

Główne sukcesy tej części projektu dotyczą planet pozasłonecznych. Po raz pierwszy z sukcesem zastosowano dwie nowatorskie techniki odkrywania tego typu obiektów — tranzytów oraz mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Metoda tranzytów polega na wyszukaniu spadku jasności gwiazdy wywołanej przejściem przed jej tarczą planety. Problemem w obserwacji tego typu zjawisk jest bardzo mały spadek jasności — wynosi około 1%. O ile uzyskanie odpowiednio dokładnych pomiarów w trakcie jednej nocy nie stwarza obecnie większych problemów, to prowadzenie



Przykładowa krzywa zmian blasku mikrosoczewki grawitacyjnej. Szara linia przedstawia dopasowanie teoretyczne do punktów obserwacyjnych (czarne)

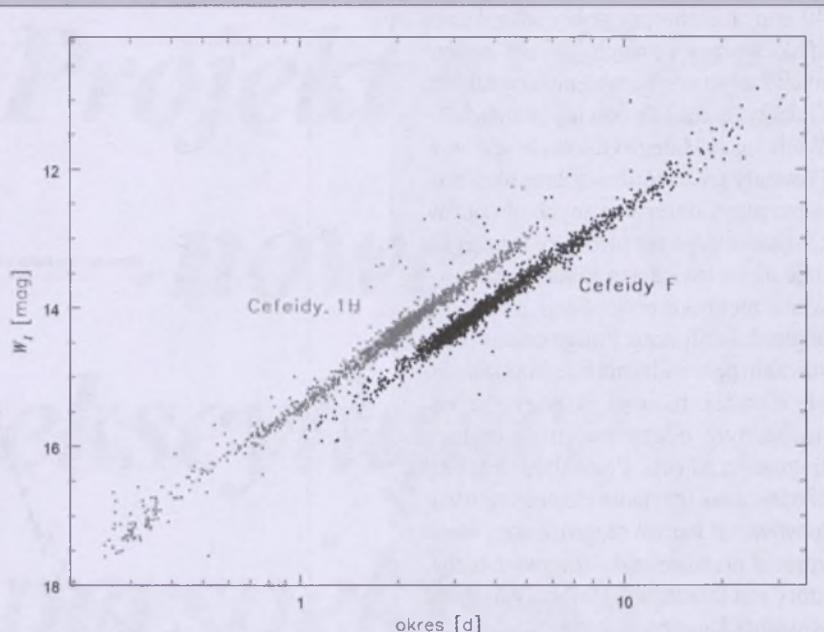
odpowiednio dokładnych obserwacji dla dużej liczby obiektów przez dłuższy czas i wykrycie w tych danych charakterystycznych spadków jasności nie jest już takie łatwe. Rezultatem kampanii obserwacyjnej nakierowanej na odkrywanie tranzytów planet pozasłonecznych są gwiazdy — kandydatki. Aby mieć pewność, że obserwowane spadki jasności są powodowane przez przejście planety przed tarczą gwiazdy, należy dodatkowo wykonać pomiary prędkości radialnych z dokładnością znacznie większą niż 1 km/s. Dla gwiazd tak słabych, jak te obserwowane przez OGLE, uzyskanie takiej dokładności wymaga największych teleskopów na świecie. Obecnie wiele innych projektów prowadzi kampanie obserwacyjne nakierowane na odkrywanie tranzytów wokół jasnych gwiazd. Dla odkrytych w ten sposób planet łatwiejsze jest prowadzenie dodatkowych badań, takich jak badanie zewnętrznych warstw tych gazowych olbrzymów. Zaletą odkrywania planet metodą tranzytów jest to, że tylko ta metoda daje niezależną informację o masie i promieniu planety.

Podczas trzeciej fazy projektu wykrytych zostało ponad 4000 mikrosoczewek grawitacyjnych i OGLE nadal pozosta-

je światowym liderem w tej dziedzinie. Szczególnie ważne są zjawiska, w przypadku których soczewka przechodzi bardzo blisko linii łączącej źródło z obserwatorem. Wzmocnienie światła docierającego do nas od źródła jest wtedy większe i umożliwia badanie bardziej subtelnych efektów. Jednym z nich może być obecność planety wokół gwiazdy soczewkującej. Planeta zaburza pole grawitacyjne swojej macierzystej gwiazdy i to zaburzenie wprowadza anomalie do obserwowanych krzywych zmian blasku mikrosoczewek. Takie anomalie trwają kilka godzin i jeśli przez ten czas dana gwiazda nie będzie obserwowana, to nie ma później możliwości wykrycia planety. Dlatego ważne było opracowanie systemu informowania innych zespołów badawczych o tym, które gwiazdy wymagają w danym momencie dodatkowych obserwacji. Dopiero połączenie danych zebranych na całym świecie daje duże szanse na odkrycie planet pozasłonecznych tą metodą. Jej zaletą jest to, że możemy odkrywać planety o bardzo małych masach — nawet tak małych jak masa Ziemi — w dużych odległościach od gwiazd macierzystych i w znacznych odległościach od Ziemi. Wadą jest niepowtarzalność zjawisk

mikrosoczewkowania, przez co prawdopodobnie już nigdy nie będziemy mieli możliwości przeprowadzenia dodatkowych badań dotyczących tak odkrytych planet.

Spośród obecnie trwających analiz materiału obserwacyjnego zebranego przez OGLE-III warto wymienić tworzenie katalogu gwiazd zmiennych. Z danych OGLE-II wyselekcjonowano ponad 22 tys. gwiazd zmiennych najważniejszych typów. Stworzono także listę gwiazd zmiennych zawierającą 268 tys. obiektów, które nie były sklasyfikowane ze względu na typ zmienności. Nie zostało także dokładnie sprawdzone, które spośród tych gwiazd rzeczywiście są zmienne, a u których zmienność imitują losowe szumy. Do największych katalogów gwiazd zmiennych należy zaliczyć General Catalogue of Variable Stars, który wraz z dodatkami liczy około 68 tys. obiektów. Ten katalog powstawał przez wiele lat na podstawie bardzo wielu publikacji naukowych, stąd jest bardzo niejednorodny i nie zawiera krzywych zmian blasku skatalogowanych gwiazd. Inny duży katalog gwiazd zmiennych został stworzony na podstawie innego przeglądu nieba prowadzonego w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. All Sky Automated Survey



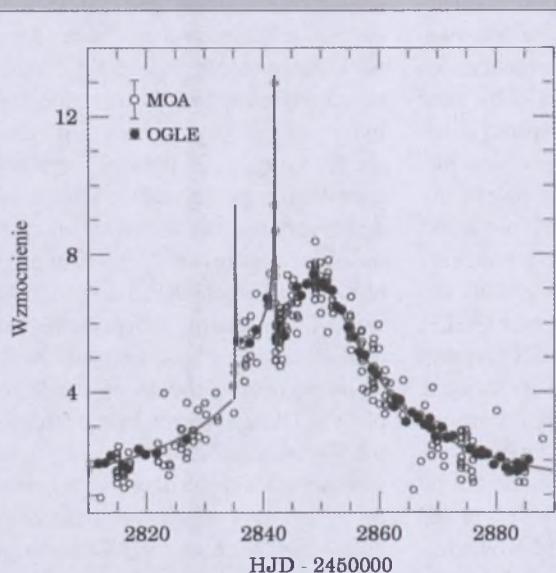
Zależność okres-jasność dla cefeid w Wielkim Obłoku Magellana na podstawie danych z katalogu gwiazd zmiennych OGLE-III. Zaznaczone zostały cefedy pulsujące w modzie fundamentalnym (F) i pierwszym modzie harmonicznym (1H). Okres przedstawiony jest w skali logarytmicznej, a jasność w tzw. indeksie Wessenheit — wyznaczonym na podstawie fotometrii w pasmach I oraz V tak, by był on niezależny od ekstynkcji międzygwiazdowej. Dzięki temu, że jasność absolutna koreluje się z okresem pulsacji, możliwy jest pomiar odległości do galaktyk, w których obserwujemy cefedy

(Automatyczny Przegląd Całego Nieba — ASAS) kierowany przez dr. hab. Grzegorza Pojmańskiego zbiera dane z wykorzystaniem bardzo małych teleskopów i do tej pory pozwolił na skatalogowanie 50 tys. gwiazd zmiennych.

Katalog gwiazd zmiennych OGLE-III jest publikowany w postaci artykułów opisujących kolejne typy gwiazd zmiennych. Pierwsza część dotyczyła cefeid klasycznych obserwowanych w Wielkim Obłoku Magellana — galaktyki, której odległość jest używana jako jednostka miary 'podczas wyznaczania odległości do obiektów dalej położonych. Cefedy klasyczne spełniają bardzo dobrze określoną zależność okresu pulsacji z jasnością absolutną, dzięki czemu można ich używać do określa-

nia odległości. Kolejne części katalogu dotyczyły tej samej galaktyki, a zawierały cefedy drugiego typu, cefedy anomalne, gwiazdy typu RR Lyrae, zmienne długookresowe i gwiazdy typu R Coronae Borealis. W najbliższym czasie zostaną opublikowane opisy gwiazd typu delta Scuti w Wielkim Obłoku Magellana i cefeid klasycznych w Małym Obłoku Magellana. W dalszej kolejności będą publikowane także katalogi gwiazd zmiennych w centralnym zgrubieniu Galaktyki. Już opublikowane listy zawierają łącznie ponad 100 tys. gwiazd, a szacunki mówią, że ostateczna wersja katalogu będzie zawierała ponad milion obiektów. Tak duże zbiory danych umożliwiają po pierwsze statystyczne badanie pewnych zjawisk, jak np. lepsze wyznaczenie zależności okres-jasność dla cefeid, a po drugie odkrycie obiektów rzadkich lub nietypowych, które czasem pełnią rolę zagnionego ognia. Przykładem mogą być gwiazdy pulsujące będące jednocześnie składnikami układów podwójnych.

Bardzo długi okres trwania projektu OGLE pozwala na monitorowanie bardzo ciekawych obiektów. Należy tu wymienić tzw. Krzyż Einsteina (cztery obrazy kwasara obserwowane dzięki soczewkowaniu grawitacyjnemu wywo-



Pierwsza planeta pozasłoneczna odkryta metodą mikrosoczewkowania grawitacyjnego, nazywana OGLE 2003-BLG-235/MOA 2003-BLG-53. Przedstawiona jest zależność wzmocnienia mikrosoczewki od czasu. O istnieniu planety świadczy anomalia w lewej części wykresu. Linia ciągła przedstawia dopasowanie teoretyczne. Punkty obserwacyjne pochodzą z danych projektów OGLE i MOA. Rysunek zaczerpnięty z pracy: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2004ApJ...606L.155B>

łanemu przez galaktykę położoną między kwasarem a Ziemią), optyczne odpowiedniki pulsarów rentgenowskich, które są odpowiednio jasne, oraz gwiazdy zmienne typu R Coronae Borealis. Te ostatnie zmieniają swoją jasność w bardzo mało przewidywalny sposób, ale w dość długich w porównaniu z długością życia człowieka skalach czasowych. Dlatego też ilość obserwacji i zainteresowanie tego typu obiektem wśród zawodowych astronomów są dość małe.

Dalsze plany analizy danych OGLE-III obejmują katalog gwiazd zaśmieniowych, pomiary astrometryczne (w tym wyznaczanie ruchów własnych gwiazd z dokładnością ok 1 milisekundy łuku na rok) oraz tworzenie map ekstynkcji międzygwiazdowej. Po zrealizowaniu



Zdjęcie centralnej części Wielkiego Obłoku Magellana. Obejmuje ono obszar  $9' \times 17'$  i zawiera 150 tys. gwiazd, z których najsilniejsze mają jasność ok. 11 mag., a najjaśniejsze (na granicy wykrywalności) ok. 21 mag. Pole widzenia kamery OGLE-III było ośmiokrotnie większe

wszystkich najważniejszych planów naukowych zebrane dane zostaną w całości udostępnione społeczności astronomicznej. Każdy astronom zainteresowany fotometrią obserwowanych przez OGLE pół będzie mógł wykorzystać te dane do własnych badań. Podobnie stało się wcześniej z danymi z drugiej fazy projektu, co zaowocowało m.in. odkryciem pozasłonecznej planety tranzytującej.

### OGLE-IV

Od maja ubiegłego roku trwa zamiana kamery OGLE-III na jeszcze większy instrument. Nowa kamera ma 32 detektory CCD i łączną powierzchnię 256 mln pikseli. Pole widzenia kamery będzie wynosiło 1,4 stopnia kwadratowego i w całości wypełni pole widzenia teleskopu. Większej kamery do tego teleskopu podłączyć nie można. Czas czytania zdjęć z kamery ulegnie skróceniu, a to w połączeniu z powiększeniem pola widzenia zwiększy strumień danych obserwacyjnych blisko 10 razy — do 50 TB rocznie. Dodatkowy wzrost możliwości obserwacyjnych zostanie osiągnięty dzięki lepszej przepuszczalności zastosowanych filtrów. Trzeba dodać, że olbrzymie pole widzenia kamery wymusza zastosowanie odpowiednio dużych filtrów i migawki — znacznie większych niż stosowane dotychczas.

W chwili obecnej kamery porównywanej wielkości działają tylko na teleskopie Canada-France-Hawaii Telescope, który ma średnicę 3,6 m i znajduje się na Hawajach, oraz teleskopie MMT o średnicy 6,5 m zlokalizowanym w Arizonie. Oba te instrumenty nazywane są Megacam.

Tzw. pierwsze światło kamery OGLE-IV miało miejsce w nocy z 7 na 8 września 2009 r. Mimo że obserwacje są prowadzone w jednym z najlepszych miejsc do obserwacji astronomicznych na świecie, akurat tej nocy była wyjątkowo duża wilgotność i para wodna skropliła się w samym centrum kamery, zasłaniając 6 spośród 32 detektorów. Okazało się także, że są problemy z jednym z detektorów.

Plany naukowe związane z realizacją projektu OGLE-IV są oceniane bardzo pozytywnie, co zaowocowało grantami Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych. W przygotowanych na zlecenie agencji NASA i NSF (amerykańska Narodowa Fundacja na rzecz Nauki) oraz Europejskiej Agencji Kosmicznej raportach dotyczących rozwoju badań planet pozasłonecznych przez najbliższe 15 lat zostały zalecone do finansowania tzw. przeglądy mikrosoczewkowe drugiej generacji. Mowa tu o przeglądach fotometrycznych, których instrumenty z bardzo dużą częstością monitorują centralne zgrubienie Galaktyki. W przypadku OGLE-IV największa częstość to jedno zdjęcie co ok. 20 min. Dzięki kilku teleskopom obserwującym w ten sposób wybrane fragmenty nieba z różnych kontynentów można odkrywać planety pozasłoneczne metodą mikrosoczewkowania, nawet jeśli nie będzie alertu informującego o zachodzącym zjawisku mikrosoczewkowania o dużym wzmocnieniu, co konieczne było do tej pory. Takie rozmieszczenie teleskopów jest konieczne, jeśli chce się monitorować wybrane pola nawet wtedy, gdy w jednym z obserwatoriów jest dzień. Większa liczba teleskopów pozwala także zmniejszyć problemy związane z pogodą czy ewentualnymi przerwami technicznymi.

Dane zebrane podczas pierwszych trzech faz projektu OGLE pozwoliły na wiele nowych odkryć. Wzrost możliwości obserwacyjnych jest najlepszym argumentem za tym, że i czwarta faza projektu doprowadzi do fascynujących odkryć.

*Radosław Poleski jest doktorantem Uniwersytetu Warszawskiego aktywnie pracującym w programie OGLE pod kierunkiem prof. Andrzeja Udalskiego*

Andrzej Kus  
Janusz Gil  
Jarosław Kijak  
Wojciech Lewandowski  
Marian Szymczak  
Marcin Gawroński

# Polski 90-m radioteleskop, proponowane programy badawcze część 1

## Wstęp

Duży, nowoczesny radioteleskop o średnicy czaszy parabolicznej 90 m (RT90), wyposażony w ultranowoczesną matrycę odbiorczą na pasmo fal centymetrowych (5–22 GHz) oraz w pojedyncze systemy odbiorników w zakresach fal decymetrowych (0,6–2,0 GHz) umożliwi polskim astronomom prowadzenie badań na wysokim, konkurencyjnym poziomie światowym. Rola teleskopu w sieci VLBI, a także w interferometrii lokalnej, krajowej, wzmacni nasz udział w najważniejszych projektach międzynarodowych. Rozwijane technologie e-VLBI, bezpośrednich połączeń światłowodowych pomiędzy elementami interferometru i korelacji sygnałów w czasie rzeczywistym będą powszechnie stosowane w przyszłych planowanych wielkich instrumentach, w tym SKA (Square Kilometer Array). E-EVN, europejska sieć interferometrii wielkobazowej uznana jest jako „Path Finder” dla projektu SKA. Sieci VLBI zajmują się prowadzeniem badań we wszystkich

aktualnie „modnych” dziedzinach współczesnej astrofizyki, niemniej jednak ich głównym zadaniem jest uzyskanie obrazów obserwowanych obiektów z rozdzielczościami ~milisekundy łuku nieosiągalnymi żadną inną metodą. Z natury rzeczy głównym przedmiotem zainteresowania astronomów wykorzystujących możliwości badawcze VLBI są obiekty zwarte i zmienne. Najwięcej czasu obserwacyjnego zyskują studia AGN-ów (aktywnych galaktyk z masywnymi czarnymi dziurami), mikrokwazarów galaktycznych, maserów galaktycznych. Znakomite rezultaty naukowe pozyskuje się ostatnio w zastosowaniach astrometrycznych interferometrii VLBI. Wyznaczane paralaksy roczne do źródeł maserowych ( $\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) pozwoliły poprawić skale odległości w naszej Galaktyce i na nowo wyznaczyć prędkość jej rotacji. Różnicowe pomiary położen badanych obiektów galaktycznych, w tym także niektórych gwiazd, pozwolą wkrótce dokonywać detekcji planet krążących

Antena 32-m radioteleskopu w Piwnicach k. Torunia. Fot. A. Kus

wokół, np. czerwonych karłów. Dodanie do sieci VLBI nowego 90-m polskiego radioteleskopu zasadniczo poprawi czułość całej sieci, ale też radykalnie umocni naszą pozycję międzynarodową.

W kolejnych artykułach skoncentrujemy się na przeglądzie możliwości badawczych RT90 w trybie pracy samodzielnego instrumentu. Zresztą warto przypomnieć, że główne cele badawcze są wiązane z samodzielnymi programami obserwacyjnymi w oparciu o potężną kamerę radiową (radiowe CCD) umożliwiającą równoczesny pomiar mocy sygnału, jego własności polaryzacyjne i spektralne w wielu podpasmach zakresu 5–22 GHz. Jak pokazaliśmy już w poprzednim artykule, superczułe szerokopasmowe systemy odbiorcze dające informacje doświadczalno z ok. 100 równoczesnych wiązek (punktów na niebie), wyposażone w układy cyfrowego przetwarzania danych oparte na technologiach FPGA i ultraszybkich procesorów stworzą

unikatowe narzędzie badawcze na poziomie światowym.

Ponieważ ma to być teleskop parametrami podobny do co najmniej 2 istniejących (MPIfR, GBT), to absolutnie niezbędne jest posiadanie konkurencyjnego, wyrafinowanego oprzyrządowania typu szerokopasmowy spektrometr do konstrukcji widm dynamicznych gwiazd wybuchowych, spektropolarymetr do syntezy miary rotacji Faradaya, cyfrowe przetwarzanie w wielowymiarowej przestrzeni parametrów.

Wysoka czułość pomiarów w niższych pasmach (systemy odbiorcze z RT32 mogą natychmiast być przeniesione i eksploatowane na RT90) tworzy nadzwyczajne warunki dla obserwacji wielu odkrytych już obiektów galaktycznych. Zadania badawcze i oczekiwany wzrost ich efektywności zebrane w kilku podpunktach poniżej. Opracowania przygotowali pracownicy naukowi z kilku ośrodków krajowych. W przygotowaniu programów badawczych na RT90

uczestniczą także uczeni z zagranicy, w tym głównie z W.Brytanii.

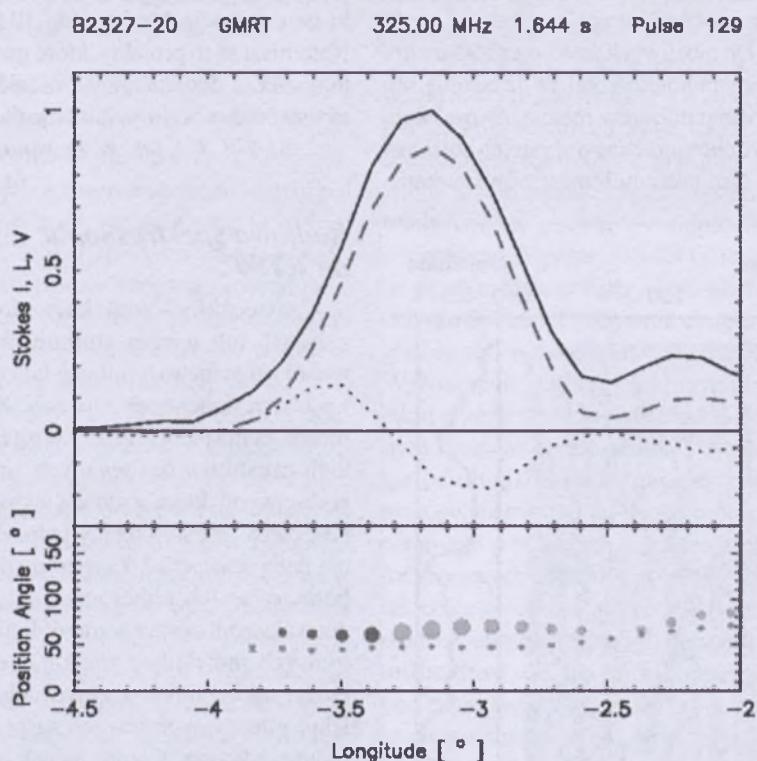
Andrzej Kus

## Astronomia galaktyczna

### Fizyka gwiazd neutronowych — pulsary radiowe

Pulsary radiowe mają na ogół stosunkowo strome, potęgowe widmo energii w odniesieniu do innych nietermicznych źródeł radiowych, charakteryzujące się indeksem widmowym bliskim wartości -2. Jednakże, w wielu pulsarach występuje załamanie widma (*turn-over*) i spadek energii na niskich częstotliwościach obserwacyjnych (w okolicach 100 MHz). Ostatnio pokazano również, że występuje grupa pulsarów z maksimum energii w widmie powyżej 1 GHz (czyli tzw. Gigahertz-Peaked Spectra; GPS). Widma tego typu były dotychczas znane wśród innych radiowych źródłach punktowych (tzw. *GPS extragalactic compact sources*). Pojawiła się potrzeba przebadania nowo odkrytych pulsarów (około 1200) w kontekście poszukiwania efektu GPS w widmach radiowych. Dobre udokumentowanie istnienia takich obiektów pozwoli przeprowadzić badania nad przyczyną tego zjawiska.

Do tego celu 90-metrowy radioteleskop w zakresie częstotliwości obserwacji od 600 MHz do 10 GHz wydaje się być idealnym instrumentem badawczym. Szeroka analiza pulsarów z efektem *turn-over*, a w szczególności GPS-ów, powinna nas przybliżyć do rozstrzygnięcia kwestii, czy obserwowany efekt załamania widma jest spowodowany absorpcją w magnesoferze pulsara, czy jest to utrata wydajności mechanizmu promieniowania, czy wreszcie zjawisko to występuje wyłącznie na skutek propagacji sygnału przez ośrodek międzygwiazdowy. Bardzo ciekawe jest, że GPS-y w pulsarach są stowarzyszone z bliskim, gęstym otoczeniem gwiazd neutronowych, które są interesującymi obiektami badań w wyższych zakresach energii fal elektromagnetycznych (tj. X, gamma). Udokumentowanie istnienia GPS w pulsarach spowoduje przeszacowanie i zmianę strategii w przyszłych projektach badawczych poświęconych pulsaram radiowym, takim jak LOFAR i SKA. Będzie konieczne uwzględnienie w poszukiwaniach zjawiska GPS,



Rys. 1. Rysunek pokazuje silny i wysoko spolaryzowany subpuls w pulsie pojedynczym pulsara B2327-20. Przerywana linia odpowiada polaryzacji liniowej (ponad 90%), a kropkowana linia odpowiada polaryzacji kołowej (zmieniającej kierunek). Na dolnym panelu przedstawiono zmiany kąta pozycyjnego w funkcji fazy pulsu. Ciąg większych kropiek odpowiada pulsom pojedynczym, natomiast mniejsze kropki poniżej odpowiadają polaryzacji uśrednionej po kilku tysiącach pulsów. Obserwowana zgodność przebiegów jest bardzo ważna dla diagnostyki mechanizmu koherentnego promieniowania radioowego pulsarów, wciąż do końca nie rozpoznanego mimo upływu ponad 40 lat od odkrycia pulsarów. Obserwacji dokonano w GMRT na częstotliwości 325, obserwacje na RT90 pozwolą szczegółowo badać ten mechanizm. 2009ApJ...696L.141M Mitra, Dipanjan; Gil, Janusz; Melikidze, George I., Unraveling the Nature of Coherent Pulsar Radio Emission

czyli faktu, że energia pulsara może spadać w widmie już w okolicach 1 GHz.

Innym interesującym obiektem badań za pomocą RT90 mogą stać się tzw. „part-time pulsars”, czyli obiekty, które wykazują własności pulsarów, ale przez dłuższe lub krótsze okresy nie promienią wcale. Do tej grupy zaliczyć trzeba klasyczne „transienty”, takie jak RRAT-y (Rotating RAdio Transients), o których wiemy, że są rotującymi gwiazdami neutronowymi, wysyłającymi promieniowanie w postaci bardzo krótkich błysków, trwających zazwyczaj wielokrotnie krócej niż ich okres rotacji. Błyski te są rozdzielone długimi — od kilku minut do kilku godzin — okresami ciszy. Osobną podgrupę stanowią tzw. „intermittent pulsars”, czyli obiekty podobne do PSR B1931+24, w których okresy promieniowania i ciszy są wielokrotnie dłuższe (zarówno jedne, jak i drugie trwać mogą kilka do kilkunastu tygodni). Udało się pokazać, że tempo spowalniania rotacji takich obiektów jest większe w okresach świecenia niż ciszy. Wreszcie pulsary „rozbłyskowe”, takie jak PSR J1752+2359, które promienią przez kilkadziesiąt okresów rotacji, po czym następuje kilku- kilkunastominutowy okres ciszy.

Wszystkie wspomniane obiekty są wdzięcznym celem obserwacji za pomocą 90-metrowego radioteleskopu. Wiemy o nich bardzo mało, a wiele wskazuje na to, że wyjaśnienie mechanizmów rozświecania się i gaśnięcia tego typu obiektów może pomóc nam w zrozumieniu mechanizmu promieniowania „normalnych” pulsarów. Duża powierzchnia zbierająca proponowanego teleskopu będzie tu bardzo pomocna, gdyż jednym z ważniejszych aspektów obserwacji „part-time pulsars” jest kwestia promieniowania tych obiektów w okresach ciszy, w szczególności rozstrzygnięcie, czy obserwowany brak sygnału jest absolutny, czy też obiekty te świecą wtedy, tyle że wielokrotnie słabiej — w takim wypadku pozorna cisza wynikać może wyłącznie z niewystarczającej czułości obserwacji. Szeroki zakres częstotliwości obserwacyjnych — od 0,6 do 10 GHz również będzie bardzo pomocny w zrozumieniu mechanizmów promieniowania i gaśnięcia RRAT-ów, pulsarów typu „intermittent” oraz rozbłyskowych.

Do możliwych zastosowań 90-metrowego radioteleskopu w dziedzinie obserwacji pulsarów można również doliczyć chronometraż wybranych obiektów (w tym także pulsarów z grup wymie-

nionych powyżej), badania własności pulsów pojedynczych (*nulling*, dryfujące subpulsy, zjawiska pulsów gigantycznych), oraz badanie ośrodka międzygwiazdowego poprzez zjawiska rozpraszanego i scyntylacji międzygwiazdowych. We wszystkich tych zastosowaniach zarówno zarówno duża apertura teleskopu, jak i szeroki zakres dostępnych częstotliwości może przynieść istotne wyniki naukowe.

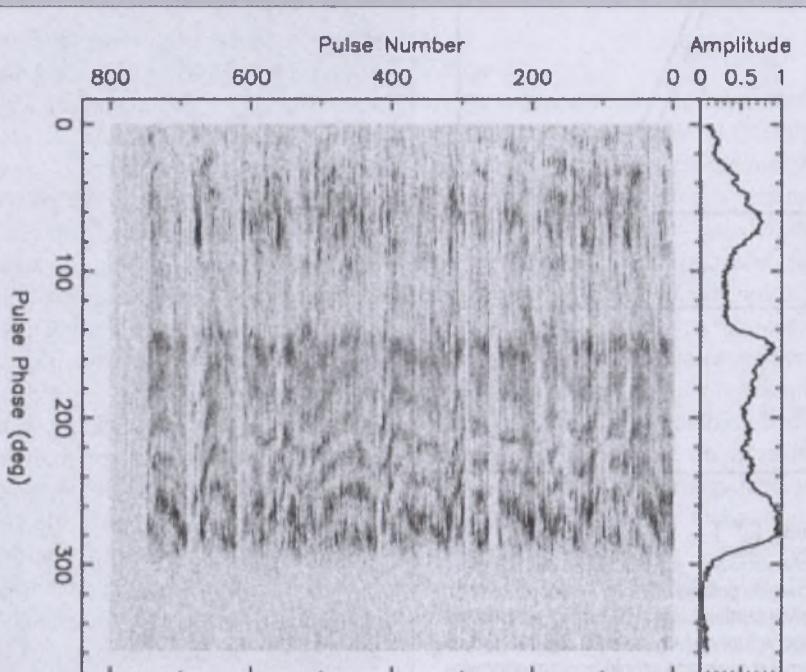
Poszukiwanie nowych obiektów, jak pokazuje przegląd wykonywany wielowiązkowym systemem na australijskim teleskopie w Parkes, może być szczególnie owocnym programem badawczym prowadzonym systematycznie przy pomocy wielowiązkowego, wielokanałowego nowoczesnego systemu odbiorczego projektowanego dla RT90.

Podsumowując, wymienione cele naukowe nie są jedynymi, jakie można z powodzeniem realizować w dziedzinie obserwacji pulsarów, dysponując radioteleskopem o dużej aperturze (rzędu 90 m), wyposażonym w czułe odbiorniki na częstotliwości od 0,6 do 10 GHz. Natomiast są to projekty, które gwarantują sukces publikacyjny i rozgłos zarówno środowiskowy, jak i medialny.

J. Gil, J. Kijak, W. Lewandowski  
IA UZG

## Radiowa spektroskopia na RT90

Cząsteczki — molekuły złożone z dwóch lub więcej atomów wirują wokół osi symetrii, emitując fale radiowe o określonej częstotliwości. Każda molekuła ma jednoznaczny wzorzec takich częstotliwości zwanych liniami widmowymi, które stanowią jakby „odcisk palca” identyfikujący jednoznacznie daną cząsteczkę. Eksperymenty laboratoryjne lub obliczenia modelowe pozwalają odtworzyć wzorzec linii widmowych molekuły i znakomicie ułatwiają astronomom poszukiwanie molekuł międzygwiazdowych za pomocą radioteleskopów. Często jednak obserwacje wybranych obszarów nieba dostarczają najpierw informacji o liniach widmowych, które należy następnie dopasować do wzorców laboratoryjnych i teoretycznych, aby zidentyfikować cząsteczkę. Tym sposobem odkryto w przestrzeni międzygwiazdowej ponad 145 różnych molekuł, niektóre z nich nie były dotąd znane na Ziemi.



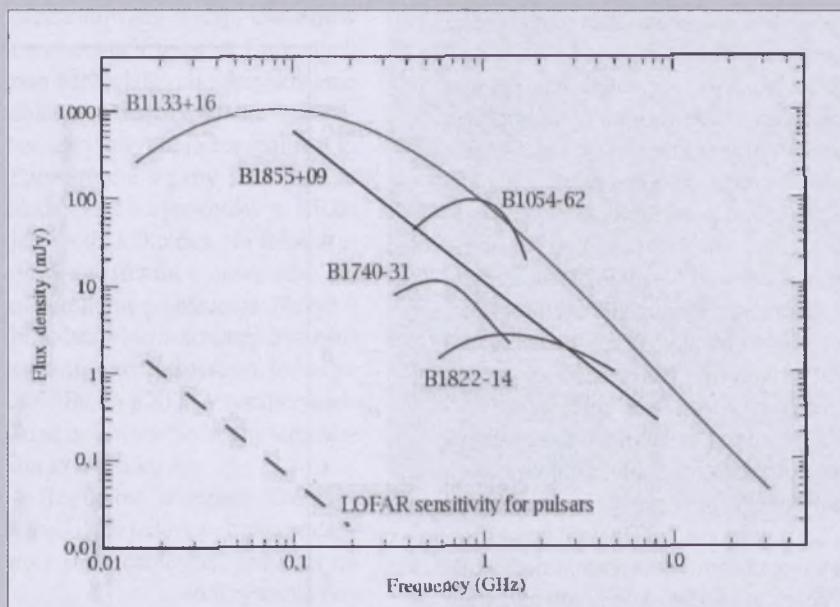
Rys. 2. Sekwencja 800 pulsów pojedynczych pulsara B0826-34 o natężeniu kodowanym w odcieniach szarości. W górnym panelu przedstawiony jest profil średni tego pulsara. Widać niezwykle koherentny dryf subpulsów w pełnym zakresie faz rotacyjnych pulsara. Obserwacji dokonano w GMRT na częstotliwości 610 MHz. 2008MNRAS.383.1538B, Bhattacharya, B.; Gupta, Y.; Gil, J., Results from multifrequency observations of PSR B0826-34

## Bogactwo linii widmowych w paśmie 4–24 GHz

W zakresie częstotliwości 4–24GHz znanych jest obecnie prawie 600 linii widmowych 74 molekuł (Lovas 2010, <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Micro/Html/contents.html>). Większość z nich, bo prawie 90%, została odkryta przez wielkie radioteleskopy o średnicy  $\geq 100$  m, a ponad 90 linii nie jest jeszcze zidentyfikowanych z żadną molekulą. Mimo tak dużej liczby linii widmowych tylko kilkanaście najsilniejszych ma szerokie zastosowania astrofizyczne z powodu zbyt niskiej czułości większości dostępnych instrumentów. Są to przede wszystkim linie emisjne molekuł OH, H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH i H<sub>2</sub>CO wzmacniane w ośrodku nie będącym w równowadze termodynamicznej (efekt maserowy). Badania tych linii przyczyniły się istotnie do identyfikacji gwiazd o silnej utracie masy i obszarów formowania gwiazd w całej Galaktyce, poznania kinematyki wiatrów gwiazdowych i dysków wokół czarnych dziur oraz rodzących się gwiazd.

## Sondowanie właściwości chłodnej i rozrzedzonej materii w Galaktyce

Możliwość detekcji setek linii widmowych o strumieniu rzędu  $\sim 1$  mJy po przez jednokrotnie obserwacje kilkudziesięciu 200 MHz pasm otwiera nowe i szerokie perspektywy diagnostyki warunków fizycznych ośrodka międzygwiazdowego w Galaktyce, w szczególności jego chłodnej (10–100K) i rozrzedzonej ( $10^2 - 10^5$  cm<sup>-3</sup>) składowej. Obecnie wiedza o tej składowej ośrodka w skali Galaktyki opiera się głównie na obserwacjach widm HI, CO i OH. W połączeniu z obserwacjami w zakresie milimetrowym próbującym przede wszystkim obszary o wyższej temperaturze i gęstości, obserwacje RT90 przyczynią się do stworzenia dokładniejszego obrazu warunków fizycznych i składu chemicznego neutralnej składowej materii międzygwiazdowej całej Galaktyki oraz jej ewolucji. Przedmiotem szczegółowych badań widmowych w zakresie 4–24GHz może być szereg obiektów astronomicznych, takich jak: atmosfery planet, komety, obszary formowania gwiazd w skałach przestrzennych od 100 pc (olbrzymie obłoki molekularne) do 0,1 pc (rdzenie ciemnych obłoków) oraz różne klasy obiektów pozagalaktycznych.



Rys. 3. Typowe widma pulsarów wraz z przykładami GPS (Gigahertz-Peaked Spectra). Kijak J., Lewandowski W., Gupta Y., ASPC, 407, 341 (2009). Zakres pracy RT90 0,6 -22 GHz, czułość lepsza niż 0,1 mJy

## Poszukiwanie fizyko-chemicznych uwarunkowań powstania życia

Obok przeglądów widmowych wybranych obiektów ważne będą poszukiwania nowych i obserwacje już znanych molekuł organicznych, m.in. takich jak metanimina (CH<sub>2</sub>NH) i cyjanowodor (HCN), które w połączeniu z cząsteczką wody tworzą glicynę — najprostszy aminokwas. W paśmie 13–24 GHz znalezione są od niedawna cztery linie glikoaldehydu (CH<sub>2</sub>OHCHO) oraz dwie linie glikolu etylenowego (HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH). Wyznaczenie obfitości złożonych molekuł organicznych będzie bardzo ważnym krokiem do zrozumienia przebiegu ewolucji chemicznej od dysku protogwiazdowego do dysku protoplanetarnego w obszarach formowania małomasywnych gwiazd. Kompletny atlas takich cząsteczek w zakresie fal centymetrowych uzupełniony przez dane z fal milimetrowych i submilimetrowych przyczyni się do olbrzymiego postępu w zrozumieniu warunków fizycznych i pierwotnych uwarunkowań chemicznych sprzyjających powstawaniu życia.

## Możliwe niespodzianki

Systematyczne badanie setek linii widmowych może przynieść także nieoczekiwane wyniki. Znamienny w tym względzie jest przypadek molekuły metanolu (CH<sub>3</sub>OH). Po raz pierwszy emisję tej cząsteczki w przestrzeni międzygwiazdowej odkryto w 1971 r. (Barrett

i in.) jako serię profili w pobliżu 25 GHz. Z powodu dużej liczby obserwowanych przejść widmowych stała się ona bardzo dobrym, ale jednym z wielu próbników gęstości i temperatury w obłokach molekularnych i takim pozostała przez kolejne prawie 20 lat. Dopiero w 1991 r. Menten odkrył przejście 6,7 GHz, które „przeoczone” w poprzednich przeglądach stało się niezwykle popularnym narzędziem identyfikacji obszarów formowania masywnych gwiazd, obrazowania dysków i wypływów molekularnych, a także precyzyjnego wyznaczenia odległości w Galaktyce.

## Bezpośrednie pomiary pól magnetycznych

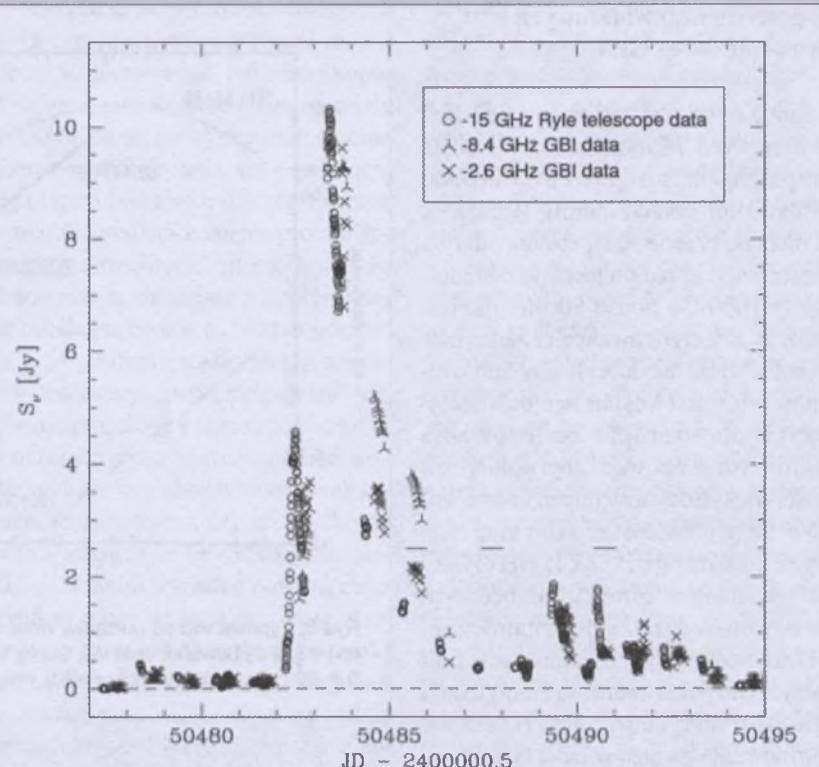
Ważąną cechą wielu omawianych linii widmowych jest to, że ich szerokość dopplerowska jest mniejsza od szerokości rozszczepienia zeemanowskiego. Dla przejścia o dużym współczynniku rozszczepienia (współczynnik g Landé) łatwo można mierzyć pole nawet o natężeniu ułamków mG.

Szczególnie linie powstające wskutek efektu maserowego, które są węższe od linii termicznych (np. dla molekuły OH szerokość termiczna linii w ośrodku o temperaturze 100K wynosi 0,5 km s<sup>-1</sup>, podczas gdy obserwowane szerokości linii maserowych tej molekuły są 5 razy węższe) niosą ważne informacje o natężeniu i kierunku pola magnetycznego. W paśmie 4–24 GHz jest kilkudziesiąt przejść widmowych

o dużym współczynniku rozszczepienia Zeemana. Ich obserwacje pozwolą bezpośrednio wyznaczyć natężenia pól magnetycznych w ośrodku o zróżnicowanych temperaturach i gęstości, dając ważny wkład do opisu pól magnetycznych w obłokach molekularnych i wypływach gwiazdowych, jego roli w regulacji procesów gwiazdotwórczych w Galaktyce. Planowane czołości RT90 umożliwiają ponadto eksplorację pól magnetycznych w obiektach pozagalaktycznych. Niezwykle interesujące wydają się spektropolarometryczne badania megamaserów za pomocą największych radioteleskopów połączonych w sieci VLBI, w których RT90 będzie kluczowym ogniwem. (Poszerzenie sieci VLBI o nowy, wielki teleskop to również duża szansa nowych możliwości i odkryć w dziedzinie spektroskopii, tutaj nieomówionych).

#### Jak powstają galaktyki i ewoluują galaktyki?

RT90 będzie bardzo użytecznym instrumentem w badaniu emisji molekularnej obiektów w odległościach kosmologicznych. Linie milimetrowe molekuł odległych obiektów ( $z > 5$ ) są widoczne w paśmie centymetrowym. I tak, powszechnie obserwowana linia 110GHz molekuły CO emitowana przez obiekt przesunięty ku czerwieni o  $z > 5$  będzie odbierana przez radioteleskopy na częstotliwościach  $< 18\text{GHz}$ . Dotychczaso-



Rys. 4. Jeden z wybuchów radiowych obserwowanych u Cyg X-3 (Mioduszewski et al., 2001). Na rysunku złożono pomiary radiowe wykonane na trzech różnych częstotliwościach. Samo zjawisko trwało około tygodnia

we badania w tych zakresach dotyczyły tylko wybranych najjaśniejszych w podczerwieni galaktyk i kwazarów. Informacje widmowe w szerokim zakresie częstotliwości dostarczane przez wieloelementową kamerę w ognisku RT90 pozwolą badać obiekty w zakresie  $4,5 <$

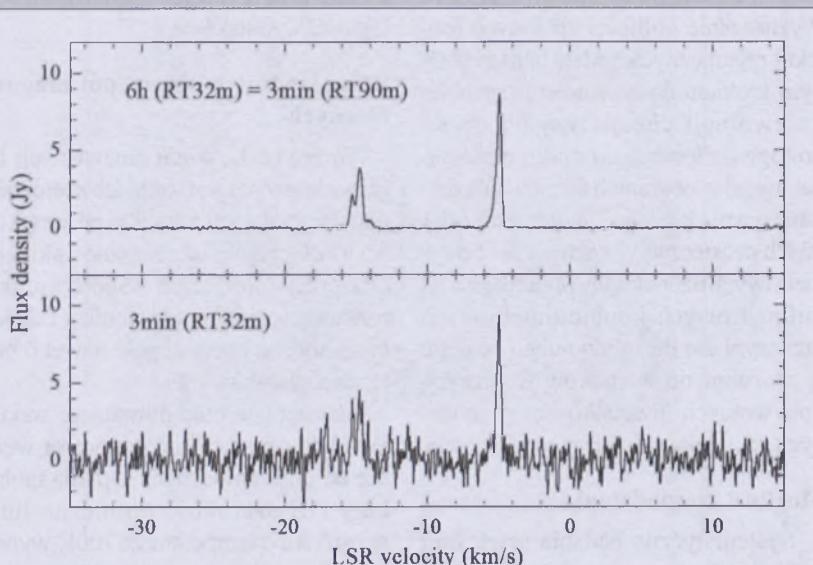
$z < 26,5$ . (Warto zauważyć, że obserwacje spektralne na RT90 będą prowadzone jednocześnie z obserwacjami kontynuum). Oszacowania kinematyki, gęstości gazu z obserwacji CO i innych molekuł w zakresie fal centymetrowych będą bez wątpienia kluczowe do lepszego zrozumienia procesów i mechanizmów powstawania galaktyk i gwiazd we wczesnym Wszechświecie.

M. Szymczak  
CA UMK

#### Dyskretne źródła galaktyczne

Jednym z najważniejszych projektów naukowych, który będzie można realizować za pomocą nowego radioteleskopu, jest regularny przegląd płaszczyzny Drogi Mlecznej. Oprócz badania kształtu pola magnetycznego oraz poszukiwania słabych struktur radiowych w naszej Galaktyce, takich jak pozostałości po wybuchach supernowych, można także badać przejściowe zjawiska, które nieregularnie będą pojawiać się na naszym niebie. Za tego rodzaju „rozbłyski” radiowe odpowiedzialne jest kilka różnych klas obiektów astronomicznych.

W ostatnim czasie obserwuje się wzmożone wysiłki naukowców związanych z badaniem tzw. rentgenowskich



Rys. 5. Profil linii widmowej 6,7 GHz metanolu — zależność gęstości strumienia ( $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ ) od prędkości radialnej względem lokalnego standardu odniesienia, protogwiazdy G183.34+0.59. Jakość widma mierzona stosunkiem sygnału do szumu po 3-minutowej obserwacji na 32-m RT wynosi tylko 10 (dolny panel), po 6 godzinach obserwacji wzrasta do 140 (górnny panel), co będzie równoważne 3-minutowej obserwacji na 90-m RT

układów podwójnych (ang. X-Ray Binaries, XRBs). Sądzi się, że są to gwiazdy podwójne, gdzie jednym ze składników jest czarna dziura lub gwiazda neutronowa. Te układy charakteryzują się nieregularnymi, gwałtownymi rozbłyskami w X, kiedy obserwujemy u nich wzmożoną aktywność. Gdy podczas fazy aktywności są kreowane również dżety, obserwujemy pojaśnienie na falach radiowych. Większą część czasu XRBs spędżają jednak w stanie „uśpienia”. Średnio w XRBs występuje jeden wybuch rocznie, zaś liczbę tych układów w Galaktyce ocenia się na  $10^3$  –  $10^4$  (Romani 1992). Obecnie znamy kilkanaście układów tego typu. Panuje powszechnie przekonanie, że XRBs są

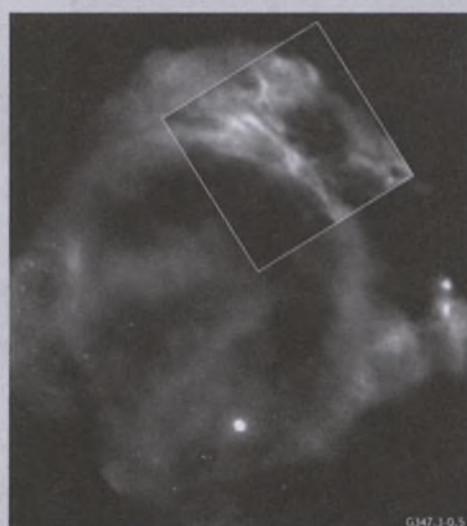
przeskalowaną wersją kwazarów i zrozumienie zjawisk fizycznych tam zachodzących zdecydowanie zbliży nas do rozwiązywania fenomenu aktywnych jąder galaktyk. Szczególnie ważny jest fakt, że skala czasowa procesów w XRBs jest rzędu kilku dni. Na falach radiowych również obserwuje się niregularne pojaśnienia. Na rys. 4 przedstawiono zmianę gęstości strumienia radioowego jednego z XRBs, Cyg X-3. W tym przypadku są notowane wybuchy strumienia aż do kilku Jy.

Regularne przeglądy Galaktyki na falach radiowych, prowadzone z dużą czułością, pozwolą na

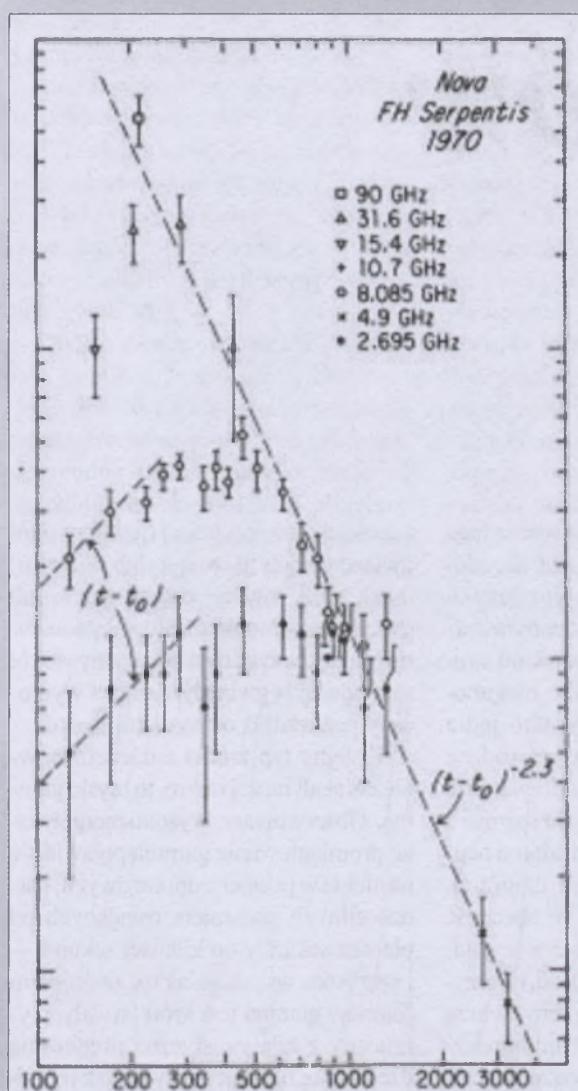
odkrywanie nowych układów XRBs i zdecydowane powiększenie bazy obserwacyjnej. Pozwoli to na wyselekcjonowanie wystarczającej liczby obiektów do badań statystycznych i ewolucyjnych, m.in. oszacowanie rozkładu mas „gwiazdowych” czarnych dziur. Ma to fundamentalne znaczenie, jeśli chodzi o powstawanie i ewolucję układów podwójnych.

Jednoczesny monitoring rozbłysków w szerokim paśmie radiowym, wraz z informacjami polarymetrycznymi, umożliwi zdobycie unikatowych danych obserwacyjnych, za pomocą których można badać relatywistyczne dżety produkowane okresowo w tych układach.

Kolejną klasą „przejściowych” obiektów radiowych są gwiazdy nowe. W tym przypadku za promieniowanie radiowe odpowiedzialny jest szok tworzący się podczas eksplozji nowej w materii ota-



Zdjęcie pozostałości po supernowej G347.3-0.5 to kombinacja obrazów uzyskanych przez obserwatoria rentgenowskie Chandra (NASA) i XMM-Newton (ESA). Obraz mgławicy pochodzi z XMM-Newton, podczas gdy Chandra koncentruje się na szczegółach najbardziej interesującego obszaru (w ramce). Fot. Chandra: NASA/CXC/SAO/P.Slane et al.; XMM-Newton: ESA/RIKEN/J.Hiraga et al.



Rys. 6. Krzywe zmian gęstości strumienia radioowego na różnych częstotliwościach gwiazdy nowej FH Serpentis, która wybuchła 13 lutego 1970 r. (Hjellming 1990). Widoczna jest zmiana zachowania tego obiektu w zależności od długości fali. Czołość zjawiska na falach radiowych może trwać nawet kilka lat

czącej układ. Zjawisko gwiazdy nowej na falach radiowych trwa o wiele dłużej niż w domenie optycznej i może trwać nawet kilka lat. Za pomocą obserwacji poświaty radiowej gwiazd nowych można oszacować na przykład ilość materii wyrzuconej podczas eksplozji czy nawet masę białego karła, na powierzchni którego doszło do „zapalenia” gwiazdy nowej (m.in. Eyres et al., 2009). Rys. 6 przedstawia zmiany gęstości strumienia radioowego na różnych częstotliwościach obserwowane podczas eksplozji gwiazdy nowej FH Ser w 1970 r.

Odkrywanie/obserwowanie gwiazd nowych będzie naturalną konsekwencją monitorowania Galaktyki. Szczególnie interesujące może być znajdowanie nowych, które nie są widoczne optycznie ze względu na zasłaniającą materię międzygwiazdną. Pozwoli to na nowe oszacowania ilości tego typu zjawisk w Drodze Mlecznej oraz zweryfikowanie obecnych modeli teoretycznych powstawania i ewolucji układów podwójnych.

M. Gawroński, CA UMK

*Autorzy są radioastronomami, aktywnie pracującymi specjalistami w dziedzinach, o których piszą. M. Gawroński i W. Lewandowski są adiunktami, pozostały zajmują stanowiska profesorskie*

Niniejszy artykuł powstał na podstawie referatu zaprezentowanego w sesji naukowej pt. „Astrofizyczne dżety w skali od mikro do makro”, która odbyła się na XXXIV Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Krakowie, we wrześniu 2009 r.

# Dyski akrecyjne a ewolucja dżetów

Dżety — spolszczona wersja tego słowa wydaje się już być zadowiona w naszym języku (a w każdym razie w codziennym jargonie astronomów) — są wąskimi strugami plazmy, jakie z okolic biegunoowych wyrzucają gwiazdy albo jądra galaktyk. Najczęściej dżety są badane w związku z tzw. obiektymi zwartymi (w których stosunek masy do rozmiaru jest bardzo duży), czyli gwiazdami neutronowymi bądź czarnymi dziurami. Należy jednak zauważyc, że obecność dżetów stwierdza się również w wypadku bardziej „zwykłych” gwiazd, na przykład takich, które się dopiero tworzą z rotującego obłoku materii protogwiazdowej lub też młodych gwiazd otoczonych dyskami protoplanetarnymi.

W skalach od mikro do makro, dżety są obecne w mikrokwasarach, błyskach gamma oraz aktywnych galaktykach. Te pierwsze, to jak gdyby kwazary w miniaturze. Są to układy podwójne, w których następuje przepływ materii

z gwiazdy towarzyszącej (jest to na ogół gwiazda ciągu głównego lub olbrzym) na składnik zwartej: czarną dziurę lub gwiazdę neutronową. Spływająca materia rotuje, tworząc dysk akrecyjny wokół zasysającej ją gwiazdy, zaś dżet wyrzucony jest wzdłuż osi symetrii dysku.

Kolejny typ źródeł z dżetami, również w skali raczej mikro, to błyski gamma. Obserwowane wysokoenergetyczne promieniowanie gamma pojawia się na niebie w postaci jednorazowych, bardzo silnych pojaśnień, trwających od ułamka sekundy do kilkuset sekund — i wszystko wskazuje na to, że źródłem fotonów gamma jest krótkotrwały, wyrzucany z relatywistyczną prędkością dżet. Same błyski zostały po raz pierwszy zaobserwowane już ponad 40 lat temu, jednak ich pochodzenie i budowa są przedmiotem badań i intensywnych obserwacji dopiero ostatnich lat.

W skali makro natomiast dżety są znane od dawna jako ogromne, nierzaz o rozmiarach rzędu kilku kiloparseków

Dysk akrecyjny – wizja artystyczna.  
Źródło NASA

strugi plazmy wyrzucane z jąder kwasarów, odkrytych na początku lat 60. XX w.

Te ostatnie, wielkoskalowe dżety, są widoczne na mapach radiowych, optycznych bądź rentgenowskich, przedstawiających odległe źródła. Kwasar 3C 47 był pierwszy, w którym odkryto klasyczną strukturę złożoną z pary radioobłoków, co pięknie widać na mapie z VLA (rys. 1). Podobnie na obrazie galaktyki 3C 219 (rys. 2), zbudowanej z nałożonych danych optycznych i radiowych, widoczne są położone po obu stronach jądra dwa pokaźnych rozmiarów obłoki, zaś w ich kierunku wystrzelują dwie wąskie strugi gazu. W miejscu, gdzie zderzają się one z gęstymi obłokami, powstają jasne plamy, wzbudzane do świecenia na koszt energii kinetycznej hamującego dżetu.

Inne popularne przykłady dżetów to galaktyka aktywna M87 oraz kwasar 3C273, gdzie również widać wąskie, jasne strugi wyrzucane z centrum galaktyki — tym razem pojedyncze, ponieważ kąt widzenia obserwatora sprawia, że przeciwległa struga jest dla nas praktycznie niewidoczna.

Zdjęcia dżetów wykonane teleskopem stanowią bezpośredni, obserwacyjny dowód na ich istnienie w skali makro. Czasami dżet może mieć niejednorodną strukturę, gdy na przemian sąsiadują ze sobą obszary jaśniejsze i ciemniejsze, podobne do zgęszczeń i rozrzedzeń (na przykład w obrazie rentgenowskim, optycznym bądź radio-

wym). Tego typu budowę dżetu widać w 3C273 i M87, a obserwacje te wskazują na niejednostajną aktywność źródeł centralnych.

Z kolei na mapach kwasarów można wyodrębnić kolejne obszary radiowo aktywne, pobudzane do świecenia przez uderzający w nie dżet — często są to grupy kilku sąsiadujących ze sobą struktur o różnym natężeniu emisji, przedstawiające jakby historię życia i aktywności galaktyki.

O obecności dżetu świadczyć mogą, oprócz ich fotografii w rozmaitych dłużościach fali, również inne obserwacje. Na przykład analizując promieniowanie kwasarów, można stwierdzić, że składnik widma o kształcie nietermicznym (potęgowym) jest produkowany w wyniku emisji synchrotronowej przez elektrony poruszające się wzduł linii sił pola magnetycznego. Takie elektrony znajdują się w plazmie dżetu. Z kolei w wypadku błysków gamma przesłanką wskazującą na to, że promieniowanie pochodzi z wąskiego stożka dżetu, są rozważania dotyczące energetyki zjawiska. Gdyby obserwowany strumień promieniowania był produkowany izotropowo, to wymagana jasność absolutna źródła (na ogół znamy odległość, która jest wyznaczana na podstawie przesunięcia ku czerwieni w widmie poświaty optycznej błysku) byłaby zbyt wielka — wybuch musiałby mieć energię rzędu nawet  $10^{54}$  ergów! Jeśli jednak promieniowanie to jest skolimowane w stożku o niewielkim kącie rozwarcia, wówczas

rzeczywista energia całkowita wybuchu może być nawet o kilka rzędów wielkości mniejsza. Przy relatywistycznym ruchu plazmy w dziedzinie jego kąta rozwarcia (mierzony w radianach) jest odwrotnością czynnika Lorentza określającego prędkość ekspansji dżetu. Ten czynnik w błyskach gamma może typowo mieć wartość 100, co oznacza, że dżet porusza się z prędkością stanowiącą 99,99995% prędkości światła.

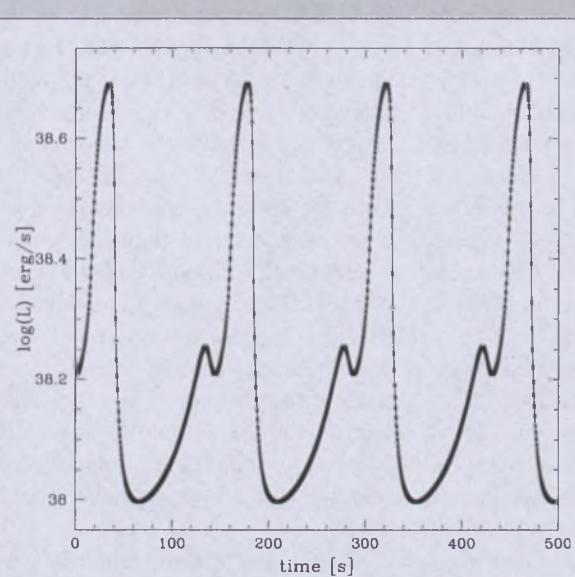


Rys. 1. Mapa kwasara 3C 47 z VLA



Rys. 2. Kwasar 3C 219

Dżety są nieodłącznie związane z występowaniem dysków akrecyjnych, aczkolwiek to, w jaki dokładnie sposób powstają, jest wciąż pewną zagadką dla astronomów. To raczej nadal fakt obserwacyjny niż prawo fizyki, że obecności dżetów bez towarzystwa dysku się nie stwierdza — choć na odwrót jest to możliwe. Rozmaite obserwacje mówią nam, że dżety nie muszą być jednorodne i świecić cały czas tak samo. Złożona struktura radiowo głośnych kwasarów oprócz tego, że może być śladem dawnych i obecnych epizodów aktywności jądra, często bywa również „po-obracona” tak, jakby dżet w trakcie swojej ewolucji zmieniał kierunek (jak na mapce, pochodzącej z obecnie przygotowywanej przez nas pracy Kunert-Bajraszewska i in. 2010; rys. 3.). Z kolei, w niektórych stanach mikrokwasara GRS 1915+105, dżet jest produkowany jednostajnie, a w innych w postaci epi-zodycznych wyrzutów, o czym świadczą obserwacje radiowe. Ponadto większość błysków gamma (ok. 80%) wykazuje substukturę — ich krzywe blasku nie są pojedynczymi pulsami, lecz składającą



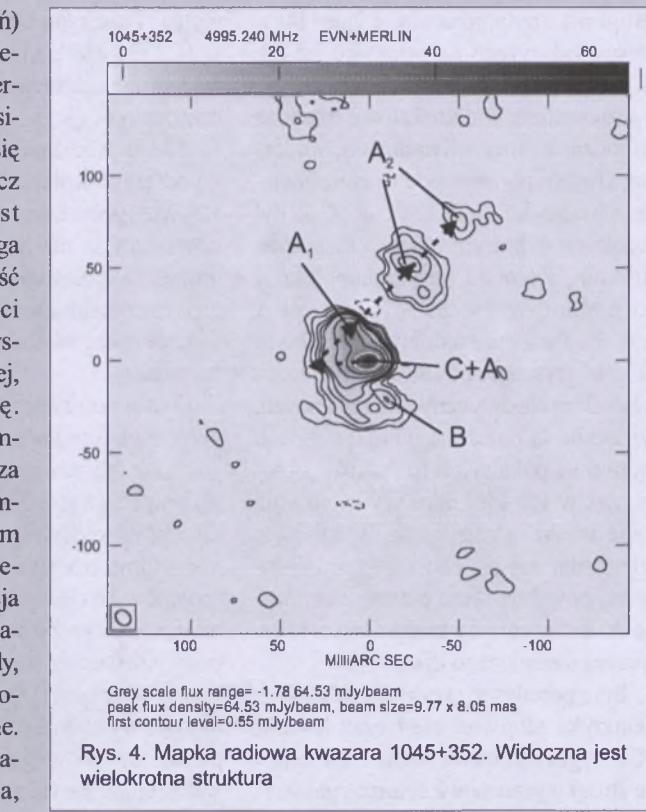
Rys. 3. Cykl aktywności dysku akrecyjnego w modelu nie-stabilności wywołanej ciśnieniem promieniowania (parametry dla mikrokwasara — skala czasowa zmienności rzędu sekund)

się z szeregu pików, których czas trwania jest nawet tysiąkrotnie krótszy od długości całego błysku. Te wszystkie przykłady świadczą o silnej zmienności dżetów, w bardzo różnych skalach. Ponieważ w każdym przypadku z niejednostajną produkcją dżetu jest związany dysk akrecyjny, naturalne wydaje się podejrzenie, że struktura i ewolucja tego dysku w jakiś sposób musi odpowiadać za obserwowaną zmienność dżetów.

W przypadku mikrokwazarów bardzo dobrze działa model niestabilności dysku akrecyjnego wywołanej ciśnieniem promieniowania. W gorącej materii dysku, podobnie jak we wnętrzu gwiazdy, ciśnienie całkowite składa się z sumy ciśnienia gazu i ciśnienia promieniowania. To ostatnie jest proporcionalne do temperatury w potędze czwartej, podczas gdy ciśnienie gazu skala się liniowo z jego temperaturą i gęstością. W pewnym zakresie temperatur i gęstości powierzchniowych, które odpowiadają określonym zakresom odległości od centrum (a dokładniej, od wewnętrznego brzegu dysku), ciśnienie promieniowania jest większe od ciśnienia gazu. Ma to decydujące znaczenie dla bilansu energetycznego. W bilansie tym ciepło, wytwarzane dzięki grawitacyjnej energii potencjalnej wskutek działania sił lepkich (lepkosć jest proporcionalna do ciśnienia całkowitego), musi zostać zrównoważone przez chłodzenie promieniste. Gwałtowna, lokalna zmiana bilansu grzania i chłodzenia sprawia,

że obszar (pierścień) dysku staje się不稳定ny. Układ termodynamiczny usiłuje dostosować się do warunków, lecz wówczas wzrost temperatury pociąga za sobą konieczność obniżenia gęstości i dany pierścień dysku akreuje szybciej, opróżniając się. Z kolei wzrost tempa akrecji oznacza dalszy wzrost temperatury — zatem nie mamy samoregulacji. Stabilizacja warunków może nastąpić jedynie wtedy, gdy dołożymy dodatkowe chłodzenie. Taką możliwość zapewnia adwekcja, czyli pobranie nadmiaru energii gazu bezpośrednio przez połykającą go czarną dziurę, bez wyściecania jej. Dysk stabilizuje się zatem dzięki adwekcji w fazie gorącej, natomiast w fazie chłodnej dzięki dominacji ciśnienia gazu. W warunkach pośrednich, gdy dominuje ciśnienie promieniowania, dysk jest niestabilny.

Opisany powyżej w skrócie mechanizm powoduje, że dyski akrecyjne w pewnych warunkach (zdefiniowanych

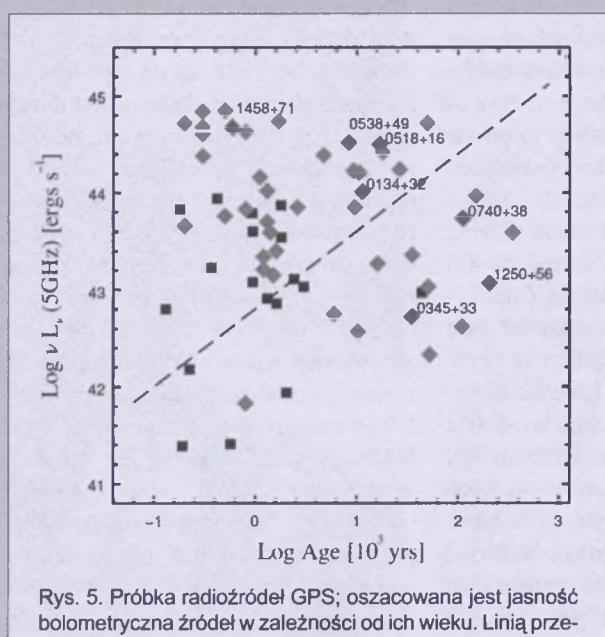


Rys. 4. Mapka radiowa kwazara 1045+352. Widoczna jest wielokrotna struktura

do wyjaśnienia pozornej nadwyżki młodych radioźródeł. Źródła te, określane skrótem GPS (od „Giga-Hertz Peak Spectrum”), są bardzo zwarte — na mapach radiowych mają niewielkie rozmiary. Może to wynikać z ich młodego wieku, jednak wówczas statystycznie byłoby ich o wiele za dużo w porównaniu z radioźródłami starymi. To tak jak w populacji ludzkiej — o ile nie zdarzy się jakiś kataklizm czy epidemia, to określony procent dzieci powinien dorosnąć i dożyć określonego wieku. Nasza hipoteza była taka, iż radioźródła GPS to w istocie źródła stare, które już wcześniej miały w swoim życiu epizody aktywności, a ich obecny wygląd to kolejna „reaktywacja”. Inaczej mówiąc, kwazary, podobnie jak mikrokwazary, będą przechodziły fazy „aktywne” i „spokojne”. Jeśli jądro kwazara będzie w stanie aktywnym, może produkować dżet. Jeśli okresowo „wygaśnie”, produkcja dżetu zostanie zahamowana.

Skale czasowe będą w tym wypadku oczywiście odpowiednio dłuższe, rzędu tysięcy — milionów lat, ponieważ korelują się one z masą centralnej czarnej dziury.

W związku z naszą hipotezą wiek źródeł, wyliczony na przykład na podstawie widma promieniowania synchrotronowego, powinien być nie dłuższy niż czas trwania pojedynczego rozbłysku



Rys. 5. Próbka radioźródeł GPS; oszacowana jest jasność bolometryczna źródeł w zależności od ich wieku. Linią przerywaną zaznaczono dopasowanie modelu: teoretyczna zależność długości trwania fazy aktywnej od jasności dysku (zadanej przez tempo akrecji i masę centralną)

w modelu dysku. Wyniki (rys. 5) są dosyć obiecujące: zdecydowana większość z badanej przez nas próbki źródeł mieści się nad teoretycznie wyznaczoną linią, pokazującą zależność czasu trwania rozbłysku od średniej jasności dysku. Spośród pozostałych, metoda wyznaczenia wieku radioźródła na podstawie kinematyki dżetu podaje tylko górne ograniczenie, więc jest szansa, że naprawdę są one młodsze (czerwone i zielone punkty). Pozostaje kilku „maruderów” (oznaczonych na niebiesko), dla których użyto innej metody wyznaczania wieku, dającą akurat dolne ograniczenie. Nie pasują one do naszej hipotezy albo być może po prostu rzeczywiście są to młode źródła, a nie po „liftingu”. Są one dosyć słabe i przy tak małej jasności odmładzająca niestabilność może już nie występować.

#### A co z błyskami gamma?

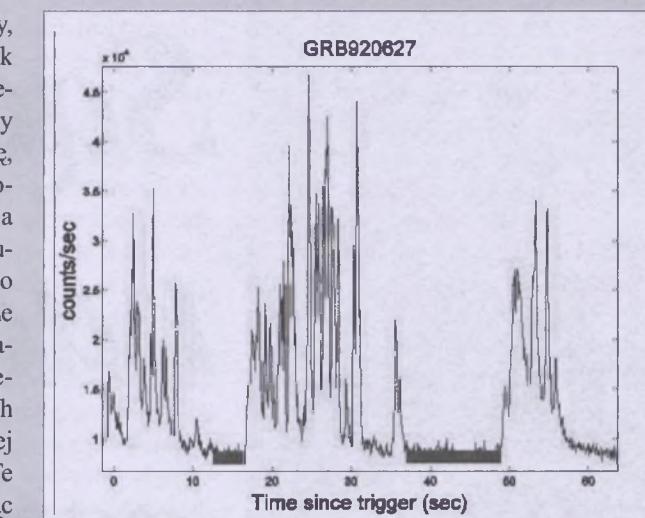
U podstawy dżetu emitującego promieniowanie gamma musi również znajdować się dysk akrecyjny, co wynika na razie z naszej wiedzy o tym, że akrecja materii na czarną dziurę jest najbardziej wydajnym energetycznie ze znanych procesów fizycznych. Samego dysku jednak nie widzimy. Jest on tak gęsty i gruby, że fotony uwięzione wewnątrz niego nie mają szans się wydostać i razem z materią są połykane przez czarną dziurę. Sam proces trwa bowiem bardzo krótko, średnio kilkadziesiąt sekund, zaś materii do „skonsumowania” jest ogromna ilość, np. spora część otoczki

masywnej gwiazdy, hipernowej. Tak wielkie tempo akrecji, rzędu masy Słońca na sekundę, jest właśnie odpowiedzialne za ogólną temperaturę dysku. Aby go chłodzić, emitowane są neutriny, powstałe w wyniku reakcji jądrowych w niezwykle gęstej i gorącej materii. Te neutriny, anihilując z antyneutrinami ponad powierzchnią dysku, mogą stanowić częściowe zasi-

lenie energetyczne wyrzucanego dżetu (jednak gros energii do dżetu jest przekazywana najprawdopodobniej za pośrednictwem pola magnetycznego, na koszt rotacji samej czarnej dziury).

Jak wynika m.in. z moich ostatnich badań, zmienność dżetu w błyskach gamma może być powiązana z niestabilnościami w dysku akrecyjnym. Jak pokazaliśmy w pracy Janiuk i in. (2007), w pewnym obszarze tego dysku, w którym jest on aż tak gęsty i gorący, że robi się nieprzezroczysty nawet dla neutrin, występuje niestabilność o charakterze termicznym.

Pojawiający się wówczas dodatkowy wkład do ciśnienia, pochodzący od neutrin, ma podobny charakter jak ciśnienie promieniowania w „zwykłych” dyskach mikrokwazarów. Jego naglemu wzrostowi w pewnym obszarze dysku towarzyszy przejście fazowe, zmieniające skład chemiczny plazmy poprzez fotodezintegrację jąder helu — zachodzi ono w celu próby wyrownania zmian ciśnienia. Ten efekt stanowi o wystąpieniu niestabilności i fluktuacji jasności neutrinoowej dysku,



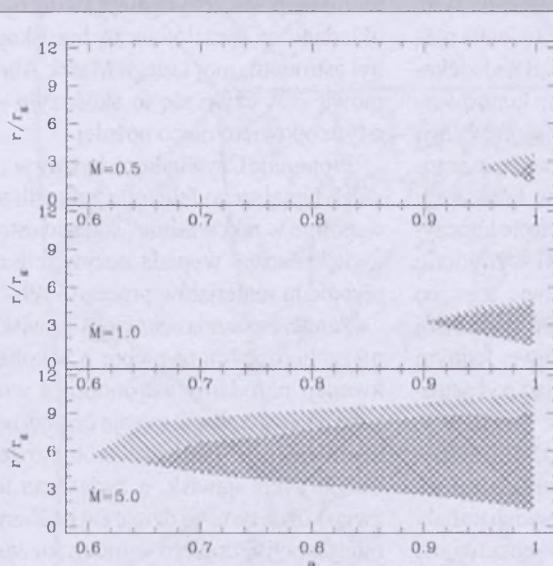
Rys. 6. Przykładowy profil czasowy blysku gamma, pokazujący wielokrotne piki jasności

kwencji prowadzić do zmienności obserwowanej jako kolejne piki w krzywej blysku docierającego do nas blysku (rys. 6). W nowo opublikowanej pracy Janiuk i Yuan (2010) badamy, w jaki sposób położenie i rozmiar obszaru niestabilnego zależy od tempa akrecji, lepkości dysku, a przede wszystkim od rotacji czarnej dziury (rys. 7).

Zatem jak się okazuje, całkiem podobne mechanizmy odgrywają być może kluczową rolę w ewolucji i obserwowanej zmienności obiektów tak różnych, jak radiogalaktyki, mikrokwazary i blyski gamma. Czy jest w tym coś zagadkowego? Chyba nie, o ile pamiętamy, że w sercach wszystkich tych kosmicznych „bestii” czai się jedno i to samo: połykające materię czarne dziury. One same w sobie są oczywiście nie lada zagadką.

#### Literatura:

1. Czerny i in. 2009, ApJ, 698, 840.
2. Kunert-Bajraszewska i in. 2009, ApJ, 705, 1503.
3. Janiuk i in. 2002, ApJ, 576, 908.
4. Janiuk i in. 2007, ApJ, 664, 1011.
5. Janiuk i Yuan 2010, Astron. Astroph., w druku.



Rys. 7. Zakres promieni niestabilnego obszaru dysku w centrum blysku gamma, w funkcji spinu czarnej dziury, dla kilku wartości tempa akrecji (podane w okienkach) i lepkości dysku (cieńowanie jaśniejsze dla  $\alpha = 0,1$  i ciemniejsze dla  $\alpha = 0,3$ )

**Dr Agnieszka Janiuk** jest adiunktem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Warszawie. W badaniach naukowych zajmuje się dyskami akrecyjnimi w aktywnych jądrach galaktyk i w rentgenowskich układach podwójnych oraz blyskami gamma

Józef Smak

# Sąd nad astrologią

*Astrologia to nie nauka,  
jeno choroba*

Maimonides



Anatomiczny człowiek z książki *Les Très Riches Heures du duc de Berry*. Muzeum Condé, Chantilly, XV w.

Jest to również astrologiczny człowiek! Znaki zodiaku rozmieszczone na odpowiadających im częściach ciała wskazują ich tajemne powiązania.

Źródło: Wikipedia Commons

Dość dawno temu, było to chyba w latach 70. ubiegłego wieku, telewizja emitowała cykliczny program pod tytułem „Sąd nad...”. Po myśl tych programów polegał na tym, że zebrani w studio przedstawiciele różnych środowisk dyskutowali nad ciekawymi, ale przede wszystkim kontrowersyjnymi problemami naukowymi, historycznymi itp., przedstawiając argumenty „za” i „przeciw” w konwencji procesu sądowego. Program niekończył się jednak jednoznacznym wyrokiem: widz miał sam, na podstawie tego, co zobaczył i usłyszał, wyrobić sobie swój własny pogląd na daną sprawę. Jednym z takich programów był „Sąd nad astrologią”. Nie potrafiłbym już dziś odtworzyć dokładnie przebiegu dyskusji, pamiętam jednak, że była ona burzliwa i emocjonalna, nie do wszystkich trafiały racjonalne argumenty przedstawiane przez uczestniczących w niej astronomów, a niektórzy z uczestników chętniej słuchali bałamutnych stwierdzeń, jakie padały ze strony „astrologów”. Używam tutaj cudzysłowu, ponieważ —

jak się okazało —owi „astrologowie” potrafili dyskutować o astrologii wyłącznie na poziomie gazetowych horoskopów, zaś jedynym, kto potrafił kompetentnie opisać, czym naprawdę były układane w średniowieczu horoskopy był astronom, mój kolega Marek Abramowicz. A czym się to skończyło — o tym opowiem nieco później.

Proponuję Czytelnikom, byśmy w ramach niniejszego felietonu zabawili się wspólnie w taki właśnie „sąd nad astrologią”. Zaczęć wypada oczywiście od przeglądu materiałów procesowych.

Zainteresowania człowieka zjawiskami zachodzącymi na niebie, a w konsekwencji narodziny astronomii a wraz z nią także astrologii, sięgają czasów najdawniejszych. Pierwsze próby zrozumienia tych zjawisk, a zwłaszcza ich związków z tym, co dzieje się na Ziemi, miały przyjść dopiero w miarę rozwoju obserwacji astronomicznych oraz powstawania pierwszych teorii tłumaczących te zjawiska. Początkowo człowiek odnotowywał tylko pewne oczywiste fakty, takie jak związek następujących

po sobie pór roku ze zmienną wysokością Słońca nad horyzontem w jego ruchu dziennym po sklepieniu niebieskim, jak też ze zmiennym wyglądem nieba nocnego. Szczególną rolę w kształtowaniu przekonań o istnieniu ścisłych związków między wydarzeniami na niebie i zjawiskami na Ziemi odegrało odkrycie przez starożytnych Egipcjan, że występujące regularnie (w środku lata) coroczne wylewy Nilu następują wkrótce po tzw. heliakalnym wschodzie Syriusza, tj. po tym, jak wschód Syriusza można po raz pierwszy dostrzec na porannym niebie tuż przed wschodem Słońca.

Zarówno pory roku, jak też wiele innych zjawisk astronomicznych były — z wielu powodów — czymś niesłychanie ważnym w aspekcie praktycznym. Zatem nic dziwnego, że możliwość ich przewidywania stała się jednym z najważniejszych, jeśli nie najważniejszym zadaniem ówczesnych astronomów. We wszystkich dawnych cywilizacjach wiedza astronomiczna stała się więc podstawą rachuby czasu i opartego na zjawiskach astronomicznych kalendarza. Najczęściej był to kalendarz księżycowy, nawiązujący do faz Księżyca, a zatem wymagający umiejętności ich przewidywania. Dodatkowo jednak —

w kontekście zastosowań praktycznych — kalendarz księżycowy musiał nawiązywać także do długości roku słonecznego.

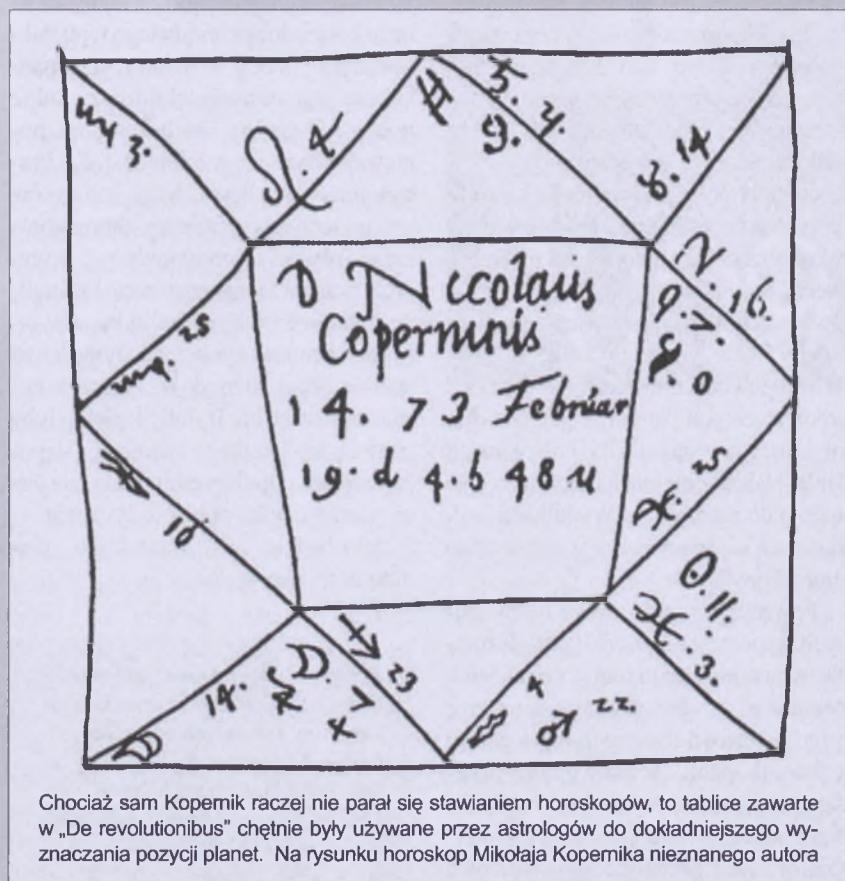
Jest niemal pewne, że wielu ówczesnych astronomów zajmowało się śledzeniem ruchu ciał niebieskich, kierując się także, a może przede wszystkim, ciekawością — ciekawością rzeczy, świata albo — jakbyśmy powiedzieli dzisiaj — ciekawością Wszechświata. Czy jednak potrafili oni, choćby niektórzy, oddzielić aspekt poznanowy od aspektu praktycznego, w szczególności zaś, czy potrafili się wyzwolić od panującego powszechnie przekonania o istnieniu ścisłego związku przyczynowo-skutkowego między zjawiskami na niebie i wydarzeniami na Ziemi? Na te pytania nie potrafimy dziś odpowiedzieć. Nie ulega natomiast wątpliwości, że to właśnie owe aspekty praktyczne były dominujące w odbiorze zewnętrznym. Astronomowie byli postrzegani jako „przepowiadacze” wydarzeń, a astronomia była utożsamiana z astrologią.

Do powstania i rozwoju astrologii przyczynił się także, a może zwłaszcza, rozwój wierzeń religijnych. Wystarczy przypomnieć, że we wszystkich niemal religiach powstałych w starożytności

Słońcu przypisywano atrybuty boskości (przypomnijmy tytuł jednej z książek Zenona Kosidowskiego — *Gdy Słońce było bogiem*), a niebo nocne było obszarem zamieszkałym przez bóstwa oraz postacie mitologiczne. Warto w tym miejscu zacytować, co pisał na ten temat w swojej pięknej *Mitologii* Jan Paradowski: *Gdy Grek spojrzał na niebo wyiskrzone gwiazdami, nie myślał o astronomii, lecz widział na nim wiele rzeczy dziwnych: małe historie bogów i bohaterów, wyhaftowane tymi migotliwymi światelkami, które Noc, milcząca bogini, wysypuje z zanadrza swojej czarnej szaty. Albowiem gwiazdy były pochodzeniem boskiego. Przysięgano na nie i wzywano je na świadectwo w ważnych sporach. Każda gwiazda była niegdyś osobnym bożkiem lub boginką — śliczne potomstwo jednego z Tytanów, Astrajosa. Lecz zbuntowawszy się przeciw Dzeusowi, uległy te bóstwa przeraźliwej mocy jego piorunów i zdruzgotane rozsyłyły się po firmamencie pyłem świetlistym.*

Panteon umieszczonej na sklepieniu niebieskim bogów greckich powiększył się w istotny sposób dzięki odkryciu, że wśród tysięcy gwiazd jest kilka, które nie zajmują stałego położenia, lecz „błądzą” po niebie wśród gwiazdozbiorów tworzących tzw. pas zodiakalny. Były to planety (gr. *planao* — błądzić), którym nie tylko nadano imiona najważniejszych bogów (Zeus, Ares itd.), ale wręcz z tymi bogami je utożsamiono. Później przejęli to Rzymianie i nie przypadkiem używane dziś przez nas nazwy planet są imionami rzymskich bogów (Jowisz, Mars, itd.). Warto przypomnieć, że starożytni znali tylko pięć planet: Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna, ale do planet zaliczali także Słońce oraz Księżyce, co w sumie dawało magiczną liczbę siedem. Warto też przypomnieć, że ich imiona stały się nazwami dni tygodnia, co w wielu językach dotrwało do czasów współczesnych. A więc, po kolej: niedziela była dniem Słońca (ang. *Sunday*, niem. *Sonntag*), poniedziałek — Księżyca (ang. *Monday*, niem. *Montag*, fr. *Lundi*), wtorek — Marsa (fr. *Mardi*), środa — Merkurego (fr. *Mercredi*), czwartek — Jowisza (fr. *Jeudi*, wl. *Giovedì*), piątek — Wenus (fr. *Vendredi*), wreszcie sobota — Saturna (ang. *Saturday*).

Powstanie i rozwój astrologii były zatem wynikiem połączenia najwcze-



śniejszych spostrzeżeń dotyczących rejalnie istniejących związków między zjawiskami na niebie i wydarzeniami na Ziemi (takich jak choćby wspomniane wyżej pory roku) z wierzeniami religijnymi oraz mitologią. Przekonanie, że bogowie mają wpływ zarówno na życie pojedynczych ludzi, jak też całych społeczeństw, w połączeniu z utożsamieniem tych bogów z ciałami niebieskimi (Słońce, Księżyc, planety), kazało śleździć starannie ruchy tych ciał po to, by móc ów wpływ przewidywać.

Prawdziwy rozwój astrologii nastąpił w średniowieczu. Najważniejszą tego przyczyną był niewątpliwie charakterystyczny dla wieków średnich głęboki zastój w rozwoju nauki, wynikający z powszechnego braku zainteresowania nauką jako taką. Jeśli nawet zabrzmi to zbyt drastycznie, najkrócej można to podsumować stwierdzeniem, że ciemnota sprzyja zabobonom. Ówczesny człowiek nie czuł potrzeby zrozumienia, dlaczego Księżyc wykazuje fazy albo dlaczego pada śnieg, chętnie natomiast wierzył we wszelkiego rodzaju wróżby i zabobony. Przeciętny człowiek był oczywiście za biedny na to, by móc zamówić specjalnie dla siebie horoskop u jakiegoś astrologa, toteż musiał zadowolić się krążącymi z ust do ust przepowiedniami o bardziej ogólnym charakterze. Inaczej rzecz się miała w przypadku możliwych ówczesnego świata — królów, książąt, biskupów — dla których posiadanie nadwornego astrologa było zarówno punktem honoru, jak i pierwszej potrzeby. Podjęcie jakiejś ważnej decyzji było bowiem zwykle uzależnione od tego „co mówią gwiazdy”, czyli od przygotowanego specjalnie na tę okazję horoskopu.

Sporządzenie horoskopu było zadaniem trudnym i czasochłonnym. Wymagało głębokiej wiedzy astronomicznej, konkretnie zaś umiejętności obliczania ruchu ciał niebieskich w celu odtworzenia ich położen na tle gwiazd i gwiazdozbiorów w momentach, do których miał odnosić się horoskop. W grę wchodziła zwykle nie tylko data bieżąca, ale przede wszystkim dokładna data urodzin osoby, której horoskop dotyczył. Ówczesni astrologowie byli zatem równocześnie astronomami. I odwrotnie: niemal wszyscy astronomowie owych czasów, w tym tak bardzo zasłużeni dla rozwoju nauki, jak np. Jan Kepler, byli również praktykującymi astrologami

(chlubnym wyjątkiem był chyba tylko Mikołaj Kopernik). Trudno się temu dziwić. Wszak warunkiem uzyskania wsparcia ze strony możnego protektora było właśnie uprawianie astrologii, a nie odkrywanie praw przyrody. Warto przy okazji przypomnieć, że na ówczesnych uniwersytetach, jak choćby na Akademii Krakowskiej, na równych prawach wykładało astronomię i astrologię. Uczciwość każe w tym miejscu podkreślić pozytywną rolę, jaką ta symbioza odegrała dla rozwoju astronomii.

Rozwój nauki sprawił, że w czasach nowożytnych zainteresowanie astrologią znacznie zmalało. Nadal jednak wielu ludzi skłonnych jest wierzyć w horoskopy. Historycy 2 Wojny Światowej podają na przykład, że z usług nadwornego astrologa (a może nawet kilku astrologów) korzystał Adolf Hitler. Wiedząc o tym, angielski wywiad zatrudniał również astrologów, by na podstawie stawianych przez nich horoskopów móc przewidywać decyzje führera Trzeciej Rzeszy.

Przejdzmy jednak do dzisiejszych „horoskopów”, z jakimi stykamy się na co dzień w mediach, zwłaszcza tych, które dawniej określone były pogardliwym terminem prasy brukowej, a dziś są nazywane tabloidami. Wspólną cechą tych „horoskopów” jest to, że z „prawdziwymi” horoskopami nie mają — poza nazwą — nic wspólnego. Taki „horoskop”, mający mieć zastosowanie do wszystkich urodzonych danego dnia lub pod danym znakiem zodiaku, składa się zwykle z kilku ogólnikowych przepowiedni, które — najczęściej — obiecują jakieś życiowe sukcesy, znacznie rzadziej zaś niepowodzenia. Gdybyśmy przez chwilę potraktowali taki „horoskop” na serio, musielibyśmy uwierzyć, że podobne sukcesy (lub niepowodzenia) czekają wszystkich urodzonych pod danym znakiem zodiaku, a jest ich w samej tylko Polsce ponad 3 mln. Niestety, racjonalne argumenty nie trafiają do wszystkich. Wielu ludzi woli kierować się irracjonalną wiarą w takie „horoskopy”.

Powróćmy teraz do moich telewizyjnych wspomnień sprzed 30 lat. W trakcie owego programu mój kolega Marek Abramowicz, aby zilustrować różnicę między prawdziwymi horoskopami a „horoskopami” serwowanymi przez dzisiejsze media, pokazał sporządzony przez siebie — według „reguł sztuki” stosowanych przez średniowiecznych

astrologów — horoskop swojej córki Weroniki (horoskop ten znalazł się później w jego artykule opublikowanym w „Problemach”). Niestety, skutek był wręcz odwrotny do zamierzonego. Wieść o tym, że w studio telewizyjnym znajduje się astronom, który stawia prawdziwe horoskopy, rozniosła się po całym gmachu lotem błyskawicy. I gdy po zakończeniu nagrania wychodziliśmy ze studia, czekała tam na niego gromada pań i panienek domagających się postawienia im wszystkim takich właśnie „prawdziwych” horoskopów!

Powróćmy jednak do naszego „sądu nad astrologią”. Czas na wyshuchanie argumentów obrony. Oto one. To prawda, że nie ma żadnego racjonalnego uzasadnienia ani dla horoskopów, ani — tym bardziej — dla „horoskopów”. Należy je zatem — na równi z innymi wróżbami i przesądami — traktować jako nieszkodliwe hobby, które czasem może nawet przynosić pozytywne skutki. Przykłady: optymistycznie brzmiący „horoskop” lub wróżba karciana mogą nas tylko wprawić w lepszy nastrój, podczas gdy przebiegający czarny kot sprawi, że przez resztę dnia będziemy ostrożniejsi.

Kolej na oskarżyciela. Oto jego argumenty. Jeśli nawet zgodzić się na to, by wiarę w „horoskopy”, wróżby, czarnego kota i inne przesady tego typu traktować jako hobby, to w żadnym wypadku nie jest ono nieszkodliwe. Takie hobby jest groźne i niebezpieczne, ponieważ wiąże się z tolerancją dla irracjonalnego myślenia. Ktoś, kto gotów jest uwierzyć w gazetowy „horoskop”, będzie również skłonny uwierzyć w wydrukowane w tej samej gazecie bałamutne obietnice jakiegoś polityka, a w innych sytuacjach życiowych może łatwo stać się ofiarą różnego rodzaju znachorów, oszustów itp. Byłoby lepiej, gdyby „horoskopy” znikły z mediów, ustępując miejsca popularyzacji nauki, ale jest to, niestety, tylko pobożne życzenie.

Jaki będzie Twój, Czytelniku, werdykt w tej sprawie?

**Profesor Józef Smak jest współtwórcą i wieloletnim dyrektorem Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie, członkiem rzeczywistym PAN i byłym Wiceprezydentem Międzynarodowej Unii Astronomicznej**



## Międzynarodowy Rok Astronomii 2009 zakończony

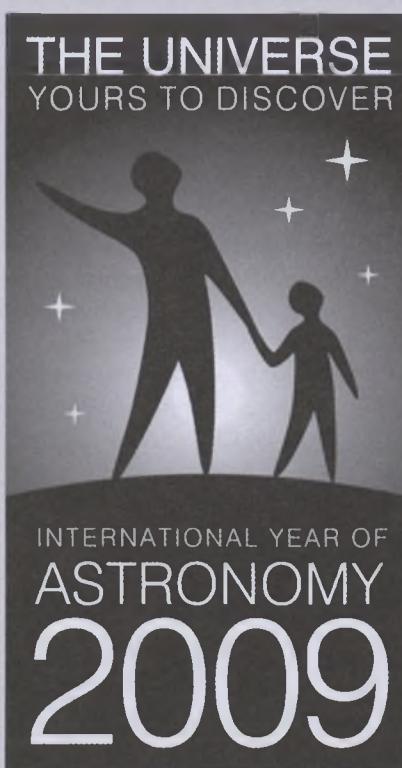
Ceremonia zakończenia Międzynarodowego Roku Astronomii 2009 odbyła się w dniach 9 i 10 stycznia 2010 r. w Padwie, w Auli Magna tamtejszego uniwersytetu, tej samej sali, w której prowadził swe wykłady fizyki doświadczalnej i astronomii Galileusz. Spotkanie miało oficjalny tytuł „Astronomia po roku 2009” (Astronomy Beyond 2009), a jego celem było z jednej stronystępne podsumowanie imprez MRA, a z drugiej przedyskutowanie podstawowych celów badań astrofizycznych w następnych dekadach bieżącego wieku.

Wybitni astronomowie, historycy nauki i liderzy obchodów MRA2009 z różnych krajów dyskutowali o osiągnięciach MRA, o dziedzictwie Galileusza, o roli nauki w społeczeństwie i o przyszłości astronomii. Ponadto odbywało się wiele publicznych imprez przygotowanych przez społeczeństwo gościnnej Padwy i przez przyjezdnych gości, które pokazywały różne aspekty badań astronomicznych i ich znaczenie dla dzisiejszego człowieka. Wszystko odbywało się pod wysokim patronatem Prezydenta Republiki Włoskiej.

Po wstępnych przemówieniach m.in. gospodarzy miasta i uniwersytetu, przedstawicieli UNESCO i Prezydenta Międzynarodowej Unii Astronomicznej (prof. Robert Williams) rozpoczęła się część robocza konferencji. Pierwszą zabrała głos prof. Catherine Cesarski, była dyrektor Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) i była Prezydentem MUA, przedstawiając w ogólnych zarysach dorobek Międzynarodowego Roku Astronomii. To Ona otwierała rok temu MRA 2009. Bez wątpienia imprezy MRA stanowiły największą, nigdy dotąd nie mającą precedensów, akcję edukacyjną na świecie. Uczestniczyły w niej 148 krajów, a każdy z nich na swój sposób starał się przybliżyć Wszechświat człowiekowi ulicy, stępów, pustyni, a nawet dżungli. W wielu krajach prezydenci, premierzy lub inni wysocy funkcjonariusze obejmowali nie tylko honorowe przewodnictwo komitetów obchodów MRA2009. Nawet Papież Benedykt XVI w pięk-

nym przemówieniu mówił o niezwykłościach ciał niebieskich i wspaniałym rozwoju naszej nauki od czasów pierwszych odkryć, które nastąpiły w XVI wieku. Wiele milionów ludzi naprawdę odkryło Wszechświat, wiele zrozumiało, że aby poznawać cudowności tam się znajdują, nie należy niepotrzebnie świecić w niebo światłami reklam i miejskich świąteł ani wysyłać w Kosmos różnych „śmieci”.

W tej krótkiej notatce nie sposób nawet wymienić tytułów tych imprez MRA2009, w których uczestniczyły tysiące, a nawet miliony ludzi, takich jak



wielkoformatowe wystawy obrazów nieba (ponad 5 tys. wystaw), różnorakie parady, np. w Indiach, Brazylii z uczestnictwem 600 tys. osób i ok. miliarda przed telewizorami, parada św. Patrika z uczestnictwem 675 tys. osób itd. W kwietniowej imprezie „100 godzin z astronomią” wzięło udział więcej niż 3 mln osób, z których ogromna większość ujrzała po raz pierwszy w życiu niektóre ciała niebieskie przez teleskop. Odsyłam Państwa do komunikatu prasowego MUA ([http://www.iau.org/public\\_press/news/detail/iau1001/](http://www.iau.org/public_press/news/detail/iau1001/)) dla zapoznania się, też побieżnego, z cha-

rakterem i różnorodnością imprez Roku Astronomii na świecie.

Następnej sesji zatytułowanej „MRA2009 na świecie” przewodniczyła Pani Catherine Cesarsky, a prof. Pedro Russo, Lars Chrstensen, Vincenzo Giorgio i 6 innych mówców z różnych krajów przedstawili problemy organizacyjne i główne sukcesy MRA2009.

Drugi dzień obrad zaczął się od sesji pt. „Dziedzictwo Galileusza”, której przewodniczył prof. Roger M. Bonnet, był Prezydent Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Obok referatów dotyczących rozwoju wiedzy o gwiazdach i planetach od czasów Galileusza, rozważano też rozwój myśli naukowej od Jego czasów. Ciekawy był referat Ojca George Coyne, dyrektora Obserwatorium Watykańskiego pt. „Galileo i Kościół: nauka z tego płynąca”.

Czwarta sesja nosiła tytuł „Nauka a społeczeństwo”, a przewodniczył jej był Prezydent MUA i dyrektor Generalny ESO prof. Lodevijk Woltjer. W tej sesji mówiono o znaczeniu astronomii dla różnorakiego rozwoju społeczeństw: o astronomii i jej znaczeniu w ekonomii, w edukacji, myśl filozoficznej i w szczególności o wpływie astronomii i MRA2009 na społeczeństwa azjatyckie.

Piątej sesji „Astronomia po MRA” przewodniczyła prof. Silvia Toress-Pembert. Referaty dotyczyły astronomii we wszystkich długościach fal, przeszłych wielkich, naziemnych teleskopów optycznych i wielkich projektów radioastronomicznych. W ostatniej, jak gdyby drugiej części piątej sesji, a jednocześnie sesji końcowej, mówiono o przyszłości kosmicznych badań astronomicznych, a obecny prezydent Międzynarodowej Unii Astronomicznej przedstawił wizję tej organizacji i astronomii po Międzynarodowym Roku Astronomii.

Formalnego zamknięcia MRA2009 dokonał były Prezydent MUA, podobnie jak Galileo florentczyk, profesor Franco Pacini.

Wśród kilkuset uczestników uroczystości zamknięcia Międzynarodowego Roku Astronomii w Padwie nie zauważylem ani jednego polskiego nazwiska.

Andrzej Woszczyk

## Sprawozdanie z konferencji „Astronomia w edukacji, mediach i kulturze”

Konferencja poświęcona roli astronomii w programach szkolnych, jej popularyzacji i upowszechnianiu, a także obecności w mediach i kulturze, odbyła się w dniach 10–11 grudnia w Warszawie. Była wydarzeniem formalnie zamykającym obchody Międzynarodowego Roku Astronomii w Polsce, a została sfinansowana przez PTA oraz CAMK PAN.

Konferencja była udana, choć nie obyło się bez smutnych konkluzji. Jedna z uczestniczek po pierwszych dwóch wykładach wstrząśnięta opuściła salę z komentarzem: „Jak ma być tylko jedna godzina fizyki, to ja tu dalej nie mam co robić”. Tak, nowa reforma szkolna, która właśnie w tym roku weszła w życie, a której treść została omówiona w czasie pierwszych dwóch wykładów, przewiduje tylko jedną godzinę fizyki w liceum w programie ogólnym (w profilu rozszerzonym niby jest dużo więcej, ale jak wiele osób ten profil wybiera?). Ta godzina (jedna tygodniowo) przypadnie pewnie w pierwszej klasie, a w drugiej i trzeciej ma być tylko blok przyrodniczy z różnymi zagadnieniami, z których najbardziej wszystkich zafrapowało „Zdrowie i uroda”. No cóż, taki dostaliśmy prezent od Ministerstwa Edukacji z okazji Międzynarodowego Roku Astro-

nomii. Niestety, żadnego przedstawiciela Ministerstwa na konferencji nie było.

Toczące się w kulinarnych i na sali dyskusje wskazywały, że licznie uczestniczący w konferencji nauczyciele i pracownicy planetariów bardzo się martwią pogarszającym się średnim poziomem uczniów, a przede wszystkim ich niechęcią do myślenia i brakiem umiejętności czytania tekstu, w tym treści zadań, ze zrozumieniem. Drobne takie czy inne korekty programu nie zmieniają łatwo tego faktu.

Nie wyręczy nauczycieli prasa czy telewizja, bo jak w czasie konferencji jasno powiedzieli Piotr Cieśliński („Gazeta Wyborcza”) i Wiktor Niedzicki (Telewizja Polska SA), gazeta i telewizja są po to, żeby zabawić, ewentualnie zainteresować, ale nie zmęczyć. Co prawda Jadwiga Biała z Planetarium Olsztyńskiego w swoim referacie pokazała, jak to XIX-wieczna prasa w Polsce fascynowała się meteorytem Pułusk, rzetelnie i naukowo informując czytelników o zaistniałym zjawisku przyrodniczym, ale chyba wtedy nie każdy czytywał gazety. Należały one kiedyś do „kultury wysokiej”, zaś czytelnictwo masowe rozwinięło się chyba dopiero w XX w. No więc może i tak: człowiek przychodzi z pracy, to sobie coś lekkiego chce poczytać czy

pooglądać, żeby się zrelaksować po rozmowie z nieprzychylnym szefem. O roli prawdziwie edukacyjnej prasy i telewizji oraz upowszechnianiu przez nie wiedzy w masowym zasięgu możemy zapomnieć. Owszem, warto dbać, aby nawet te „rozrywkowe” materiały się ukazywały, aby przecienny człowiek choćby tak ze słyszenia wiedział, że istnieje nauka zwana astronomią, na którą również idą jego podatki. Pozostają nam również czasopisma o niewielkim zasięgu, bardziej specjalistyczne, jak choćby „Urania – Postępy Astronomii” czy „Świat Nauki” oraz ewentualnie kanały tematyczne w telewizji, takie jak „Discovery”.

W głębszym kształceniu młodzieży pozostaje liczyć na zapał nauczycieli fizyki i liczne formy aktywności typu koła zainteresowań, wspierane przez zawodowych astronomów. Szereg takich inicjatyw został zaprezentowany w czasie konferencji, m.in. przez kolegów z Olsztyna, Krakowa czy Niepolomic.

No i jest to nowe medium — Internet. To daje szerokie, dodatkowe możliwości nauczycielom, a także poszczególnym uczniom, którzy są zainteresowani astronomią. Wspaniale rozwija się szeroka akcja polskiej wersji programu „Hands on Universe”, która kieruje i którą przedstawił Lech Mankiewicz z Instytutu Fizyki Teoretycznej. Program ten daje możliwość zdalnego wykonywania prawdziwych obserwacji przez teleskop. W szczególności, co istotne z punktu widzenia szkół, można je prowadzić w dzień, ponieważ wykorzystuje się teleskopy automatyczne położone w odpowiednio odległej strefie czasowej. To na przykład Galaktyczne Zoo 2 — kontynuacja i poszerzenie pierwszego programu z tego cyklu, które umożliwiło tysiącom uczniów na całym świecie wykonywanie pracy rzeczywiście użytkowej dla zawodowych astronomów (klasyfikacja galaktyk), a nawet przyniosło ostatnio ciekawe naukowo odkrycie („Hanny’s Voorwerp” — nietypowe echo światlne, zauważone w pobliżu galaktyki spiralnej IC2497, którego nazwa pochodzi od imienia odkrywczyni — ama-



Kulinarnie rozmowy par z Tomkiem Lewickim — współorganizatorem Podboju Polskich Planetariów



Prezes PTA prof. Edwin Wnuk uroczyście zamyka obchody Międzynarodowego Roku Astronomii w Polsce. Fot. J. Drążkowski



torki astronomii). Pojawiają się możliwości nauczania przez Internet — E-astronomia. Są rozwijane portale astronomiczne, także po polsku. Astronomia „dociera pod strzechy” także dzięki przenośnym planetarium. Takie urządzenie, wraz z nadmuchiwana kopułą, może mieścić się w kilku walizkach w bagażniku osobowego samochodu i dojechać w najdalsze zakątki kraju, dając pokazy na zaproszenie zainteresowanej szkoły (jedno z nich zawitało do nas na konferencję, a w pokazach bardzo chętnie uczestniczyli nasi znakomici goście, na przykład profesor Bralczyk). W międzyczasie, o czym nam opowiedziała Weronika Śliwa, postępuje budowa Centrum Nauki Kopernik, w którym stanie piękne, nowoczesne planetarium — w przyszłym roku część ekspozycji powinna już działać.

Są zatem możliwości, aby społeczeństwo mogło z astronomią się zapoznać, ale powinno ich być jak najwięcej, a przede wszystkim informacja o nich powinna być jak najbardziej dostępna.

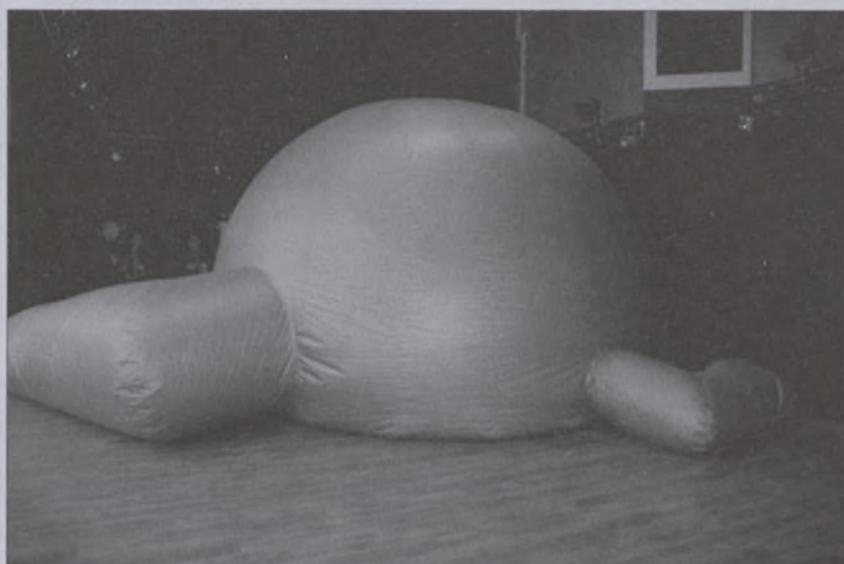
Ostatnia część konferencji była troską „dla koneserów” — prezentowano astronomię w kulturze i sztuce. Ta obecność jest czasami płytka i formalna, ale właśnie znajomość kontekstu astronomicznego, jak uświadomił nam Jarosław Włodarczyk, pozwala precyzyjnie oddać koncepcję dzieła. Dotyczy to raczej starych mistrzów, choć i w sztuce współczesnej inspiracje astronomiczne można znaleźć (nawet dość widowiskowe, co pokazał nam Maciej Mikołajewski).

Ogółem, w konferencji wzięło udział około 80 osób, wygłoszono prawie 30 referatów, rozdano 16 galileoskopów nauczycielom ze szkół, obejrzano 4 pokazy w przenośnym planetarium i 3 wystawy towarzyszące („Astrożarty” Jacka Drążkowskiego, plakaty Edyty Jurkowskiej oraz wystawę pokonkursową „Odkryj swój Wszechświat”). Być może konferencję o podobnym profilu warto będzie w przyszłości powtórzyć.

Program konferencji wciąż można obejrzeć na stronie: <http://www.camk.edu.pl/Konferencja2009/>

Nagrane wykładów oraz krótki filmik z konferencji będą wkrótce udostępnione do pobrania ze strony internetowej PTA.

*Bożena Czerny  
Agnieszka Janiuk*



Przenośne planetarium z zewnątrz i od środka



Toast podczas obiadu konferencyjnego wznoszą autorki sprawozdania wraz z Michałem Różyczką

## Międzynarodowy Rok Astronomii w Kielcach

Imprezy popularyzujące astronomię w Kielcach i na terenie województwa świętokrzyskiego w ramach Międzynarodowego Roku Astronomii były organizowane we wtorki po południu. Oprócz tego, w ramach programu Feniks (współpraca UJ, Uniwersytet Rzeszowski i nasz) skierowanego do młodzieży szkół ponadpodstawowych, w województwie świętokrzyskim zorganizowano różne zajęcia astronomiczne, jak też w każdym tygodniu prezentowano cztery półtoragodzinne zajęcia dla zwiedzających (głównie młodzież szkolna).

W każdy wtorek, gdy odbywały się zajęcia w uczelni, zwiedzający mogli zapoznać się z obserwatorium. W ramach tej wizyty przedstawiano główne narzędzie obserwacyjne, czyli 35-cm teleskop Schmidta-Cassegraina wyposażony w kamerę CCD i w kopule opowiadało o pracy astronoma. Z tarasu położonego na dachu budynku wydziału, tuż koło obserwatorium, prowadzono pokazy nieba. Używano do tego celu kilku narzędzi, z których największe to teleskop Newtona o średnicy 20 cm. W razie nieodpowiedniej dla obserwacji pogody pozostawało oglądanie panoramy Kielc. W znajdującej się jedno piętro niżej kondygnacji zwiedzano wystawę meteorytów z kolekcji Krzysztofa Sochy. Tuż obok znajduje się planetarium mieszczące 30 osób i tam prezentowano standardowy seans prezentujący widok nieba nad Kielcami. Takich pokazów było w ciągu roku 30, a średnia frekwencja to jedna grupa, czyli 30 osób. Gdy było więcej osób i mie-

liśmy dwie grupy, jedna zaczynała od seansu w planetarium, a druga rozpoczęwała od zwiedzania obserwatorium.

Co dwa tygodnie odbywały się wykłady popularyzatorskie. Prelegenci przedstawili następujące tematy: P. Flin (UJK, Kielce) „Świat galaktyk” (20 I 2009), P. Kankiewicz (UJK, Kielce) „Czy grozi nam kosmiczna katastrofa?” (3 II 2009), J. Krywult (UJK Kielce) „Świat gwiazd” (17 II 2009), M. Biernacka (UJK Kielce) „Planety innych słońca” (3 III 2009), M. Ostrowski (UJ, Kraków) „Astrofizyka wysokich energii” (17 III 2009), M. Grzegorczyk (ODN, Kielce) „Gwiazdy zaćmieniowe” (31 III 2009), P. Rudawy (UWr Wrocław) „Tajemnicze Słońce” (21 IV 2009), M. Drabik (UJK Kielce) „Współczesne instrumenty astronomiczne” (5 V 2009), J. Kreiner (UP, Kraków) „Czy jesteśmy sami we Wszechświecie?” (12 V 2009), K. Socha (PTM) „Kamienie z nieba, czyli rzecz o meteorach” (26 V 2009), M. Kamińska (UJK Kielce) „Ośrodek międzygwiazdowy” (9 VI 2009), I. Włodarczyk (PiOA Chorzów) „Rodziny asteroid” (20 X 2009), W. Godłowski (UO Opole) „Planety Układu Słonecznego” (3 XI 2009), M. Jamroży (OAUJ Kraków) „Podsłuchiwanie Wszechświata” (17 XI 2009), K. Bajan (UP Kraków) „Dlaczego niebo jest błękitne” (1 XII 2009) oraz P. Flin (UJK Kielce) „My i Wszechświat” (15 XII 2009). Średnia liczba słuchaczy na wykładzie wynosiła 35 osób.

W ramach akcji 100 godzin astronomii nasze obserwatorium i planetarium były otwarte w dniach 4 i 5 kwietnia w godzinach od 17.00 do 22.00. Pogoda dopisała, więc można było prowadzić pokazy prawdziwego, a nie tylko sztucznego nieba.

Zorganizowano trzy wystawy o tematyce astronomicznej. Pierwsza z nich: „Astrofotografia amatorska” przedstawała głównie prace naszego studenta Krzysztofa Szarego, uzupełnione pracami innych amatorów astronomii. Wystawa była otwarta od 2 do 14 kwietnia 2009 r. na placu Artystów, czyli w samym centrum Kielc, tuż koło katedry. Pozwoliło to dobrze zaprezentować niektóre zagadnienia mieszkańców miasta.

Druga z wystaw zorganizowana została w dniach od 3 września do 31 października w Galerii Akademickiej Biblioteki Głównej UJK. Ekspozycja ta „Wysłannik astronomii — fotografie ze zbiorów Feliksa Przypkowskiego” przedstawiała odbitki z przezroczu używanych w latach 20. i 30. XX w. przez dr. Feliksa Przypkowskiego podczas jego wykładek popularyzujących astronomię. Zaprezentowano również urządzenie służące do wyświetlania tych przezroczu. Wystawę przygotowali: Rafał Zaczkowski z Muzeum im. Przypkowskich w Jędrzejowie i Justyna Regulska z Biblioteki UJK. Trzecia wystawa to również prezentacja fotografii „Nowa era odkryć — 50 lat NASA”. Wystawę opracował Konsulat Generalny Stanów Zjednoczonych w Krakowie. Była czynna w dniach od 9 do 29 listopada w hallu głównym budynku G Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego UJK. Udało nam się zamieścić afisze propagujące wystawę we wszystkich autobusach kieleckich, co dobrze przysłużyło się frekwencji. Ponadto tej wystawie patroni medialni poświęcili najwięcej uwagi i jej otwarcie zaszczyciły swoją obecnością władze uczelni z JM Rektorem na czele. Z okazji otwarcia tej wystawy wykład „Na co nam NASA” wygłosił P. Rudawy.

W organizację Międzynarodowego Roku Astronomii 2009 zaangażowani byli wszyscy pracownicy Zakładu Astrofizyki Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach. Monika Biernacka, Marcin Drabik, Paweł Kankiewicz i Janusz Krywult byli przewodnikami zwiedzających po królestwie Uranii, a cała logistyka spoczywała na Marcinie Drabiku, którego prywatny telefon był głównym telefonem kontaktowym umożliwiającym rezerwację miejsc na imprezach. Krzysztof Socha wspomagał nas w trudnych momentach. W trakcie wystawy „50 lat NASA” również nasi studenci pełnili rolę przewodników po wystawie i zajmowali się wyświetlaniem filmów NASA. Imprezy związane z Międzynarodowym Rokiem Astronomii pozwoliły chętnym na zapoznanie się z niektórymi tajemnicami gwieździstego nieba.

Piotr Flin



Gmach Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach z kopułą obserwatorium astronomicznego

# MRA 2009 w Kielcach



Fot. Paweł Kankiewicz

Prelekcje Katarzyny Bajan, Moniki Biernackiej i Magdaleny Kamińskiej



Wykład Pawła Rudawego

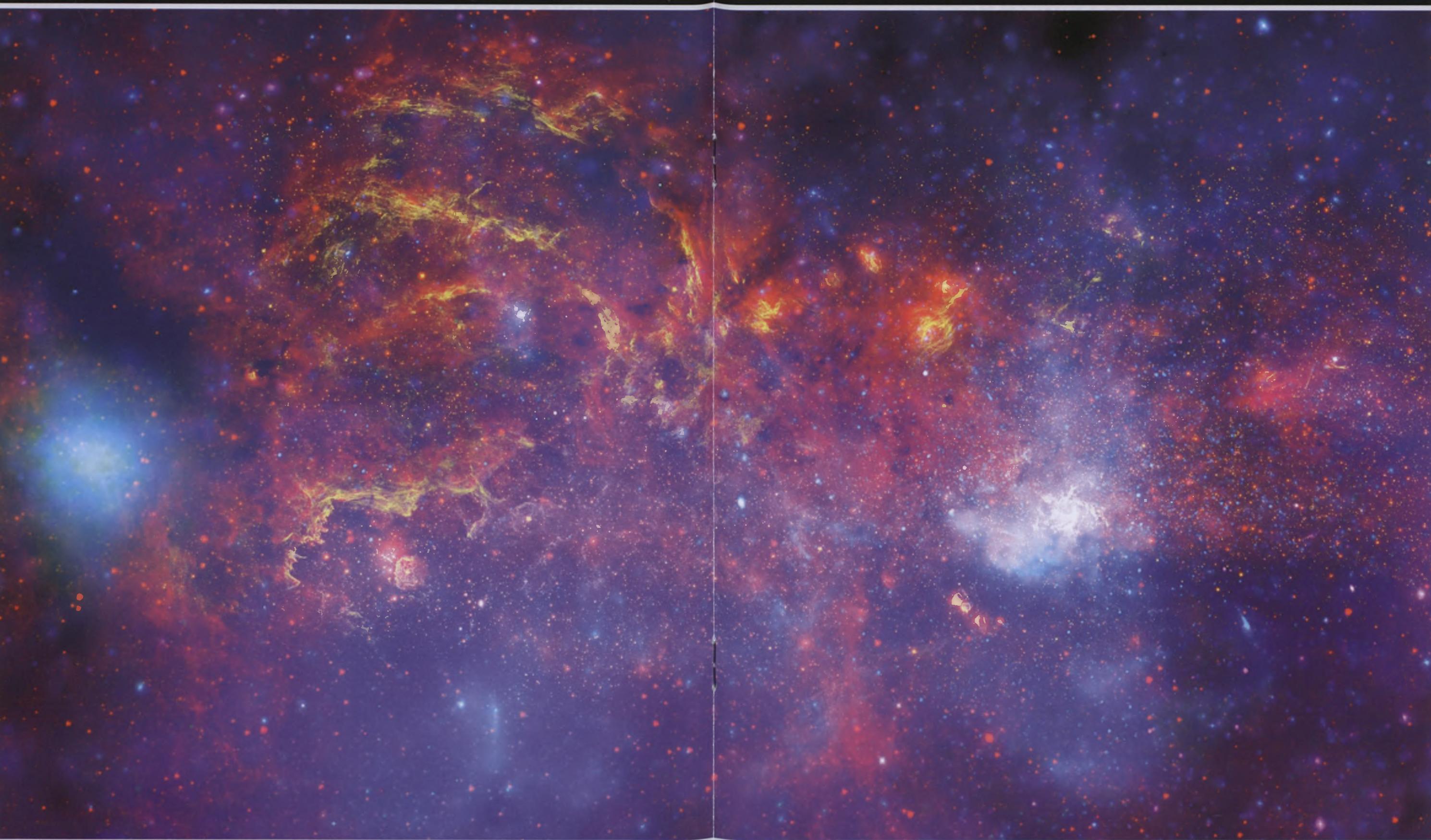


Otwarcie wystawy „Nowa era odkryć – 50 lat NASA”: zwiedzający i wywiad z VIP-ami



Krysztof Socha przy swojej kolekcji meteorytów

# Centrum Drogi Mlecznej



Źródło: NASA

# Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim

Zdjęcia do tekstu na s. 76

Po lewej: obraz galaktyki  
spiralnej M33



Próbne składanie montażu teleskopu



Prototyp przyszłego teleskopu



Wstępę przecinają: dr Henryk Brancewicz, dr Joachim Otte i Sławomir Setlak  
(przedstawiciel marszałka woj. śląskiego)



Wnętrze obserwatorium



## Konferencja naukowa w Częstochowie

W dniach 26–28 listopada 2009 r. w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza (AJD) w Częstochowie odbyła się konferencja naukowa „Astronomia — nauka i wiara”. Uświetniła ona częstochowskie obchody Międzynarodowego Roku Astronomii.

Minęło 70 lat od męczeńskiej śmierci księdza Bonawentury Metlera — człowieka gorącej wiary i postępowej myśli, któremu badania przyrodnicze, a zwłaszcza astronomiczne, służyły po głębianiu wiedzy o Bogu. Stojąc jakby w jednym szeregu z Kopernikiem, Keplerem i Galileuszem, głosił potrzebę dążenia do jedności między mistycznym i naukowym sposobem doświadczania rzeczywistości. Zdawał sobie sprawę, że ta jedność leży u podstaw postępu ludzkości zarówno w zakresie materialnym, jak i etyczno-moralnym. Uznałem za stosowne, w Międzynarodowym Roku Astronomii zazębającym się z Rokiem Kapłańskim, zorganizowanie w Częstochowie konferencji naukowej dla uczczenia pamięci księdza Metlera oraz dla odświeżenia refleksji o doniosłej roli astronomii w kształtowaniu poglądów naukowych i religijnych.

Przed oficjalnym otwarciem konferencji została odprawiona w kościele akademickim msza święta za duszę księ-

dza Metlera. Msza przewodniczył ksiądz biskup Antoni Długosz. Program konferencji obejmował oficjalne otwarcie oraz trzy, następujące jedna po drugiej, sesje: *Życie i działalność księdza Bonawentury Metlera, Między nauką i wiarą oraz Wybrane zagadnienia astronomii współczesnej*. Konferencja odbywała się w sali planetaryjnej. Na końcu każdej sesji wyświetlono seans. Na ścianach korytarza przed samym planetarium widniały *Astrożarty Jacka Drążkowskiego*. Pod ścianą paradowała wiekowa luneta Metlera, a w gablocie za szybą portret Metlera.

W trakcie otwarcia konferencji słowo wstępne wygłosili m.in. prorektor AJD ds. nauki Józef Drabowicz, dyrektor Instytutu Fizyki AJD Arkadiusz Mandowski, proboszcz parafii Parzymiechy Tadeusz Klimowicz oraz dyrektor gimnazjum im ks. Bonawentury Metlera w Parzymiechach Andrzej Kiepura. Prezes ZG PTMA Henryk Brancewicz przekazał powstaemu w 2009 r. Częstochowskiemu Oddziałowi PTMA im. Ks. Bonawentury Metlera historyczną lunetę, której używał Metler w obserwatorium pod Jasną Górą do 1939 r.

Podczas pierwszej sesji ks. prof. Jan Związek i prof. Marian Głowacki przybliżyli w swoich wystąpieniach sylwet-

kę Metlera jako duszpasterza i przyrodnika. Mgr Andrzej Kiepura przedstawił formy pielegnowania pamięci o księdzu Metlerze w Parzymiechach, w miejscu, gdzie proboszczował do samej śmierci i gdzie spoczywają jego szczątki. Następnie mgr Jan Wieczorek przedstawił szczegóły dotyczące przyjaźni księdza Metlera z Kamilem Flammarionem, znanym francuskim astronomem i ezoterykiem. Na koniec wyświetlono seanse planetaryjne: *Cuda Wszechświata i Ice Worlds*.

Sesję drugą otworzył ks. prof. Konrad Rudnicki swoim referatem: *Chrześcijaństwo a cywilizacje pozaziemskie*. Ks. Prof. Stanisław Wszołek przedstawił filozoficzny wywód na temat: *Czy „gwiazdiste niebo” jest dowodem na istnienie Boga?* Następnie, ks. dr Jacek Marciniec przedstawił wciąż kontrowersyjny problem: *Galileusz — po stronie kopernikanizmu i po stronie Kościoła*. Dr hab. Maciej Mikołajewski przybliżył stanowisko Jana Pawła II wobec nauki, wygłaszaając referat: *Encyklika „Fides et Ratio” oczami astronoma*. Sesję zakończyły dwa lżejsze już wykłady. Dr Henryk Brancewicz opowiedział o zaćmienniach Słońca, jakie miał okazję osobiście przeżyć, a dr Waldeimar Ogłoga odsłonił niektóre tajemnice dotyczące kalendarza i daty Wielkanoc-

**Bonawentura Metler<sup>1</sup>** (1866–1939), wybitny Polak, kapłan i astronom, twórca obserwatorium astronomicznego w Częstochowie i współzałożyciel Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Astronomii. Studiował astronomię najpierw na Sorbonie, a następnie w Innsbrucku i Oxfordzie. Przyjaźnił się ze znany francuskim astronomem Kamilem Flammarionem. Pod jego kierunkiem skonstruował teleskop. Po powrocie do Polski osiadł w Częstochowie. Pracował tu jako nauczyciel religii i astronomii w miejskich szkołach oraz prowadził obserwacje astronomiczne w swoim obserwatorium. W roku 1928 zwieńczył sukcesem swoje długie starania o zorganizowanie w Częstochowie miejskiego obserwatorium astronomicznego. Był pierwszym prezesem Częstochowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Astronomii i z niebywałą pasją popularyzował wiedzę astrono-

miczną wśród dzieci i młodzieży. Został rozstrzelany przez Niemców 2 września 1939 r.

Ksiądz Metler, jako „mąż uczony i zapoznany z Ziemią i Wszechświatem wychodził do ludu, niosąc mu wesołą nowinę Obywatelstwa Niebios”. Bało go, że „astronomia dla tak wielu, nawet z wykształceniem wyższym, pozostała rzeczą obojętną”. Uważał, że „Częstochowa, gród Maryi, powinna dać pożądany swym gościom pielgrzymom sposobność wyjrzenia poza Ziemię, ku innym światom — het ku Niebiosom Empirejskim, i stworzyć u stóp Jasnej Góry, godne Sanktuarium Narodowego Obserwatorium Astronomiczne. Na zegarze słonecznym przed starym obserwatorium w parku pod Jasną Górą widnieje wymowna inskrypcja autorstwa Metlera:

*Quam Virgo Dilexit  
Hic Urbem Ad Astra  
Appellat Et Gentem  
Buona Ventura<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> O tym wielkim miłośniku Astronomii „Urania—Postępy Astronomii” pisaly w nr 5 z 1999 r.

<sup>2</sup> Tak Panna umiotała to miasto, że ku gwiazdom je przywołuje, ku lepszej przeszczając przyszłość





Uczestnicy konferencji przy luncie Metlera. Od lewej: Bogdan Wszolek, Barbara i Marek Weżgowscy, Julita Ozga, Henryk Brancewicz, Karolina Zawada i Jan Wieczorek.

Fot. A. Leśniczek

cy. Sesję zakończył seans w planetarium pt. *Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej*.

W ramach ostatniej sesji wygłoszono referaty:

Dr hab. Grażyna Siemieniec-Oziebło — *Nietermiczna emisja gromad galaktyk*

Prof. dr hab. Piotr Flin — *Powstawanie struktur wielkoskalowych*

Dr Katarzyna Bajan — *Wybrane astrofizyczne testy „nowej fizyki”*

Dr Dorota Koziel — *Wierzbowska — Gigantyczne radiogalaktyki — największe z radioźródeł*

Dr Włodzimierz Godłowski — *Wielkoskalowy rozkład radioźródeł*

Dr Bogdan Wszolek — *Międzygwiazdowe pasma rozmyte*

Dr hab. Zdzisław Golda — *Dlaczego siedem dni?*

Dr Karolina Zawada — *Krótki historia kosmologii XX wieku*

Dr Marek Weżgowiec — *Gwałtowne oddziaływanie w centrum Gromady Virgo*

Prof. dr hab. Longin Gładyszewski — *Astronomia w szkole*

Mgr Tomasz Kisiel — *Współczesne postrzeganie astronomii — problem komunikacji społecznej nauk ścisłych*.

Mgr Agnieszka Kuźmicz przedstawiła plakat *Widma aktywnych galaktyk*.

Na koniec ostatniej sesji student Grzegorz Madej zademonstrował wykonany osobiście, w ramach pracy magisterskiej, pokaz planetaryjny *Człowiek i Kosmos*.

ferencję: wszystkim wykładowcom za przyjazd i bardzo ciekawe prezentacje; Polskiemu Towarzystwu Astronomicznemu, reprezentowanemu głównie przez jego wiceprezesa — Macieja Mikołajewskiego, za pomoc finansową i pomoc w organizacji wystawy grafik Jacka Drążkowskiego; Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie za udostępnienie planetarium i innych pomieszczeń, zapewnienie bazy hotelowej oraz konieczną pomoc finansową; prezesowi ZG PTMA za przekazanie lunety Metlera; dyrektorowi ZS w Parzymiechach za wypożyczenie portretu księdza Metlera i innych pamiątek; Karolinie Zawadzie za podarowanie zeszytów „Uranii-PA”; Marianowi Głowackiemu za pomoc w organizacji mszy świętej za duszę księdza Metlera; Arturowi Leśnickiemu za fotograficzną obsługę konferencji; Katarzynie Marcińskiej, Agnieszce Debudej, Sylwii Kusiak i Markowi Morawskiemu — studentom fizyki w AJD — za prace przy bezpośredniej obsłudze konferencji; Tomaszowi Kisielowi za techniczną obsługę konferencji; Wojciechowi Kanieckiemu za remont lunety Metlera; Marianowi Kowalowi za powieszenie wystawy astrožartów; mojej żonie Magdalenie i córce Agnieszce, a także Teresie Rudnickiej, za różnoraką pomoc, w tym za wydanie kolacji dla przyjezdnych uczestników konferencji.

Bogdan Wszolek



Odnowniony zegar słoneczny przed obserwatorium Metlera pod Jasną Górą odwiedzony przez uczestników konferencji. Fot. A. Leśniczek

## Astronomia Nova

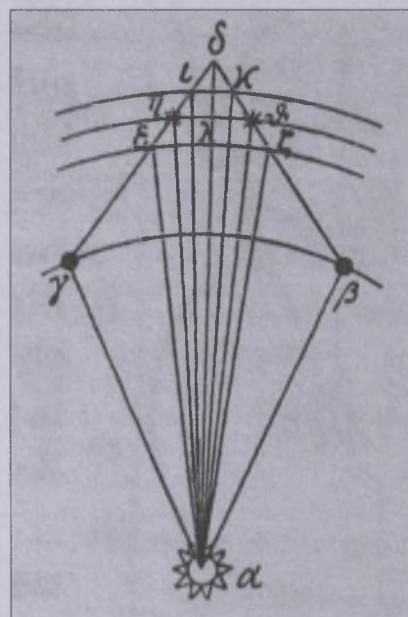
Dnia 22 grudnia 2009 w Sądzie Okręgowym w Częstochowie zarejestrowano stowarzyszenie Astronomia Nova. Powołał je do życia dr Bogdan Wszołek, który aktualnie pełni funkcję prezesa. Siedziby dla ZG Stowarzyszenia użyczyła Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie. Jego nazwa bezpośrednio nawiązuje do tytułu dzieła Keplera z 1609 r., a założenie jest przejawem aktywności w ramach obchodów Międzynarodowego Roku Astronomii.

Stowarzyszenie stawia sobie następujące cele:

- Podnoszenie kultury społeczeństwa w zakresie nauk przyrodniczych, ze szczególnym uwzględnieniem astronomii i nauk jej pokrewnych.
- Prowadzenie własnej działalności badawczej i naukowej, zwłaszcza w zakresie astronomii, astrofizyki, astronautyki i fizyki przestrzeni okrężniskowej oraz działalności propagującej szeroko pojętą edukację w zakresie astronomii i dziedzin pokrewnych we wszystkich grupach społecznych i wiekowych.
- Tworzenie i utrzymywanie ośrodków badawczych i popularyzatorskich (obserwatoria astronomiczne, planetaria, parki i ścieżki edukacyjne itp.) wraz z odpowiednim zapleczem socjalnym.
- Budzenie wrażliwości społecznej na piękno i nieocenioną wartość naturalnego środowiska przyrodniczego i na potrzebę umiejętności w nim funkcjonowania.
- Przeciwdziałanie patologiom społecznym poprzez ciekawe zagospodarowanie wolnego czasu młodzieży i dorosłych w organizowanych akcjach popularyzujących zdobycze astronomii i dziedzin pokrewnych.
- Przeciwdziałanie bezrobociu oraz wyrównywanie szans społecznych obszarów słabiej rozwiniętych poprzez edukację w zakresie nauk ścisłych i wskazywanie ciekawych obszarów ich zastosowań, np. w przemyśle kosmicznym.
- Budzenie ciekawości świata i zdarzeń w nim zachodzących poprzez organizowanie imprez turystycznych

i wypraw naukowych o wydłużku astronomicznym lub astronautycznym.

- Promowanie współpracy międzyregionalnej i międzynarodowej w zakresie badań astronomicznych i zadań natury astronautycznej dla szybszego i późniejszego wykorzystania nowoczesnych technik kosmicznych na potrzeby projektów ekologicznych, meteorologicznych, telemetrycznych, telekomunikacyjnych i innych.



Rysunek Keplera w dziele *Astronomia Nova* obrany jako motyw graficzny dla logo Stowarzyszenia

Cele swoje Stowarzyszenie zamierza realizować poprzez:

- Organizowanie i utrzymywanie współpracy między przedstawicielami różnych dziedzin nauki w Polsce i za granicą.
- Ogłoszanie drukiem i publikowanie wydawnictw własnych Stowarzyszenia.
- Prowadzenie badań naukowych w zakresie astronomii, astronautyki i dziedzin pokrewnych.
- Inspirowanie, popieranie i organizowanie współpracy członków Stowarzyszenia ze szkołami, placówkami, pracownikami naukowymi, instytucjami i organizacjami gospodarczymi i kulturalnymi w kraju i za granicą.
- Organizowanie pokazów, odczytów, wykładów, wystaw, kursów,

warsztatów, sympozjów, szkół, konferencji, konkursów, zlotów, obozów, wycieczek i wypraw naukowych i dydaktycznych z zakresu astronomii, astronautyki i dziedzin pokrewnych.

- Zapoznawanie społeczeństwa z działalnością Stowarzyszenia oraz rozbudzanie zainteresowań astronomią, astronautyką i naukami pokrewnymi.

- Współpracę z organizacjami, fundacjami, instytucjami i ruchami polskimi i zagranicznymi, które sprzyjają rozwojowi astronomii, astronautyki lub nauk pokrewnych.

- Stowarzyszenie może prowadzić działalność gospodarczą służącą realizacji celów statutowych.

- Inicjowanie, organizowanie i finansowanie obserwacji astronomicznych i badań laboratoryjnych służących astronomii, astronautyce i dziedzinom pokrewnym.

- Współpracę z samorządami terenowymi w zakresie tworzenia infrastruktury badawczej i edukacyjnej z zakresu astronomii, astronautyki i dziedzin pokrewnych.

- Zawiązywanie współpracy partnerskiej dla realizacji projektów badawczych i edukacyjnych oraz przedsięwzięć inwestycyjnych.

- Wnioskowanie o przydzielenie środków na realizację celów statutowych Stowarzyszenia.

Stowarzyszenie Astronomia Nova liczy na życzliwe poparcie ze strony PTA i PTMA oraz zaprasza w poczet swoich członków wszystkie osoby (nie tylko zawodowych astronomów i miłośników astronomii), które chcą swoimi kompetencjami, talentem i pracowitością sprzyjać budowaniu kultury astronomicznej w społeczeństwie.

Adres siedziby Zarządu:  
Stowarzyszenie Astronomia Nova  
Al. Armii Krajowej 13/15  
42-200 Częstochowa

Prezes: dr Bogdan Wszołek  
e-mail: bogdan@ajd.czest.pl  
tel. 518-043-166

# Amatorskie Obserwatorium Astronomiczne PTMA przy Planetarium Śląskim

**D**ziewiętnasty wiek zachłysnął się możliwościami soczewki. Doprzedzone do perfekcji umiejętności szlifowania szkła pozwoliły budować coraz większe lunety. Ostatnia luneta, którą zbudowano jeszcze w XIX w., to refraktor w obserwatorium Yerkes z obiektywem o średnicy 102 cm. Od tej pory nie zbudowano większego. XX wiek zerwał z refraktorami.

Umiejętność wytwarzania dużych tafl szklanych i pokrywania ich warstwą metaliczną przyniosła zadziwiające rezultaty w postaci coraz większych teleskopów. Największe pojedyncze zwierciadła wykonane do tej pory mają ponad 8-metrowe średnice. Koniec XX w. przyniósł teleskopy segmentowe ze zwierciadłami o średnicach przekraczających 10 m.

Czy warto wobec tego budować jeszcze małe obserwatoria?

Przy Planetarium Śląskim w Chorzowie znajduje się ludowe obserwatorium astronomiczne, zbudowane w połowie lat 50. ubiegłego wieku. Wyposażone zostało w refraktor soczewkowy o średnicy obiektywu 30 cm klasy E oraz astrokamery Sonnenfelda (czterosoczewkowe tryplety) o średnicy obiektywu 20 cm. Już w czasie budowy instrumenty te należały do nieco przestarzałych. Astronomia optyczna odeszła

już na dobre od konstrukcji soczewkowych, które nie pozwalają w wystarczającym stopniu pozbyć się aberracji chromatycznych, a tym samym nie dają możliwości pozyskiwania poprawnych obrazów ciał niebieskich. Z tego też powodu producenci monochromatycznych klisz fotograficznych, używanych dotąd w astrokamerach, już wiele lat temu zaprzestali ich produkcji. Wyczerpanie posiadanych zapasów klisz fotograficznych zmusza do sięgnięcia po współczesne, elektroniczne systemy zapisu obrazu, np. kamery CCD. Niestety, zderzenie technologii CCD z wielogniskowymi układami soczewkowymi nie daje wystarczająco dobrych rezultatów. Stąd pomysł, aby pozostawić dotychczasowe obserwatorium bez zmian, jako sprawne, służące nadal do publicznie dostępnych obserwacji ciekawych zjawisk astronomicznych, takich jak komety, zaćmienia, zakrycia, przejścia itp., zaś w pobliżu planetarium zbudować wolno stojące nowe obserwatorium.

Pomysł budowy nowego obserwatorium pojawił się na początku bieżącej dekady w rozmowach z panem Janem Paltem, ówczesnym najstarszym pracownikiem Planetarium Śląskiego, a jednocześnie znakomitym fachowcem w dziedzinie optyki instrumentalnej. Jednak zamysł wydawał się wtedy niemożliwy

do zrealizowania, zwłaszcza przez dwie osoby, a niedługo potem pan Palt przestał pracować w Planetarium. Idea jednak nie zgasła. Potwierdzenie, że budowa takiego obserwatorium stanowi wartość, pojawiło się także później w rozmowie z prof. Andrzejem Stroblem — na początku 2004 r.

Należało więc znaleźć sprzymierzeńców i spróbować. Przy Planetarium ma swą siedzibę Śląski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (PTMA), którego członkowie mają duże doświadczenie w budowaniu amatorskich teleskopów. Dyrektor Planetarium, Jacek Szczepanik, wyraził zgodę na budowę obserwatorium w pobliżu Planetarium i pomógł w zdobyciu zgody na powstanie nowego obiektu w Parku, wydaną przez prezesa WPKiW.

30 kwietnia 2004 r. grupa członków Śląskiego Oddziału PTMA rozpoczęła szlifowanie zwierciadła głównego przyszłego teleskopu. Płyta szklana o średnicy 50 cm przekazała na ten cel Jan Palt.

Od samego początku pojawiło się pytanie: Czy warto budować obserwatorium na rozświetlonym Śląsku?

Najpierw trzeba było to sprawdzić. Członkowie PTMA wykonali mały montaż w celu sprawdzenia jakości zdjęć wykonywanych w rozświetlonym terenie. Montaż był naprawdę imponujący, np. wygięty, nagwintowany pręt M10 z nakrętką napędzaną silnikiem krokowym służył jako napęd w deklinacji. Na montażu umieszczono refraktor apochromatyczny SkyWatcher SW80ED, zaś obiektyw MTO 1000 z małą kamerką przemysłową służył jako autoguider. I to zadziałało! Dzięki temu sprawdzono elektronikę i oprogramowanie sterujące napędem przyszłego teleskopu.

Zdjęcia wykonywano między innymi z tarasu Planetarium, stosując filtry wygaszające miejskie światła. Rejestracji dokonywano przerobionym aparatem Canon EOS 300D. Pomysłodawcą tego „prototypu” był Tomasz Piwek — jeden z członków naszego Oddziału. I to Jego aparat uległ „przeróbce”. Zawartość apa-



Szlifowanie optyki

ratu fotograficznego została wyjęta z obudowy. Następnie rozdzielono chip CMOS od reszty elektroniki tak, by pomiędzy niego i elektronikę wstawić ogniwko Peltiera. Całość umieszczono w hermetycznej „mydelniczce” z sorbentem wilgoci. Dodatkowo ciepło z Peltiera odprowadzane było radiatorem z procesora chłodzonym cieczą. Obieg wymuszała pompka do akwarium. Nieprawdopodobne? A jednak — zdjęcia M 33 (w.IV) i gromady galaktyk w Lwie wykonał Tomasz Piwek tą maszynerią z dachu domu na rozświetlonym Górnym Śląsku.

Najsłabsze gwiazdy zarejestrowane refraktorem 80 mm były około 15 wielkości gwiazdowej, mimo silnie rozświetlonego miejskiego tła nieba. Wszystko to dzięki współczesnej technice cyfrowej pozwalającej w znacznym stopniu zniwelować niedogodności wynikające ze złych warunków obserwacyjnych. Jeszcze niedawno tylko największe obserwatoria wykonywały takie zdjęcia nieba, jakie dziś potrafi zrobić wielu amatorów w swoich przydomowych obserwatoriach. Stąd też i coraz częściej amatorzy stają się odkrywcami nowych komet, planetoid czy supernowych. Zatem małe obserwatoria mają swoje zadanie do spełnienia. Samo zaś badanie nieba ma w sobie przecież nie tylko wydźwięk naukowy, ale też jest niewątpliwym źródłem głębokich doznań estetycznych.

Postanowiliśmy więc, że warto!

Spotykając się raz w tygodniu — zawsze w piątki — ukończyliśmy szlifowanie optyki po... półtora roku.

Pan Jan Pałt, będąc już na emeryturze, do końca prowadził z nami konsultacje w sprawie optyki nowego telesko-



Gromada galaktyk w Lwie

pu. Nie doczekał końca budowy. Członkowie Śląskiego Oddziału PTMA Jego imieniem nazwali wybudowane przez siebie obserwatorium.

Gdy optyka teleskopu była gotowa, należało się zabrać za konstrukcję (montaż) teleskopu oraz odpowiednie dla niego opakowanie, czyli budynek.

Należało stworzyć projekt i poszukać pieniędzy. O ile projektowanie nowych rzeczy graniczny z działalnością artystyczną i bywa przyjemne, o tyle poszukiwanie pieniędzy na realizację tych projektów to już inny problem. Dlatego tym bardziej chcę podziękować Miastu Chorzów, a szczególnie Prezydentowi dr. Joachimowi Otte oraz Prezesowi Zarządu Głównego PTMA, dr. Henrykowi Branczewiczowi, którzy nasz projekt wsparli i bez których jego realizacja byłaby niemożliwa.

Ciekawa jest sama grupa realizująca projekt. Zanim rozpoczęto budowę ob-

serwatorium, członkowie Oddziału spotykali się raz w miesiącu na spotkaniu statutowym. Od rozpoczęcia realizacji projektu spotykają się raz w tygodniu. Zawsze w piątek na dwie, trzy godziny. Wcześniej nic o sobie praktycznie nie wiedzieli oprócz tego, że poza swoją działalnością zawodową interesują się astronomią. Aż tu nagle okazuje się, że ktoś potrafi spawać, ktoś inny jest mechanikiem, elektrykiem, informatikiem... Ci ludzie doskonale się uzupełniają, tworzą całkiem zgrany zespół.

Skład zespołu: Marek Ledwoń — prezes Śląskiego Oddziału PTMA, Krysztof Kurka, Piotr Górzalski, Antoni Skowron, Paweł Błaszkak, Damian Jabłka, Henryk Zachłod, Tomasz Piwek, Adam Mierzejewski, Kazimierz Kosz, Bogdan Kawalec, Jan Konior, Jan Rzepka, Dariusz Szczepański, Ryszard Górecki, Jerzy Paliga, Tomasz Marcinkiewicz oraz piszący te słowa. Do projektu

### na rozkładówce:

## Centrum Drogi Mlecznej

Nowy obraz środka Drogi Mlecznej, uzyskany przez NASA z trzech wielkich obserwatoriów kosmicznych: teleskopów Chandra (promieniowanie X — kolor niebieski i fioletowy), Hubble'a (bliska podczerwień — kolor żółty) i Spitzera (podczerwień — kolor czerwony). Pokazuje on centrum naszej Galaktyki poprzez zasłaniający je pył i ujawnia dużą aktywność w pobliżu galaktycznego jądra. Sam środek Drogi Mlecznej znajduje się w pobliżu jasnego, białego obszaru z prawej strony i trochę poniżej centrum obrazu (Sagittarius A). Cały obraz ma rozmiar 32 × 16 minut łuku, czyli jest porównywalny do Księżyca w pełni.

Źródło: NASA (<http://chandra.harvard.edu/photo/2009/galactic/>)



Przeniesienie kopuły

włączyła się także młodzież gimnazjalna (obecnie uczniowie szkół ponadgimnazjalnych): Arek Rak, Marcin Breguła i Paweł Obszański.

Nie wszystko oczywiście można było wykonać we własnym zakresie i własnymi siłami. Nie było jednak problemów ze znalezieniem wykonawców poszczególnych podzespołów. W bliskim sąsiedztwie znaleźliśmy zarówno odlewne aluminium czy żeliwa, jak i zakłady mechaniki maszynowej wykonujące przekładnie czy inne elementy precyzyjne. Im wszystkim należą się także serdeczne podziękowania za wsparcie, bez którego obserwatorium powstałoby znacznie dłużej.

Składanie i dopasowanie elementów teleskopu w działające urządzenie, jak gigantyczne puzzle, dokonało się ręka miłośników astronomii. Gotowy

montaż pozostawiono na tarasie Planetarium na ponad pół roku dla wysezonowania wszystkich elementów spawanych. Podobnie postąpiono z samą kopułą, której konstrukcja spoczywała przez dwa lata pod gołym niebem, zanim pokryto ją laminatem i przeniesiono na budynek obserwatorium.

Wszystko to wymagało zaangażowania, wiedzy, umiejętności, a przede wszystkim poświęcenia czasu. Przez pięć i pół roku członkowie PTMA spotykali się co piątek po południu, poświęcając to, co człowiek ma najcenniejsze w życiu — czas! Wreszcie jednak nastąpił oczekiwany dzień otwarcia. 25 listopada 2009 r. przecięto wstęgę.

Nasz teleskop został zaprojektowany i zbudowany przez amatorów astronomii, więc i obserwatorium będzie amatorskie. W wielu miejscach wykończenia mogą budzić zastrzeżenia, ale najważniejsze jest to, że działa. Zaprojektowano teleskop dwuogniskowy, z kamerą umieszczaną bezpośrednio w ognisku pierwotnym bądź wtórnym. Ogniskowa zwierciadła głównego wynosi 250 cm (jasność 1:5), drugie ognisko jest tworzone w dość rzadko spotykanym układzie Gregory'ego, z wtórnym zwierciadłem elipoidalnym, zwiększającym ogniskową czterokrotnie (jasność 1:20). Obydwa ogniska są umieszczone wewnątrz tubusa teleskopu (zwierciadło główne nie jest przewiercone). Takie rozwiązanie pozwala prowadzić obserwacje w ognisku pierwotnym, bez demontażu zwierciadła wtórnego, gdyż kame-

Szafa z komputerami

ra i tak mieści się w jego cieniu. Montaż teleskopu jest paralaktyczny, typu angielskiego, napędzany dwoma silnikami krokowymi przez przekładnie ślimakowe. Obserwacje będą prowadzone przez kamerę CCD SBIG ST8.

Niestety, od uruchomienia obserwatorium nie było wystarczająco dobrej pogody, aby wykonać pierwsze obserwacje. Gdy uda się zrobić dobre zdjęcia, z pewnością zaprezentujemy je w „Uranii”.

Budynek ma średnicę wewnętrzną 5 m i jest to najmniejsza średnica, przy której teleskop mieści się w środku. Budynek jest piętrowy. Teleskop stoi na piętrze pod kopułą, zaś na parterze umieszczono komputery do sterowania teleskopem i do zbierania obrazów z kamery oraz sterowniki do silników prowadzących oraz fokusera. W czasie obserwacji nikt nie powinien przebywać przy teleskopie (chyba że w kasku). W dniu otwarcia, goście zwiedzający obserwatorium, nie widząc okularu, często zadawali jedno pytanie: gdzie tu się patrzy? Padała mało satysfakcjonująca odpowiedź: piętro niżej obrazy nieba widać na ekranie komputera. To mało romantyczne. W projekcie teleskopu miejsce na wyciąg okularowy było przewidziane, ale ostatecznie z niego zrezygnowano. Jednak z tego powodu także w rozmowach z samymi twórcami teleskopu da się wyczuć nutkę zawodu. Być może kiedyś zostanie zamontowany wyciąg okularowy, a wtedy staną się dostępne także obserwacje wizualne.

Stefan Janta

Zdjęcia: Paweł Błaszk, Bogusław Kawalec, Dariusz Porada, Gabriela Sowa i Barbara Osiejkuk



Budynek z zewnątrz





**DOŁĄCZ DO GRONA ODKRYWCÓW. Już siódma supernowa została odkryta naszym teleskopem!**

## Sky-Watcher®

Synta Sky-Watcher DOB 6"	869 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8"	1329 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10"	1989 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12"	2999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8" rozsuwany	1449 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10" rozsuwany	2149 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12" rozsuwany	3599 zł
Synta BKP13065 EQ2	769 zł
Synta SK1309 EQ2	589 zł
Synta BKP15075EQ3-2	1249 zł
Synta BKP2001EQ5	2199 zł
Synta 909AZ3	589 zł
Synta 909	399 zł
Synta 1021EQ3-2	1849 zł
Synta 1206EQ3-2	1949 zł
Synta BKMAK102	749 zł
Synta BKMAK127	1299 zł
Synta BKMAK150	2549 zł
Synta MAK160	3599 zł



Lornetka Nikon Action VII 8x40	240 zł
Lornetka Nikon Action VII 7x50	280 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	305 zł
Lornetka Nikon Action VII 12x50	340 zł
Lornetka Nikon Action VII 18x50	380 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x35	480 zł
Lornetka Nikon Action EX 8x40	500 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x50	535 zł
Lornetka Nikon Action EX 10x50	585 zł
Lornetka Nikon Action EX 12x50	630 zł
Lornetka Nikon Action EX 16x50	680 zł



## MEADE

Meade LightBridge 8" Pyrex De Lux.	2295 zł
Meade LightBridge 10" Pyrex De Lux.	2995 zł
Meade LightBridge 12" Pyrex De Lux.	3895 zł
Meade LightBridge 16" Pyrex De Lux.	9899 zł
Meade LX200 ACF 8"	15999 zł
Meade LX200ACF 10"	18999 zł
Meade LX200ACF 12"	26999 zł
Meade LX200ACF 14"	39999 zł
Meade LX200ACF 16"	84999 zł
Meade SN LXD-75 6"	4999 zł
Meade SN LXD-75 8"	6299 zł
Meade SN LXD-75 10"	6899 zł
Meade ETX 80 AT	1299 zł
Meade ETX 90 PE	2799 zł
Meade ETX 125 PE	4199 zł

## LUMICON

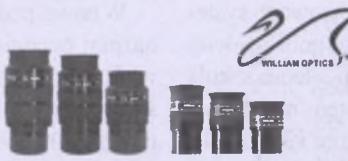


Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 1,25"	375 zł
Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 2"	730 zł

## GSO



Crayford 2" do Newtona CRF001	349 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF086	549 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF230	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-SCT001	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-MLP230	459 zł
Tuba optyczna GSO MT-800	1999 zł
Tuba optyczna GSO MT-1000	1999 zł
NLA001 Newtonian Kolimator 1,25"	199 zł



Okular W-O SWAN 9 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 15 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 20 mm 1,25"	309 zł
Okular W-O SWAN 25 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 33 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 40 mm 2"	459 zł

## SKY PUBLISHING

Starry Night Enthusiast 6.0	399 zł
Starry Night Pro 6.2	650 zł
Starry Night Pro Plus 6.2	1050 zł
Pocket Sky Atlas	79 zł
Sky Atlas 2000.0 - wersja deluxe	219 zł
Sky Atlas 2000.0 Field - laminowany	269 zł



## COR NADO

Teleskop słoneczny "Coronado" SolarMax 40/10	9999 zł
Teleskop słoneczny "Coronado" PST	2999 zł



## Złączki i redukcje

Redukcja M42x1 / Canon EOS	49 zł
Redukcja M42x1 / Nikon	49 zł
Redukcja M42x1 / Sony Alfa	49 zł
Redukcja M42x1 / Olympus	49 zł
Redukcja M42x1 / Pentax	49 zł
Redukcja T2 / Canon EOS	49 zł
Redukcja T2 / Nikon	49 zł
Redukcja T2 / Minolta AF	49 zł
Redukcja T2 / Olympus	49 zł
Redukcja T2 / Pentax	49 zł
Redukcja SCT / M42x1	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	79 zł
Wyciąg przeuszytny 1,25" do Newtona	149 zł
Złączka 2" / M42x1 z gwintem filtrowym	59 zł
Złączka 1,25" / M42x1 z gwintem filtrowym	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	59 zł
Redukcja 1,25" / WEB do SPC900	49 zł
Redukcja 23,2mm / WEB do SPC900	39 zł
Złączka okularowa M42 / 2" z Clamping ringiem	69 zł
Wyciąg przeuszytny 1,25" do Newtona	149 zł
Wyciąg przeuszytny 1,25" do refraktora	159 zł
Wyciąg przeuszytny 2" do Newtona	189 zł
Wyciąg przeuszytny 2" do refraktora	219 zł



## Okulary NPL

Plüssia "Vixen" NPL 6mm	109 zł
Plüssia "Vixen" NPL 10mm	109 zł
Plüssia "Vixen" NPL 15mm	115 zł
Plüssia "Vixen" NPL 20mm	135 zł
Plüssia "Vixen" NPL 25mm	115 zł
Plüssia "Vixen" NPL 30mm	185 zł
Plüssia "Vixen" NPL 40mm	185 zł

## Vixen



## Okulary NLV

Lantanowy NLV 2,5mm	519 zł
Lantanowy NLV 4mm	489 zł
Lantanowy NLV 5mm	449 zł
Lantanowy NLV 6mm	429 zł
Lantanowy NLV 9mm	449 zł
Lantanowy NLV 10mm	429 zł
Lantanowy NLV 12mm	449 zł
Lantanowy NLV 15mm	449 zł
Lantanowy NLV 20mm	519 zł
Lantanowy NLV 25mm	519 zł



## Okulary LVW

Lantanowy LVW 3,5mm	879 zł
Lantanowy LVW 5mm	879 zł
Lantanowy LVW 8mm	819 zł
Lantanowy LVW 13mm	849 zł
Lantanowy LVW 17mm	879 zł
Lantanowy LVW 22mm	879 zł
Lantanowy LVW 42mm	1289 zł

Niniejszy cennik nie stanowi oferty w myśl przepisów prawa handlowego

## Astronomia w nowych programach szkolnych

Zapewne „wcześniej urodzeni” czytelnicy „Urani” przypominają sobie, że astronomia była jednym z obowiązkowych przedmiotów szkolnych w ostatniej klasie liceum. W latach 50. była to klasa XI, później IV klasa licealna. W pewnym okresie, w klasach o profilu matematyczno-fizycznym, uczniowie mieli nawet dwie godziny astronomii tygodniowo. Wprowadzona w latach 80. reforma szkolna zlikwidowała astronomię jako oddzielny przedmiot w klasie maturalnej, natomiast obszerne bloki haseł astronomicznych pojawiły się w II i IV klasie liceum w ramach nowego przedmiotu *fizyka z astronomią*.

Kolejna reforma szkolna zamiast dotychczasowego systemu kształcenia, w którym po 8-letniej szkole podstawowej było 4-letnie liceum (ew. 5-letnie technikum lub 3-letnia szkoła zawodowa), wprowadziła trzystopniowy system nauczania: 6-letnią szkołę podstawową, 3-letnie gimnazjum i 3-letnie liceum. W ramach tego ostatniego został zachowany przedmiot: *fizyka i astronomia*.

W najnowszej reformie programów szkolnych, wprowadzonej rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 r. (Dz. U. nr 4 z dn. 15 stycznia 2009 r., poz. 17), słowo „astronomia” niestety nie pojawia się już w nazwie przedmiotu, chociaż treści astronomiczne można odnaleźć w podstawie programowej takich przedmiotów, jak fizyka lub geografia. Z przykrością należy stwierdzić, że skreślenie słowa „astronomia” z nazwy przedmiotu (a także znaczące ograniczenie liczby godzin przeznaczonych na fizykę w klasach ogólnych liceum) nastąpiło w Miedzynarodowym Roku Astronomii, mimo zdecydowanie negatywnej opinii Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

### Kalendarz wdrażania zmian programowych

Wprowadzanie obecnych zmian programowych rozpoczęło się z początkiem roku szkolnego 2009/2010. Reforma objęła klasy pierwsze szkół podstawowych oraz klasy pierwsze gimnazjów. W roku szkolnym 2010/2011 nowa podstawa programowa będzie obowiązywać w klasach drugich szkół podstawowych i gimnazjów, w kolejnym roku szkolnym w klasach trzecich. Późną wiosną w 2012 r. uczniowie trzecich klas gimnazjów będą już zdawać egzamin dostosowany do nowej podstawy programowej.

Od roku 2012/2013 reforma będzie wprowadzana do liceów, czyli w maju 2015 r. egzamin maturalny będzie według nowej podstawy programowej. Również sprawdzian po szkole podstawowej nastąpi zgodnie ze wspomnianym dokumentem. W ten sposób w roku szkolnym 2014/2015 we wszystkich szkołach ogólnokształcących będą wdrożone nowe programy, natomiast 4-letnie technika zakończą wprowadzanie reformy rok później, zaś licea uzupełniające po zasadniczych szkołach zawodowych dwa lata później.

### Ille godzin przypada na fizykę (i astronomię)?

Dotychczasowy ramowy plan nauczania (Dz. U. nr 15 z dn. 25 lutego 2002 r. poz. 142) na nauczanie fizyki i astronomii

w trzyletnim cyklu nauczania przewiduje w gimnazjum 4 godziny tygodniowo. W liceum przedmiot ten jest realizowany w trakcie 3 godzin tygodniowo (również biorąc pod uwagę trzyletni cykl nauczania), przy czym w klasach sprofilowanych liczba ta może być zwiększa o kolejne dwie godziny. Podział godzin w poszczególnych klasach zależy od dyrekcyjnych szkół, ale w gimnazjach najczęściej uczniowie mają (bądź mieli) 2 godziny fizyki i astronomii w klasie pierwszej i po jednej godzinie tego przedmiotu w klasach drugiej i trzeciej, natomiast w liceum może to być na przykład po jednej godzinie tygodniowo w klasach I, II i III.

W nowej podstawie programowej na nauczanie fizyki w gimnazjum przewidziano 130 godzin, tj. 4 godziny tygodniowo w okresie trzyletnim (np. 2+1+1), natomiast w liceum w klasach ogólnych każdy uczeń podczas swojej trzyletniej nauki powinien mieć zorganizowane przynajmniej 30 godzin fizyki (1 godzina tygodniowo), a jeśli wybierze program rozszerzony — jeszcze dodatkowo 240 godzin. Uczniowie liceum, którzy nie wybrali rozszerzonego programu fizyki, geografii, biologii lub chemii, będą mieli przedmiot uzupełniający o nazwie „przyroda” w łącznej liczbie 120 godzin. W podstawie programowej tego bloku znajduje się również kilka tematów z fizyki i astronomii (patrz ramka na stronie obok).

Z przedstawionych danych (pominięto tu liczby godzin przeznaczonych na fizykę w technikach, szkołach zawodowych, szkołach specjalnych, szkołach dla dorosłych etc.) wynika, że nowa podstawa programowa w praktyce nie zmieniła liczby godzin fizyki w gimnazjach, natomiast w sposób drastyczny ograniczyła nauczanie fizyki w klasach ogólnych liceum. Jakkolwiek pewne hasła programowe z fizyki i astronomii występują w przyrodzie, należy się spodziewać, że przedmiot tego będą uczyć przede wszystkim nauczyciele biologii i być może geografii, którzy ze zrozumiałych względów będą realizować treści programowe bliskie ich wykształceniu.

Wprowadzana podstawa programowa — w aspekcie kolejnej redukcji godzin przeznaczonych na nauczanie fizyki i astronomii — spotkała się z krytyką środowiska fizyków, a także szeregu osób zaangażowanych w nauczanie astronomii. Dobitnym wyrazem tej krytyki może być np. referat nauczycieli fizyki: E. Pietrasa i E. Rydygiera, aktywistów Ogólnopolskiego Seminarium Dydaktyki Fizyki w Warszawie, przedstawiony na Zjeździe Fizyków Polskich w Krakowie we wrześniu 2009 r. i opublikowany w „Fizyce w Szkole” nr 6/2009 s. 51. Konkluzją tego referatu i wielu innych głosów zdecydowanie negatywnie oceniających redukcję godzin fizyki i astronomii w liceum jest perspektywa dalszego obniżania się poziomu wykształcenia w zakresie fizyki (i astronomii), co już teraz znajduje odzwierciedlenie w braku kandydatów na studia techniczne i kierunki matematyczno-fizyczne.

### Astronomia w dotychczasowej podstawie programowej

W dotychczasowych programach szkolnych elementy astronomii były nauczane:

— w szkole podstawowej na lekcjach przyrody (II etap edukacyjny, klasy IV — VI),  
 — w gimnazjum na lekcjach fizyki i astronomii oraz geografii (III etap edukacyjny),  
 — w liceum na lekcjach fizyki i astronomii (poziom podstawowy i rozszerzony) (IV etap edukacyjny).

W programie przyrody w szkole podstawowej wśród treści nauczania znajdujemy hasła: *Ziemia w Układzie Słonecznym* oraz *obserwacje astronomiczne*, natomiast w przewidywanych osiągnięciach oczekuje się, że uczeń wyjaśnia zjawiska fizyczne i astronomiczne.

W treściach nauczania gimnazjalnego kursu fizyki i astronomii są następujące hasła o tematyce astronomicznej: *Układ Słoneczny, elementy kosmologii*, zaś wśród oczekiwanych osiągnięć wymieniono m. in.: *umiejętność obserwowania i opisywania zjawisk fizycznych i astronomicznych, umiejętność posługiwania się metodami badawczymi typowymi dla fizyki i astronomii, opisywanie zjawisk fizycznych i rozwiązywanie problemów fizycznych i astronomicznych z zastosowaniem modeli i technik matematycznych*. Do zadań szkoły na tym poziomie nauczania należy m. in. *zapoznanie uczniów z metodami obserwowania, badania i opisywania zjawisk fizycznych i astronomicznych*. Treści nauczania geografii w gimnazjum obejmują również Ziemię jako część Wszechświata.

Najobszerniejszy zestaw haseł programowych obejmujących astronomię znajduje się w dotychczasowej podstawie programowej liceum. Cele edukacyjne obejmują m. in. *dostarczanie natury i struktury fizyki oraz astronomii, ich rozwoju i związku z innymi naukami przyrodniczymi* a także *rozwój zainteresowań fizyką i astronomią*. Do zadań liceum należy m. in. *wdrażanie uczniów do samodzielnego formułowania wypowiedzi o zagadnieniach fizycznych i astronomicznych; dyskusja ich użyteczności i zakresu stosownalności w powiązaniu z eksperymentalną weryfikacją*. W wyniku kształcenia, do osiągnięć powinna należeć: *umiejętność obserwacji, opisywania, wyjaśniania i przewidywania zjawisk fizycznych i astronomicznych z wykorzystaniem praw fizycznych i modeli, przy świadomości granic ich stosownalności; umiejętność planowania i wykonywania doświadczeń fizycznych i prostych obserwacji astronomicznych, opracowywania i analizowania wyników, sporządzania i interpretacji wykresów*.

## Przedmiot uzupełniający: PRZYRODA Wątki tematyczne

A. Nauka i świat	1. Metoda naukowa i wyjaśnianie świata 2. Historia myśli naukowej 3. Wielcy rewolucjonisi nauki 4. Dylematy moralne w nauce 5. Nauka i pseudonauka 6. Nauka w mediach 7. Nauka w komputerze 8. Polscy badacze i ich odkrycia
B. Nauka i technologia	9. Wynalazki, które zmieniły świat 10. Energia — od Słońca do żarówki 11. Światło i obraz 12. Sport 13. Technologie współczesne i przyszłości 14. Współczesna diagnostyka i medycyna 15. Ochrona przyrody i środowiska 16. Nauka i sztuka
C. Nauka wokół nas	17. Uczenie się 18. Barwy i zapachy świata 19. Cykle, rytm i czas 20. Śmiech i płacz 21. Zdrowie 22. Piękno i uroda 23. Woda — cud natury 24. Największe i najmniejsze

nomicznych, zapisywania i analizowania ich wyników.

W zakresie rozszerzonym przedmiotu fizyka i astronomia do zadań szkoły należy m. in. *rozwijanie u ucznia umiejętności samodzielnego formułowania wypowiedzi o zagadnieniach fizycznych i astronomicznych, prowadzenia dyskusji w sposób terminologicznie i merytorycznie poprawny a także uzupełnienie i uporządkowanie wiedzy fizycznej i astronomicznej ucznia w celu pogłębienia rozumienia nauki, jej możliwości i ograniczeń*. Wśród treści nauczania znajdujemy m. in. *przegląd poznanych modeli i teorii fizycznych oraz astronomicznych; dyskusja ich użyteczności i zakresu stosownalności w powiązaniu z eksperymentalną weryfikacją*. W wyniku kształcenia, do osiągnięć powinna należeć: *umiejętność obserwacji, opisywania, wyjaśniania i przewidywania zjawisk fizycznych i astronomicznych z wykorzystaniem praw fizycznych i modeli, przy świadomości granic ich stosownalności; umiejętność planowania i wykonywania doświadczeń fizycznych i prostych obserwacji astronomicznych, opracowywania i analizowania wyników, sporządzania i interpretacji wykresów*.

## Astronomia w nowej podstawie programowej

W nowej podstawie programowej tematykę astronomiczną spotykamy:

- w szkole podstawowej na lekcjach przyrody,
- w gimnazjum tylko na lekcjach geografii,
- w liceum na fizyce (poziom podstawowy i rozszerzony), geografii (poziom rozszerzony) oraz na lekcjach przyrody.

W szkole podstawowej uczeń m. in. obserwuje widomą wędrówkę Słońca w ciągu doby; miejsca wschodu, górowania i zachodu Słońca w zależności od pory roku; wskazuje zależność między wysokością Słońca a długością cienia; opisuje kształt Ziemi z wykorzystaniem jej modelu — globusa; wymienia nazwy planet Układu Słonecznego i porządkuje je według odległości od Słońca; wyjaśnia założenia teorii heliocentrycznej Mikołaja Kopernika; prezentuje za pomocą modelu ruch obiegowy i obrotowy Ziemi; odnajduje zależność między ruchem obrotowym Ziemi a zmianą dnia i nocy; wykazuje zależność między ruchem obiegowym Ziemi a zmianami pór roku.

Ponadto, na lekcjach przedmiotu „historia i społeczeństwo” przewiduje się omawianie tematu: *Mikołaj Kopernik i jego odkrycie*, a uczeń: opowiada o życiu Mikołaja Kopernika, używając pojęć: uczyony, astronom, odkrycie naukowe; opisuje i umieszcza w czasie odkrycie Kopernika, wyjaśniając, co znaczy powiedzenie: Wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię.

W gimnazjum na lekcjach geografii uczeń m. in. posługuje się ze zrozumieniem pojęciami: ruch obrotowy Ziemi, czas słoneczny, czas strefowy; podaje cechy ruchu obrotowego; wyjaśnia, dlaczego zostały wprowadzone strefy czasowe i granica zmiany daty; posługuje się mapą stref czasowych do określania różnicy czasu strefowego i słonecznego na Ziemi; podaje cechy ruchu obiegowego Ziemi; przedstawia (wykorzystując również własne obserwacje) zmiany w oświetleniu Ziemi oraz w długości trwania dnia i nocy w różnych szerokościach geograficznych i porach roku; podaje najważniejsze geograficzne następstwa ruchów Ziemi.

Jeszcze raz należy zwrócić uwagę, że w nowej podstawie programowej brak hasł astronomicznych na lekcjach fizyki w gimnazjum.

W ramach licealnego kursu fizyki (w klasach ogólnych — jedna godzina tygodniowo w pierwszej klasie) uczeń między innymi: wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców; posługuje się pojęciem pierwszej prędkości kosmicznej i satelity geostacjonarnego; opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi (jakościowo); wyznacza zależność okresu ruchu od promienia orbity (stosuje III prawo Keplera); wyjaśnia, dlaczego planety widziane z Ziemi przesuwają się na tle gwiazd; wyjaśnia przyczynę występowania faz i zaćmień Księżyca; opisuje zasadę pomiaru odległości z Ziemi do Księżyca i planet opartą na paralaksie i zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej, posługuje się pojęciem jednostki astronomicznej i roku świetlnego; opisuje zasadę określania orientacyjnego wieku Układu Słonecznego; opisuje budowę Galaktyki i miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce; opisuje Wielki Wybuch jako początek znanego nam Wszechświata; zna przybliżony wiek Wszechświata, opisuje rozszerzanie się Wszechświata (ucieczkę galaktyk). Ponadto, uczeń opisuje

reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach oraz w bombie wodorowej.

W klasach z rozszerzonym programem nauczania fizyki uczeń dodatkowo: wyprowadza związek między przypięszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem; wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich; oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi; oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych; oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity.

Jest rzeczą zdumiewającą, że podstawa programowa nie przewiduje omawiania zagadnień związanych ze Słońcem (odległość, budowa, właściwości fizyczne, promieniowanie, ewolucja) ani z gwiazdami, z wyjątkiem reakcji termojądrowych zachodzących w gwiazdach.

Dla środowiska astronomicznego zaskoczeniem może być znaczna liczba zagadnień przewidzianych do realizacji w ramach rozszerzonego kursu geografii w liceum. W dziale „Ziemia we Wszechświecie” uczeń m. in. wyjaśnia cechy budowy i określa położenie różnych ciał niebieskich we Wszechświecie; charakteryzuje ciała niebieskie tworzące Układ Słoneczny; wskazuje konsekwencje ruchów Ziemi; oblicza wysokość górowania Słońca w dowolnym miejscu na Ziemi w dniach równonocy i przesilen; oblicza szerokość geograficzną dowolnego punktu na powierzchni Ziemi na podstawie wysokości górowania Słońca w dniach równonocy i przesilen; opisuje różnice między astronomicznymi, kalendarzowymi i klimatycznymi porami roku; wyjaśnia przyczynę występowania: dni i nocy polarnych na obszarach podbiegu nowych, zorzy polarnej, zaćmień Słońca i Księżyca; wskazuje skutki występowania siły Coriolisa dla środowiska przyrodniczego. Ten ostatni temat może budzić zdziwienie, gdyż nigdzie w podstawie programowej nie przewidziano omówienia istoty siły Coriolisa.

### Astronomia na lekcjach przyrody w liceum

Jak już wspomniano, dla uczniów którzy w liceum nie wybiorą rozszerzonego programu z fizyki, geografii, biologii lub chemii, przewiduje się lekcje z przedmiotu uzupełniającego o nazwie „przyroda” obejmującego łącznie 120 godzin, czyli np. 2 godziny tygodniowo w klasie II i III. Podstawa programowa przyrody obejmuje 24 tzw. „wątki tematyczne”, w których wyróżniono cztery „wątki przedmiotowe”

1. fizyka,
2. chemia,
3. biologia,
4. geografia.

Zgodnie ze wspomnianym rozporządzeniem Ministerstwa, na zajęciach można realizować bądź wątek tematyczny, czyli omówić wybrany temat w zakresie przedmiotów: fizyka, chemia, biologia, geografia, bądź wątek przedmiotowy, czyli omówić jedną pełną grupę tematów w obrębie wybranego przedmiotu. [...] Zajęcia powinny objąć co najmniej cztery wątki tematyczne lub dwa wątki tematyczne i dwa przedmiotowe.

Wśród wątków tematycznych proponowane są m. in. następujące tematy zajęć:

1.4. teoria powstania i ewolucji Wszechświata; jaka jest przyszłość świata?

2.1. poglądy na budowę Wszechświata w starożytności i średniowieczu; teoria heliocentryczna Kopernika; obserwacje Galileusza, Keplera; [...] ; współczesne poglądy na budowę Wszechświata;

5.1. astrologia [...] — co na ten temat mówi fizyka;

6.1. najnowsze osiągnięcia w badaniach kosmosu, np. odkrycie planet krążących wokół innych gwiazd;

7.1. Wszechświat w komputerze;

8.1. *M. Kopernik i system geocentryczny (sic!)*;

9.4. GPS — świat na wyciągnięcie ręki;

10.1. [...], energia słoneczna, jądrowa i termojądrowa;

18.4. [...] dni i noce w różnych częściach Ziemi;

19.1. zjawiska okresowe w przyrodzie; kalendarze; zegary i standard czasu;

22.1. historyczna koncepcja harmonii sfer jako motywacja poznawania Wszechświata — od Pitagorasa do Einsteina;

24.1. największe i najmniejsze odległości; najkrótsze i najdłuższe czasy, największe prędkości.

(W poniższym wykazie pierwsza z liczb odnosi się do wątku tematycznego, druga do wątku przedmiotowego.)

Wymagania szczegółowe do treści nauczania przyrody przewidują, że uczeń m. in.:

— planuje i przeprowadza wybrane obserwacje i eksperymenty (1);

— przedstawia różne teorie dotyczące rozwoju Wszechświata, korzystając z wiedzy z różnych źródeł informacji (1);

— wyjaśnia, dlaczego obiekty i zjawiska odkryte przez Galileusza nie były znane wcześniej (2);

— przedstawia hierarchiczną budowę Wszechświata, wskazując na różnice skal wielkości i wzajemnej odległości obiektów astronomicznych (2);

— przedstawia ewolucję poglądów na budowę Wszechświata (2);

— interpretuje obiekty astronomiczne na symulacjach komputerowych (8);

— przedstawia historyczne teorie budowy Wszechświata i określa rolę kryteriów estetycznych (symetria, proporcja) w tych teoriach (22);

— wymienia obiekty fizyczne o największych rozmiarach (np. galaktyki) [...], wymienia metody pomiarów [...] bardzo długich czasów i odległości (24);

Autor niniejszego artykułu pozostawia bez komentarza dobór przytoczonych powyżej hasł programowych oraz niektóre sformułowania.

## O przygotowaniu nauczycieli do nauczania treści astronomicznych

Z powyższego omówienia podstawy programowej wynika, że treści astronomiczne będą przekazywane młodzieży przez nauczycieli fizyki, geografii i przyrody, czyli przez mających stosowne przygotowanie pedagogiczne absolwen-

tów studiów fizyki, geografii i najprawdopodobniej biologii. Tzw. standardy programowe dla studiów wyższych, określone Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 12 VII 2007 r. (Dz. U. nr 164 z dn. 13 IX 2007 poz. 1166,) przewidują, że studenci fizyki w podstawowej grupie treści kształcenia powinni mieć przynajmniej 30 godzin astronomii, natomiast studenci geografii w grupie treści podstawowych winni mieć zajęcia z przedmiotu „astronomiczne podstawy geografii” (obejmującego co najmniej 30 godzin) oraz „fizykę i chemię Ziemi” również w wymiarze nie mniejszym niż 30 godzin (czyli na przykład 15 godzin wykładu i 15 godzin ćwiczeń). Praktyka wskazuje, że uczelnie w planach studiów bardzo rzadko decydują się na zwiększenie liczby godzin ponad minimalny wymiar.

Na studiach fizyki kształcenie w zakresie astronomii obejmuje (co najmniej) następujące treści: *Ważniejsze odkrycia astronomiczne do połowy XIX wieku. Nośniki informacji o Wszechświecie. Fizyka i ewolucja gwiazd. Materia międzygwiazdowa. Budowa Galaktyki. Astronomia pozagalaktyczna. Elementy kosmologii*. Wśród efektów kształcenia oczekuje się od studenta: *rozumienia zjawisk astronomicznych i praw nimi rządzących; posługiwanie się terminologią astronomiczną; oceny aktualnego stanu badań astronomicznych*.

Kształcenie na poziomie wyższym w zakresie astronomicznych podstaw geografii obejmuje następujące treści: *Układy współrzędnych sferycznych stosowane w astronomii i geografii. Elementarne zjawiska na sferze niebieskiej. Wpływ atmosfery ziemskiej na obserwacje ciał niebieskich. Ruch roczny Słońca. Czas — skale czasowe używane w astronomii. Instrumenty astronomiczne. Wyznaczanie szerokości i długości geograficznej oraz czasu i azymutu z obserwacji astronomicznych. Wykorzystywanie sztucznych satelitów Ziemi. Prawa ruchu planet. Układ Słoneczny. Słońce i jego oddziaływanie na Ziemię*. Efektami kształcenia mają być: *posługiwanie się wiedzą z zakresu astronomii do określenia relacji między Ziemią jako planetą a zjawiskami zachodzącymi w atmosferze, hydrosferze i litosferze; umiejscawiania tych zjawisk na powierzchni Ziemi*.

Również przedmiot „Fizyka i chemia Ziemi” zawiera m.in. następujące treści astronomiczne: *Ewolucja materii we Wszechświecie. Ruchy ciał niebieskich w układzie topocentrycznym. Ruch obrotowy i obiegowy Ziemi. Zjawiska związane z układami Ziemia–Słońce oraz Ziemia–Księżyc*.

Natomiast (co jest dosyć oczywiste) brak treści astronomicznych w standardach programowych dla studiów biologicznych.

Z powyższego przeglądu wynika, że jeśli chodzi o treści astronomiczne, wprowadzana w życie podstawa programowa w zakresie elementów nauczania astronomii wymaga istotnych korekt merytorycznych. Pilną rzeczą jest także dokonanie uzgodnień pomiędzy programami tych przedmiotów, w których występują hasła astronomiczne. Równolegle, sprawą zasadniczej wagi jest właściwe przygotowanie nauczycieli do nauczania treści astronomicznych w ramach przedmiotów: fizyka, geografia i przyroda.

*Jerzy M. Kreiner*

## Nowa mapa Plutona: nieoczekiwana zmienność

Teleskop Hubble'a w latach 2002–2003 wykonał liczne zdjęcia powierzchni Plutona. Zostały one niedawno skompilowane do najbardziej aktualnej mapy tej karłowatej planety. Widać na niej wyraźnie, że Pluton, mimo że jest jedynie małutkim, lodowym globem na obrzeżach Układu Słonecznego, podlega sezonowym zmianom. Zdjęcia przedstawiają poczerwienienie części planety oraz znaczne pojaśnienie jej północnej półkuli, oświetlanej przez Słońce. Zmiany te są najprawdopodobniej rezultatem sublimacji powierzchniowej warstewki lodu na aktualnie oświetlanym biegunie planety oraz, odpowiednio, zamarzaniem cieczy na biegunie przeciwnym podczas długiego, trwającego 248 ziemskich lat roku na Plutonie.

Pluton, który jest planetą szczególnie popularną wśród społeczności nie naukowej, od początku był trudny do zbadania ze względu na swoje niewielkie rozmiary w połączeniu z ogromnym dystansem dzielącym go od Ziemi. Teleskop Hubble'a pokazał nam teraz zmiany na powierzchni planety o rozmiarach rzędu setek mil. To nie wystarcza do zrozumienia geologii Plutona, jednak pozwala już wyciągnąć pewne wnioski o jego budowie. Zmienne kolory powierzchni planety zdają się wynikać ze zjawiska rozbijania obecnego na niej metanu przez ultrafioletowe promieniowanie słoneczne. Proces ten powoduje, że możemy bezpośrednio zaobserwować pozostałe po nim, bogate w węgiel, czerwonawe plamy.

Nowe mapy Plutona dowodzą zatem, że nie jest on bynajmniej tylko „nudną kulką śniegu i skał”, a dynamicznym światem z szybkozmienną atmosferą. Zmienność pór roku na Plutonie jest bardziej skomplikowana niż w przypadku Ziemi, m.in. za sprawą znacznej eliptyczności jego orbity (gdy orbita ziemska jest w przybliżeniu kołowa). Lato na Pluto-

nie przychodzi szybciej na półkuli północnej, ponieważ planeta porusza się wówczas szybciej w swym roku okrężnym wokół Słońca — jest wtedy bowiem w przysłonecznym ognisku elipsy.

*Elżbieta Kuligowska*

Źródło: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

## Gigantyczna pętla magnetyczna w układzie podwójnym

Astronomowie odkryli ogromną pętlę magnetyczną, która wydostaje się z powierzchni gwiazdy należącej do słynnego układu Algola. Ucznieli mogli zaobserwować to niesamowite zjawisko dzięki wykorzystaniu międzynarodowej sieci radioteleskopów, przybliżając nas tym samym do wyjaśnienia natury tego obiektu.

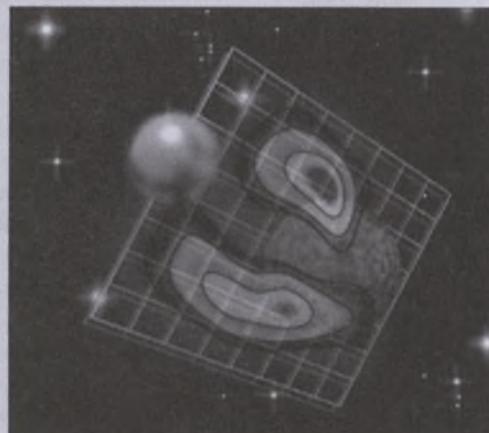
„Po raz pierwszy zaobserwowaliśmy takie zjawisko w strukturze pola magnetycznego gwiazdy innej niż Słońce” — komentuje odkrycie William Peterson z Uniwersytetu Iowa.

Układ podwójny Algola znajduje się w odległości 93 lat świetlnych od Ziemi i składa się z gwiazdy o masie trzy razy większej niż Słońce oraz małomasywnego towarzysza. Orbita tego układu wynosi około 10 mln kilometrów, co stanowi jedynie 6% odległości między Ziemią a Słońcem. Zaobserwowana pętla magnetyczna wydostaje się z biegunów gwiazdy małomasywnej i znajduje się na półkuli, która w trakcie ruchu orbitalnego gwiazdy jest stale zwrócona w stronę większego towarzysza.

Ucznieli wykonali mapę tego układu dzięki wykorzystaniu międzykontynentalnej sieci radioteleskopów, w skład której wchodzą interferometr wielkobazowy Very Long Baseline Array, Very Large Array, teleskop Green Bank oraz niemiecki radioteleskop w Effelsbergu. Podejmują one do stworzenia mapy o bar-

dzo dobrej rozdzielczości oraz wysokiej czułości, która pozwala na detekcję słabych sygnałów radiowych. System złożony z tych teleskopów nazwano High Sensitivity Array (ang. Sieć o Wysokiej Czułości).

Algol jest widoczny gołym okiem w gwiazdozbiorze Perseusza. Dla obserwatorów z Ziemi gwiazdy regularnie przechodzą przez tarczę towarzysza, powodującauważalne zmiany jasności. Okres orbitalny tego układu wynosi około 3 dni, co sprawia, że jest bardzo popularny wśród amatorów obserwacji. Zmiany jasności tego układu zostały odkryte przez włoskiego astronoma w 1667 r., lecz dopiero w 1889 r. potwierdzono hipotezę, że jest to podwójny układ zaćmieniowy.



Artystyczna wizja układu Algola, na której nałożono siatkę z rzeczywistymi obserwacjami radiowymi. Źródło: Peterson et al., NRAO/AUI/NSF

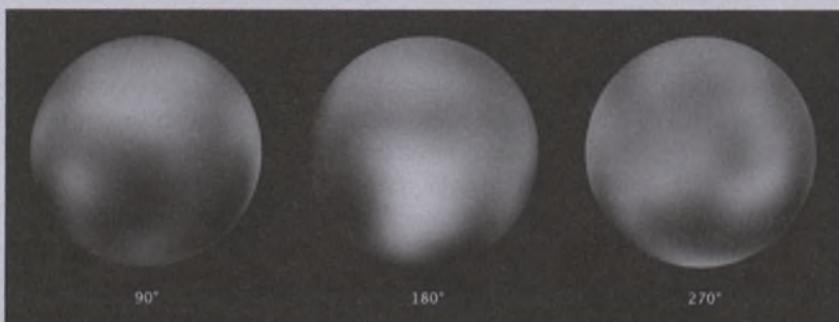
Najnowsze odkrycie pętli magnetycznej pomoże wyjaśnić zjawiska widoczne w poprzednich obserwacjach Algola w zakresie rentgenowskim i radiowym. Dodatkowo przypuszcza się, że tego typu pętle magnetyczne mogą występować w innych układach podwójnych.

*Hubert Siejkowski*

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Kepler odkrywa pięć nowych planet

Nowy teleskop kosmiczny Kepler, którego głównym przeznaczeniem jest poszukiwanie planet podobnych do Ziemi, znakomicie wywiązuje się ze swojego zadania. W styczniu ogłoszono znalezienie pięciu nowych planet pozasłonecznych. Teleskop pracuje od marca 2009 r. W tym czasie zaobserwował około 150 tys. gwiazd „podejrzanych” o posiadanie własnych układów planetarnych i zbadał setki tzw. sygnatur planet — czyli danych obserwacyjnych, zgodnie z którymi dana gwiazda może, choć



Zmienność atmosfery Plutona na skutek jego ruchu wokół Słońca. Zdjęcia wykonane w latach 2002–2003 przez kosmiczny teleskop Hubble'a. Źródło: NASA

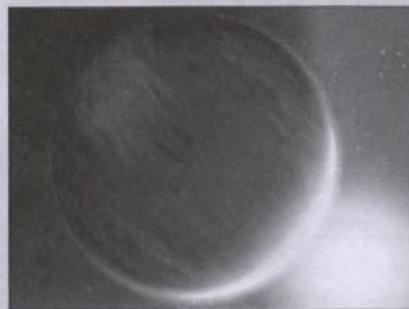
nie musi, być okrążana przez mniejszy glob.

Wiele z tych sygnatur okazało się innymi obiektami — zazwyczaj po prostu niewielkimi i słabo świecącymi gwiazdami, które okrążają większe gwiazdy — w pięciu przypadkach dodatkowe obserwacje prowadzone z Ziemi potwierdziły, że obserwowany obiekt jest istotnie pozasłoneczną planetą. Wszystkie pięć nowych planet są planetami typu jowiszowego — wielkimi kulami gazu, podobnymi prawdopodobnie do planet olbrzymów znanych nam z Układu Słonecznego. Kepler poszukuje planet na zasadzie fotometrycznego pomiaru okresowych spadków jasności dalekich gwiazd. Gdy taka planeta przechodzi na tle tarczy gwiazdy (tzw. zjawisko tranzytu, podobne do obserwowanych zjawisk przejścia Wenus przez tarczę Słońca), częściowo osłabia blask swej gwiazdy. Rozmiar odkrytej tą metodą planety może być oszacowany z rozmiaru i kształtu tego spadku jasności.

Kepler będzie kontynuował swą misję do końca 2012 r. Jego twórcy spodziewają się przyszłych odkryć planet typu ziemskiego — małych i skalistych, a dodatkowo mieszczących się w tzw. strefie zamieszkiwalnej (ang. *habitable zone*), czyli w takiej odległości od mierzystych gwiazd, która zapewnia warunki pozwalające na występowanie na powierzchni planety wody w stanie ciekłym, a zatem być może i form życia.

Elżbieta Kuligowska

Źródło: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)



Fot. Wizja artystyczna pozasłonecznej planety olbrzyma, okrążającej swoją gwiazdę w bardzo bliskiej odległości. Źródło: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC)

## Masywna czarna dziura przyłapana „na gorącym uczynku”

Najnowsze wyniki pochodzące z Obserwatorium Rentgenowskiego Chandra oraz naziemnych teleskopów Magellana sugerują, że gęsty obiekt, będący pozostałością po gwiazdzie, został rozerwany przez czarną dziurę ty-

siąc razy masywniejszą niż Słońce.

Jeżeli wyniki zostaną potwierdzone, będzie to silny dowód na istnienie czarnych dziur o pośrednich masach. Jak dotąd wśród uczonych nie ma zgody, czy tego typu czarne dziury w ogóle występują we Wszechświecie.

Powyższe wnioski zostały wyciągnięte na podstawie obserwacji w gęstej gromadzie wyewoluowanych gwiazd bardzo jasnego źródła promieniowania X, którego widmo w zakresie optycznym wykazuje nietypową zawartość pierwiastków w jego otoczeniu. Łącząc oba te fakty, uczeni stwierdzili, że promieniowanie rentgenowskie powstaje w wyniku spadku materii, pochodzącej z rozerwanego białego karła, na czarną dziurę. W trakcie takiego spadku, materia podgrzewana jest do temperatury pozwalającej na emisję promieniowania X, a następnie wysokoenergetyczne fotony wzbudzają materię znajdującą się w dalszej części układu, powodując jej świecenie w zakresie optycznym.

Na podstawie wartości natężenia promieniowania X źródło to zostało sklasyfikowane jako ULX, z ang. ultraluminous X-ray source, czyli ultrajasne źródło rentgenowskie. ULX to obiekty jaśniejsze niż typowe obiekty rentgenowskie pochodzenia gwiazdowego, ale ciemniejsze niż źródła związane z supermasywnymi czarnymi dziurami znajdującymi się we wnętrzu aktywnych jąder galaktyk (ang. AGN, *active galactic nuclei*). Czarne dziury pochodzenia gwiazdowego mają masę od kilku do kilkudziesięciu mas Słońca, zaś te w AGN-ach osiągają rozmiary od miliona do dziesiątek miliardów mas Słońca. Natura źródeł ULX pozostaje jak dotąd niewyjaśniona, ale przypuszcza się, że mogą to być czarne dziury o masach od stu do kilku tysięcy mas Słońca, czyli obiekty pośrednie między tymi pochodzeniami gwiazdowymi a znajdującymi się w AGN-ach.

Badany ULX jest członkiem gromady kulistej, czyli obiektu skupiącego dużą liczbę bardzo starych gwiazd. Pojedziera się, że właśnie te gromady mogą zawierać w sobie czarne dziury o masach pośrednich, ale wciąż brak jednoznacznych dowodów potwierdzających tę hipotezę. „Astronomowie spo-



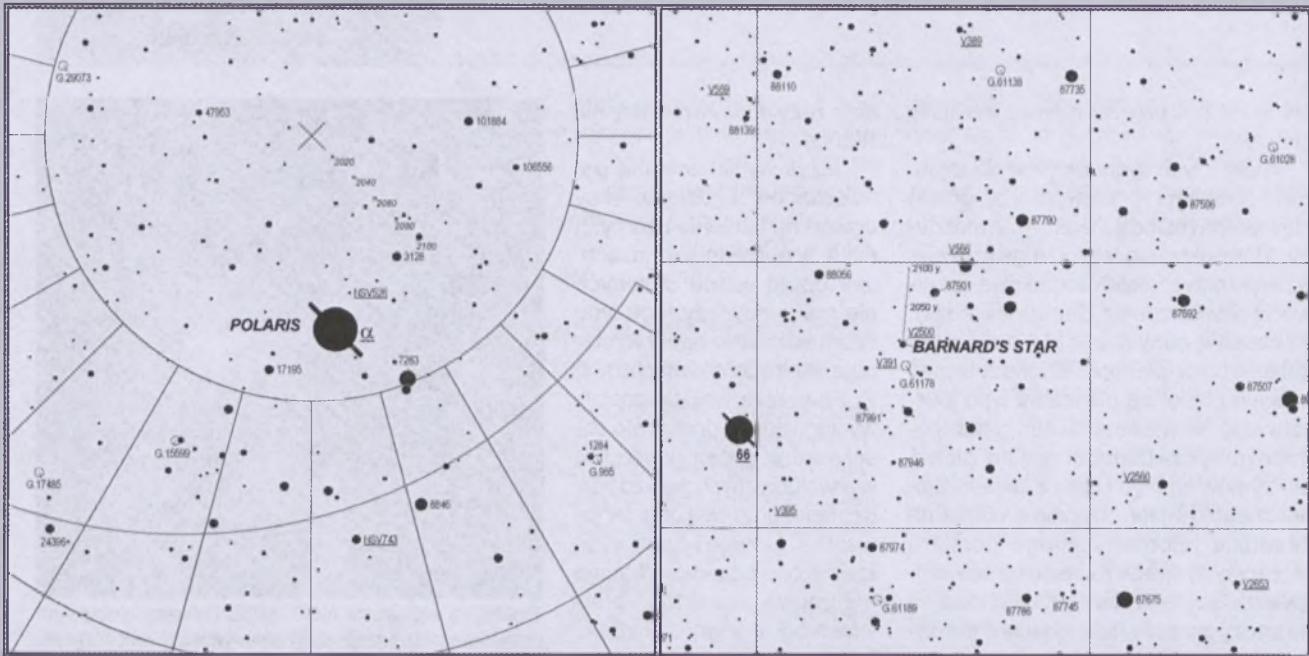
Galaktyka eliptyczna NGC 1399: kolorem niebieskim przedstawiono emisję promieniowania X nałożoną na zdjęcie optyczne. Na zdjęciu zaznaczono położenie źródła ULX. Źródło: X-ray: NASA/CXC/UAJ. Irwin; Optical: NASA/STScI

tkali już się z sytuacją, gdy gwiazda została rozerwana przez supermasywną czarną dziurę w galaktyce, jednak jest to pierwszy przypadek, gdy obserwujemy coś takiego w gromadzie kulistej” — komentuje odkrycie Jimmy Irwin z Uniwersytetu w Alabamie, który kieruje projektem badawczym nad tym tajemniczym obiektem. Irwin wraz ze współpracownikami uzyskali widma optyczne tego źródła za pomocą teleskopów Magellan I i II w Las Campanas w Chile.

W otrzymanych danych widoczna jest emisja tlenu oraz azotu, ale brak śladów wodoru, co jest bardzo nietypowe dla sygnału pochodzącego z gromady kulistej. Warunki fizyczne określone na podstawie widma sugerują, że gaz orbituje wokół czarnej dziury o masie około 1000 Słońca. Natężenie promieniowania pochodzące od atomów tlenu oraz brak emisji wodoru sugerują, że tą zniszczoną gwiazdą mógł być biały karzeł. Biały karzeł to końcowe stadium ewolucji gwiazdy podobnej do naszego Słońca, która po wypaleniu większości wodoru składa się głównie z tlenu. Obecność azotu pozostaje jednak niewyjaśniona. Przewidywania teoretyczne sugerują, że emisja promieniowania X pochodząca z tego typu źródła może być obserwowana przez ponad 100 lat, ale natężenie powinno stopniowo maleć.

Od 2000 do 2008 r. obserwowany ULX zmniejszył swoją jasność o około 35%. Ten tajemniczy obiekt znajduje się w odległości o 65 mln lat świetlnych galaktyce eliptycznej NGC 1399.

Hubert Siejkowski  
Źródło: [chandra.harvard.edu](http://chandra.harvard.edu)

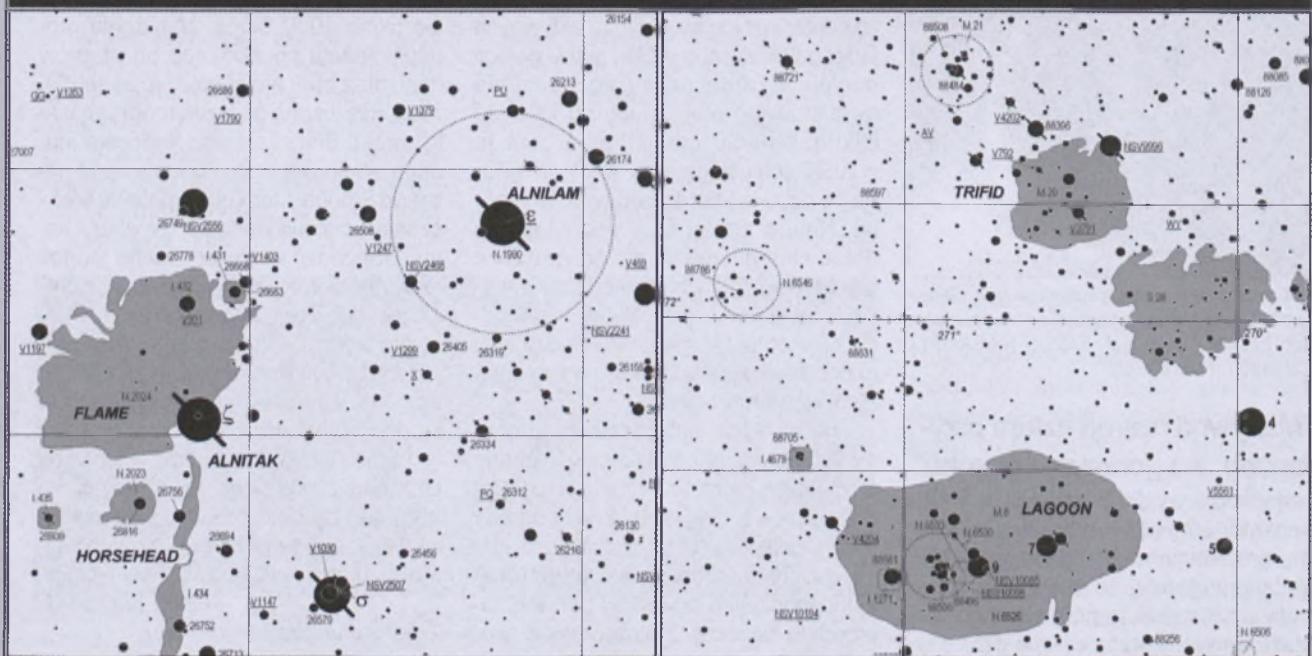


NAJWIĘKSZY DRUKOWANY ATLAS NIEBA NA ŚWIECIE  
**The Great Atlas of the Sky**

296 wyjmowanych map o rozmiarze 610x430 mm w skali 35 mm/<sup>o</sup>  
2.430.000 gwiazd – 2,5x więcej niż największe dotychczas wydane drukiem atlasy nieba  
12 <sup>mag</sup> zasięgu – obejmuje wszystkie gwiazdy widoczne przez 15 cm teleskop  
132.000 opisanych gwiazd – pełna orientacja w małych obszarach nieba  
24.500 opisanych gwiazd zmiennych – wszystkie o jasności większej od 12 mag  
70.000 galaktyk, gromad i mgławic – jedyne na świecie tak bogate mapy całego nieba

Atlas wydany jest w języku angielskim, załączone jest pełne tłumaczenie na język polski.  
Szczegóły, przykładowe mapy i sposób zamówienia dostępny w internecie.

[WWW.SKY-ATLAS.EU](http://WWW.SKY-ATLAS.EU)



## Odległe galaktyki odkrywają tajemnice ciemnej materii

Aby zważyć Wszechświat, uczeni używają dwóch rodzajów kosmicznych skali: jedną do mierzenia zwykłej materii i drugą do dedukowania, ile nie-widzialnej materii znajduje się w pozostałych obszarach.

Nowe obliczenia opierają się na obserwacjach małych i odległych grup galaktyk, które zawierają w sobie oba rodzaje materii. Co najważniejsze, te odległe gromady galaktyk mają w przybliżeniu taką samą proporcję ciemnej materii do zwykłej co skupiska galaktyk znajdujące się bliżej nas.

Ciemna materia nie oddziałuje ze światłem, więc nie możemy jej zaobserwować, ale możemy zauważać jej grawitacyjny wpływ na zwykłą materię. Astronomowie mierzą ilość ciemnej materii w galaktyce za pomocą tzw. soczewkowania grawitacyjnego. Jest to zjawisko przewidziane przez ogólną teorię względności Einsteina, które powoduje zmianę kierunku rozchodu się promieni świetlnych poruszających się w czasoprzestrzeni zakrzywionej przez obiekty o dużej masie. Tak więc grupa masywnych galaktyk będzie zakrzywiała czasoprzestrzeń wokół siebie, powodując ugięcie światła przechodzącego przez gromadę. W naszych teleskopach zaobserwujemy zniekształcony obraz źródła światła. Na podstawie zniekształcenia można określić, ile masy znajduje się w gromadzie.

Następnie astronomowie liczą ilość zwykłej materii znajdującej się w gromadzie na podstawie jej zdjęcia wykonanego w zakresie rentgenowskim. Promieniowanie X pochodzi tylko ze zwykłych gwiazd i gazu, które tworzą tę gromadę.

Porównując ze sobą dwie otrzymane wartości — całkowitą masę i masę zwykłej materii — astronomowie otrzymują relację masa-jasność. Do tej pory relacja masa-jasność została policzona dla bliskich, dużych gromad galaktyk, jednak nie było wystarczająco dobrych danych w zakresie X dla bardziej odległych, mniejszych gromad.

Astronomowie wykorzystali obserwacje z satelity XMM-Newton i Chandra, a także kosmicznego teleskopu Hubble'a. Za pomocą zdjęć o wysokiej rozdzielczości udało się zebrać brakujące dane. Odkryto, że stosunek ciemnej materii do zwykłej dla bliskich gro-

mad dominuje także w odległych i mniejszych gromadach galaktyk.

Nowe odkrycie może rzucić także trochę światła na inną tajemnicę Wszechświata — ciemną energię. Jest to tajemnicza siła, która powoduje coraz szybsze rozszerzanie się Wszechświata.

„Chcemy zrozumieć własności ciemnej energii” — mówi Alexie Leauthaud z Lawrence Berkeley National Laboratory w Berkeley. „Jednym ze sposobów jest zliczenie, ile struktur powstało z danej ilości ciemnej materii”.

Ogólnie ciemna energia działa na przekór grawitacji. Grawitacja przyciąga masy do siebie, powoduje, że gromadzą się i kondensują w mniejszej przestrzeni, natomiast ciemna energia działa odwrotnie. Ta siła wszystko rozciera, sprawiając, że wszystko oddala się od siebie nawzajem ze wzrastającą prędkością.

Kiedy zgromadzi się wystarczająco dużo masy, by stworzyć galaktykę, oznacza to, że grawitacja wygrała, przezwyciężając ciemną energię. Im więcej astronomowie będą wiedzieli na temat tworzenia struktur we Wszechświecie, tym lepiej zrozumieją, jak daleko działa ciemna energia.

Magda Siuda

Źródło: [www.space.com](http://www.space.com)

## O detekcji ciemnej materii, czyli z dużej chmury mały deszcz

W grudniu ubiegłego roku mnie i wszystkich moich znajomych zelektryzowała plotka: w prestiżowym czasopiśmie „Nature”, 18 grudnia 2009 r. ma się ukazać artykuł dowodzący istnienia ciemnej materii. Plotka dotarła też niezależnie do Torunia i już 14 grudnia w imieniu Redakcji „Uranii” zostałam poproszona o napisanie jak najszybciej odpowiedniej notki. Tekst ten piszę pod koniec stycznia, widać, że bardzo mi się nie spieszyło. Owszem, ciemna materia i ciemna energia to faktycznie dwa najbardziej frapujące zagadnienia współczesnej astronomii, ale z tym odkryciem wyszło trochę tak,

jak w starych dowcipach z Radiem Erewań (młodzi Czytelnicy niech zapytają starszych, o co chodzi, albo znajdą sobie w Internecie). Po pierwsze, nie w „Nature”, ale w bibliotece preprintów astro-ph oczywiście ukazała się praca 60 auto-

rów reprezentujących eksperyment CDMS II. No i nie całkiem odkryli, ale w stosie danych znaleźli dwie cząstki, które z prawdopodobieństwem 77 procent są długo oczekiwanymi cząstkami ciemnej materii, a z prawdopodobieństwem 23 procent nimi nie są. Po trzecie, jeżeli zmienić sposób opracowania danych (dokładnie, pewne dopuszczalne limity na zaakceptowanie detekcji), to nic nie znaleźć...

Przyznać trzeba, że sam eksperyment jest ambitny i bardzo elegancki. Kosztuje niezauważalny ułamek tego, co Wielki Zderzacz, a ma autentyczną szansę coś odkryć. Niewielki detektor, umieszczony głęboko w kopalni w północnej Minnesocie jest tak czuły, że może naprawdę zarejestrować słabo oddziałyujące cząstki. Detekcja polega na podwójnym pomiarze oddziaływanie cząstki z detektorem, co pozwala niezależnie ocenić energię oddziaływanie i zdolność cząstki do jonizacji otoczenia, a to z kolei daje szansę zidentyfikowania cząstki oddziałującej. Energia mierzy się poprzez pomiar drgań, w jaki wpada po pochłonięciu pojedynczej cząstki cały detektor — ważący 5 kg ogromny kryształ, chłodzony do temperatury 50 mK i otoczony nadprzewodnikiem odbierającym drgania. Otaczające detektory niezależnie mierzą jonizację. Umieszczenie w kopalni, a także otoczenie szeregiem liczników koincydencyjnych (tzw. system VETO) ma na celu wyeliminowanie największego problemu: niepożądanej tła, czyli zwykłych znanych cząstek promieniowania kosmicznego oraz cząstek pochodzących z rozpadów radioaktywnych w skorupie ziemskiej. Osiagnięto wiele — spodziewany poziom tła w eksperymencie był zaledwie 0,8 zdarzenia. Ale dwa zdarzenia to tylko ponad dwa razy więcej niż szum.

Pomiary prowadzone były przez 612 kilogramodni. Dłuższe prowadzenie eksperymentu i zwiększenie masy kryształu daje nadzieję, że przy tym samym czy nieznacznie większym poziomie tła liczba wykrytych cząstek będzie kilkakrotnie większa i wtedy naprawdę po raz pierwszy zobaczymy spodziewaną cząstkę ciemnej materii — WIMP (Weekly Interacting Massive Particile). Na razie musimy zadowolić się górnym ograniczeniem na przekrój czynny oddziaływanie tej hipotetycznej cząstki z materią ( $7 \times 10^{-44} \text{ cm}^2$  przy założonej masie 70 GeV/c<sup>2</sup>). I czekać.

Bożena Czemy

## Maj

### Słońce

Wznosi się po ekleptyce nadal coraz wyżej ponad równik niebieski, w związku z czym dzień jest coraz dłuższy i w ciągu miesiąca przybywa go o ponad godzinę: w Warszawie 1 maja Słońce wschodzi o 3<sup>h</sup>06<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>01<sup>m</sup>, a 31 maja wschodzi o 2<sup>h</sup>22<sup>m</sup>, zachodzi o 18<sup>h</sup>46<sup>m</sup>.

W maju Słońce wstępnie w znak Bliźniąt.

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
V 1	-24,16	-4,19	251,21
3	-23,79	-3,99	224,77
5	-23,40	-3,78	198,34
7	-22,98	-3,57	171,90
9	-22,52	-3,36	145,46
11	-22,05	-3,14	119,01
13	-21,54	-2,92	92,56
15	-21,01	-2,69	66,12
17	-20,45	-2,46	39,66
19	-19,86	-2,23	13,21
21	-19,25	-2,00	346,75
23	-18,62	-1,77	320,30
25	-17,96	-1,53	293,84
27	-17,28	-1,29	267,37
29	-16,58	-1,05	240,91
V 31	-15,85	-0,81	214,44

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

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

19<sup>d</sup>23<sup>h</sup>58<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

### Księżyc

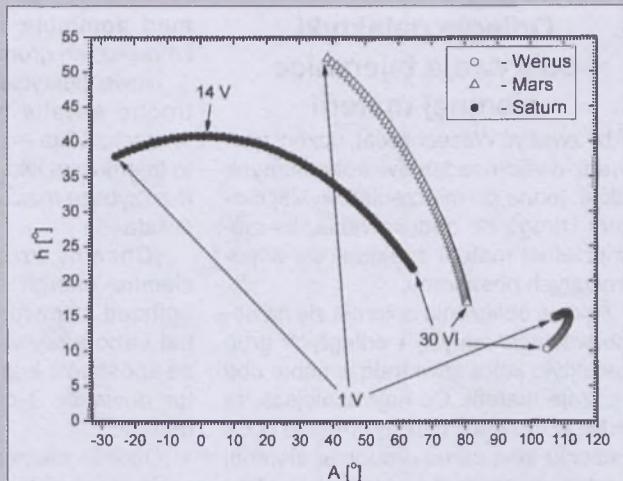
Boksieżycowe noce wystąpią w połowie maja, gdy kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra 6<sup>d</sup>04<sup>h</sup>15<sup>m</sup>, nów 14<sup>d</sup>01<sup>h</sup>04<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 20<sup>d</sup>23<sup>h</sup>43<sup>m</sup> i pełnia 27<sup>d</sup>23<sup>h</sup>07<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 6<sup>d</sup>21<sup>h</sup>54<sup>m</sup> a w perigeum 20<sup>d</sup>08<sup>h</sup>40<sup>m</sup>.

### Planety, planety karłowate i planetoidy

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

Wieczorem, nisko nad północno-zachodnim horyzontem można obserwować Wenus. Przez cały miesiąc jej wysokość nad horyzontem, mierzona w godzinę po zachodzie Słońca, będzie wynosić jedynie 15°, jednak jasność planety, wynosząca aż -4<sup>m</sup>, powinna umożliwić dostrzeżenie jej na tle zorzy wieczornej. Przez teleskop można będzie zaobserwować tarczę Wenus o średnicy 12" w fazie zmniejszającej się po pełni.

Wieczorem, wysoko na niebie, na granicy gwiazdozbiorów Raka i Lwa, widoczny jest Mars świecący z jasnością zaledwie +1<sup>m</sup>. Dostrzeżenie jakichkolwiek szczegółów na tarczy planety, o średnicy zaledwie 6", będzie raczej niemożliwe, jednak wyraźna będzie największa w 2010 r. faza, wynosząca aż 90%.



Rys. 1. Wenus, Mars i Saturn nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w maju i czerwcu 2010 r. pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

Jowisz wschodzi nad ranem niedługo przed wschodem Słońca, świecąc z jasnością -2,2<sup>m</sup>. W ciągu miesiąca wysokość planety nad południowo-wschodnim horyzontem, mierzona na początku świtu cywilnego, wzrasta jednak od zaledwie 4° do 13°, dzięki czemu pod koniec maja jej obserwacje na tle zorzy porannej powinny stać się możliwe.

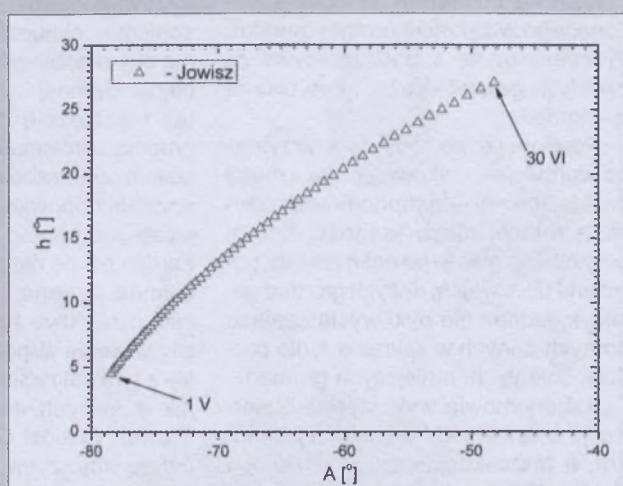
Wieczorem, wysoko na niebie w gwiazdozbiorze Panny, zobaczymy Saturna świecącego z jasnością +0,9<sup>m</sup>.

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

Planeta karłowata (134340) Pluto widoczna jest przez całą noc w gwiazdozbiorze Strzelca, jednakże jej jasność wynosi jedynie 14,2<sup>m</sup> i do jej zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 25 cm.

Planeta karłowata (1) Ceres widoczna jest w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Strzelca jako „gwiazda” o jasności rosnącej w ciągu miesiąca od 8,1<sup>m</sup> do 7,5<sup>m</sup>: 1 V: 18<sup>h</sup>19,4<sup>m</sup>, -22°39'; 11 V: 18<sup>h</sup>17,5<sup>m</sup>, -23°10'; 21 V: 18<sup>h</sup>13,0<sup>m</sup>, -23°45'; 31 V: 18<sup>h</sup>06,0<sup>m</sup>, -24°21'.

W maju w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy (jaśniejsze od 9,0<sup>m</sup>):



Rys. 2. Jowisz nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w maju i czerwcu 2010 r. na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

(2) Pallas, (jasność od 8,7<sup>m</sup> do 9,0<sup>m</sup>): 1 V: 15<sup>h</sup>37,7<sup>m</sup>, +23°53'; 11 V: 15<sup>h</sup>29,5<sup>m</sup>, +25°21'; 21 V: 15<sup>h</sup>21,1<sup>m</sup>, +26°12'; 31 V: 15<sup>h</sup>13,6<sup>m</sup>, +26°26'.

(4) Vesta, (jasność od 7,3<sup>m</sup> do 7,7<sup>m</sup>): 1 V: 9<sup>h</sup>55,3<sup>m</sup>, +21°10'; 11 V: 10<sup>h</sup>02,9<sup>m</sup>, +20°11'; 21 V: 10<sup>h</sup>12,4<sup>m</sup>, +19°01'; 31 V: 10<sup>h</sup>23,5<sup>m</sup>, +17°41'.

### Meteory

W dniach od 3 do 12 maja promieniują meteory z roju eta Lirydów (ELY), związanego z kometą C/1983 H1 (IRAS-Araki-Alcock). Maksimum aktywności roju przypada w tym roku w dniu 9 maja o godzinie 7 UT. Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt. 19,1<sup>h</sup>, dekl. +44°. Rój jest, jak dotąd, znany głównie z obserwacji fotograficznych i wymaga starannych obserwacji. W jego obserwacjach nie będzie przeszkadzać zbliżający się do nowiu Księżyca.

W dniach od 19 kwietnia do 28 maja promieniują meteory z roju eta Akwarydów (ETA), związanego z kometą Halleya, we wstępującym węźle jej orbity (obserwowany był już w VII w. w Chinach). W roju tym obserwuje się jasne, szybkie meteory, pozostawiające bardzo długie ślady. Maksimum aktywności roju przypada w tym roku w dniu 6 maja. Radian meteorów leży w gwiazdozbiorze Wodnika i ma współrzędne: rekt. 22,5<sup>h</sup>, dekl. -1°. Niestety, tegorocznym obserwacjom będzie przeszkadzać Księżyca w ostatniej kwadrze.

\*\*\*

5<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

5<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (3,2°) w kierunku Mare Australe (zaciemione).

5<sup>d</sup>23<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2008].

7<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odleg. 3°.

7<sup>d</sup>22<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Gwiazda zmienia δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

9<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odleg. 5°.

9<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odleg. 5°.

11<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.

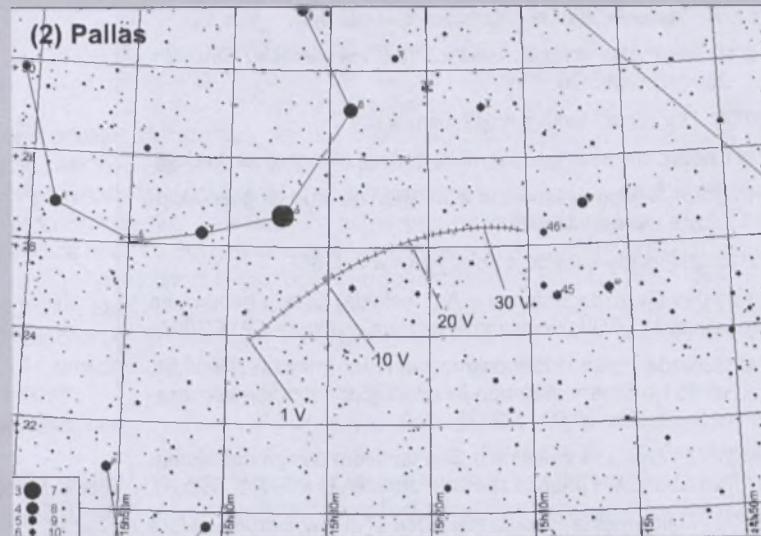
11<sup>d</sup>20<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (8,1°) w kierunku krateru Schickard (oświetlony).

12<sup>d</sup> Gwiazda zmienia długookresowa T Her (miryda) (18<sup>h</sup>09,1<sup>m</sup>, +31°01') osiąga maksimum jasności (8,0<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2006].

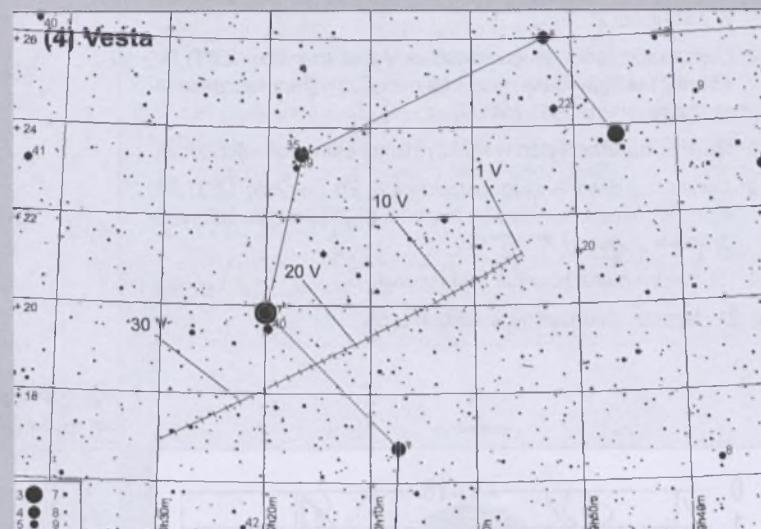
12<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odległości 7°.

13<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

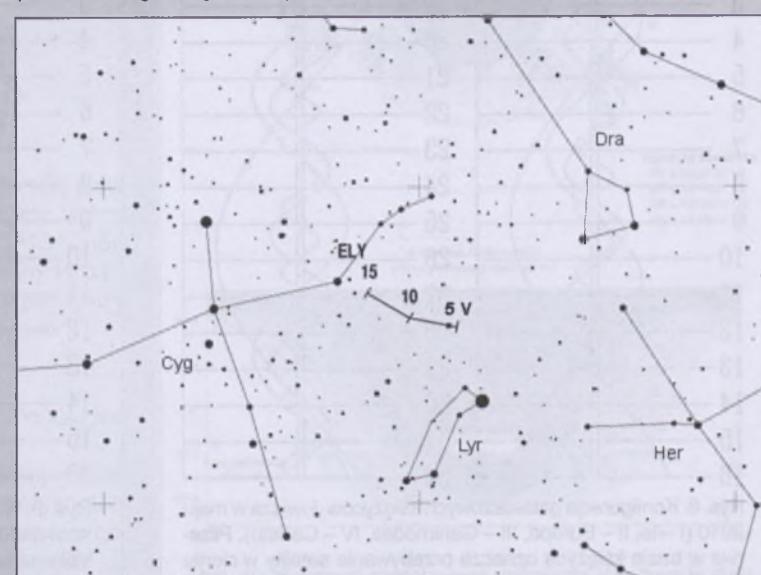
15<sup>d</sup>20<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienia η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].



Rys. 3. Trasa planetoidy (2) Pallas na tle gwiazd gwiazdozbiorów Węża, Korony Północnej i Wolarza w maju 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



Rys. 4. Trasa planetoidy (4) Vesta na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa w maju 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



Rys. 5. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego eta Lirydów (ELY) w okresie od 20 kwietnia do 25 maja

16<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 0,4°.

18<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Minimalna libracja Księżyca (2,6°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacieleniona).

20<sup>h</sup>08<sup>m</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odł. 5°.

21<sup>d</sup> Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

21<sup>h</sup>03<sup>m</sup>33<sup>s</sup> Słońce wstępuje w znak Bliźniąt, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 60°.

22<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 8°.

23<sup>h</sup>01<sup>m</sup>09<sup>s</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

24<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Vir (miryda) (12<sup>h</sup>38,5<sup>m</sup>, +6°59') osiąga maksimum jasności (6,9m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2009].

24<sup>h</sup>01<sup>m</sup>12<sup>s</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

25<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,6°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (oświetlone).

26<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości 25°07'.

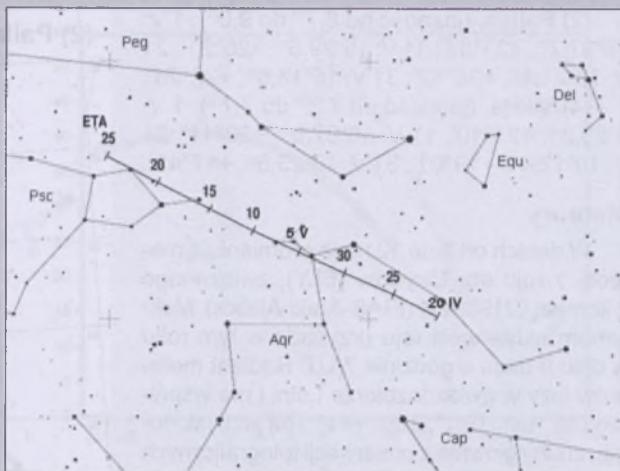
27<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (miryda) (23<sup>h</sup>11,6<sup>m</sup>, +59°42') osiąga maksimum jasności (7,9m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2009].

29<sup>d</sup> Księżyce Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

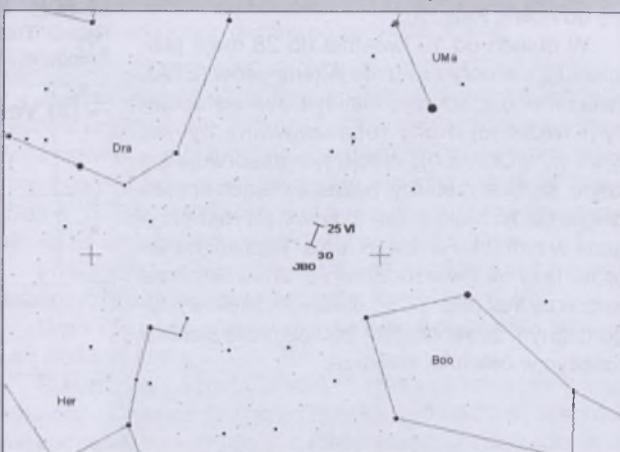
30<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Tri (miryda) (2<sup>h</sup>37,0<sup>m</sup>, +34°16') osiąga maksimum jasności (6,2m) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2008].

31<sup>h</sup>15<sup>m</sup> Saturn nieruchomy w rektascensji.

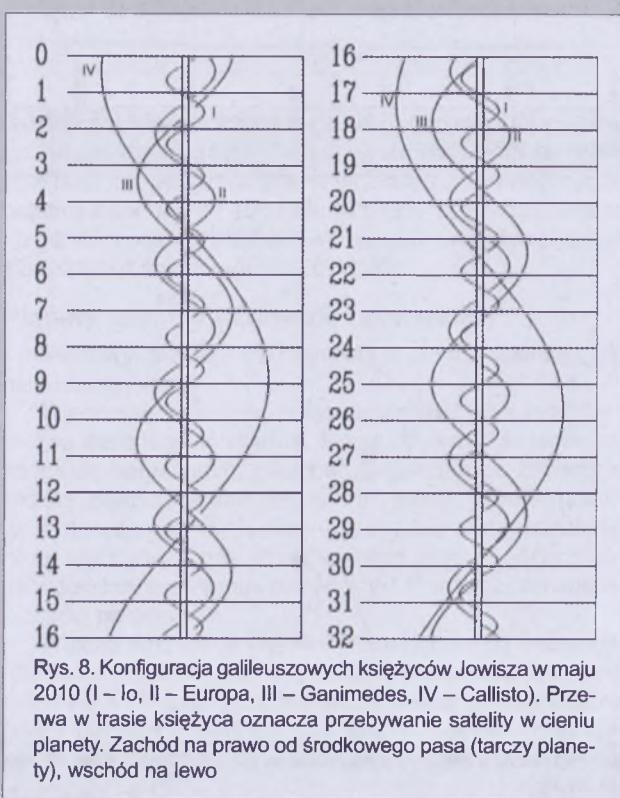
31<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Neptun nieruchomy w rektascensji.



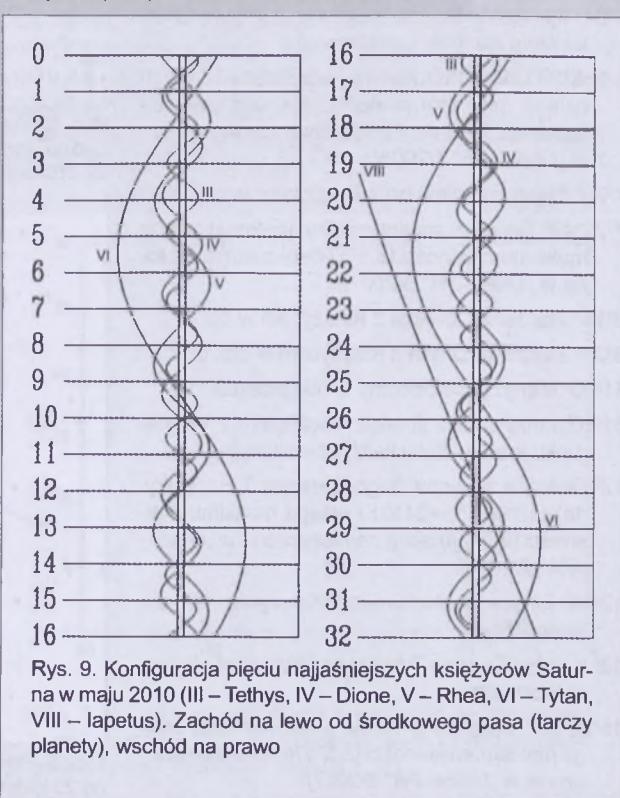
Rys. 6. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego eta Akwarydów (ETA) w okresie od 20 kwietnia do 25 maja



Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego czerwcowych Bootydów (JBO) w okresie od 25 do 30 czerwca



Rys. 8. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w maju 2010 (I – Io, II – Europa, III – Ganimedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie sputnika w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 9. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w maju 2010 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Tytan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

## Czerwiec

### Słońce

W czerwcu deklinacja Słońca wzrasta aż do dnia przesilenia letniego, 21 czerwca, kiedy osiągnie wartość maksymalną: Słońce wstępnie wtedy w zodiakalny znak Raka, rozpoczynając w ten sposób astronomiczne lato. W związku z tym w czerwcu przypada najdłuższy dzień i najkrótsza noc w roku na naszej półkuli.

W Warszawie 1 czerwca Słońce wschodzi o  $2^{\text{h}}21^{\text{m}}$ , zachodzi o  $18^{\text{h}}47^{\text{m}}$ , a 30 czerwca wschodzi o  $2^{\text{h}}18^{\text{m}}$ , zachodzi o  $19^{\text{h}}01^{\text{m}}$ . Najwcześniej Słońce wjezdzie w dniu 17 czerwca ( $2^{\text{h}}14^{\text{m}}$ ), najpóźniej zajedzie w dniu 25 czerwca ( $19^{\text{h}}02^{\text{m}}$ ).

26 czerwca wystąpi częściowe zaćmienie Księżyca, niewidoczne w Polsce.

### Dane dla obserwatorów Słońca (na $0^{\text{h}}$ czasu UT)

Data 2010	P [ $^{\circ}$ ]	B <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]	L <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]
VI 1	-15,48	-0,69	201,21
3	-14,73	-0,45	174,74
5	-13,96	-0,21	148,27
7	-13,17	0,03	121,80
9	-12,36	0,27	95,33
11	-11,54	0,51	68,86
13	-10,71	0,75	42,39
15	-9,86	0,99	15,92
17	-9,00	1,23	349,44
19	-8,13	1,47	322,97
21	-7,25	1,70	296,50
23	-6,36	1,94	270,02
25	-5,46	2,17	243,55
27	-4,57	2,40	217,07
VI 29	-3,66	2,62	190,60
VII 1	-2,76	2,85	164,13

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

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

$16^{\text{d}}04^{\text{h}}51^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

### Księżyca

Bezksiążycowe noce będącymi mieli w pierwszej połowie czerwca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $4^{\text{d}}22^{\text{h}}13^{\text{m}}$ , now 12<sup>d</sup>11<sup>h</sup>14<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 19<sup>d</sup>04<sup>h</sup>30<sup>m</sup> i pełnia 26<sup>d</sup>11<sup>h</sup>31<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się  $3^{\text{d}}16^{\text{h}}52^{\text{m}}$ , a w perigeum 15<sup>d</sup>14<sup>h</sup>55<sup>m</sup>.

### Planety, planety karłowate i planetoidy

Merkury nadal pozostaje na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Praktycznie nie zmieniają się warunki wieczornej widzialności **Wenus**, jednak wysokość planety nad horyzontem w ciągu miesiąca powoli maleje i pod koniec czerwca, w godzinę po zachodzie Słońca, znajdziemy ją na wysokości już tylko  $10^{\circ}$ . Przez teleskop dostrzeżemy wtedy tarczę planety o średnicy  $15''$  w fazie zmierającej do kwadry.

W ciągu miesiąca szybko pogarszają się warunki wieczornej widzialności **Marsa**, który pod koniec miesiąca, w godzinę po zachodzie Słońca, znajdzie się na wysokości już tylko  $17^{\circ}$  nad zachodnim horyzontem. W tym samym okresie tarcza planety, o jasności zaledwie  $+1,4^{\text{m}}$ , zmniejszy się do średnicy zaledwie  $5''$ .

W czerwcu poprawiają się warunki porannej widzialności **Jowisza**. Podczas gdy na początku miesiąca, na początku świtu cywilnego, zobaczymy go na wysokości zaledwie  $13^{\circ}$  nad południowo-wschodnim horyzontem, o tyle pod koniec czerwca wysokość ta będzie już wynosiła aż  $27^{\circ}$ . Przez teleskop możemy obserwować tarczę Jowisza o średnicy  $40''$ , zmiany w układzie chmur planety oraz zjawiska w systemie jej księżyców galileuszowych.

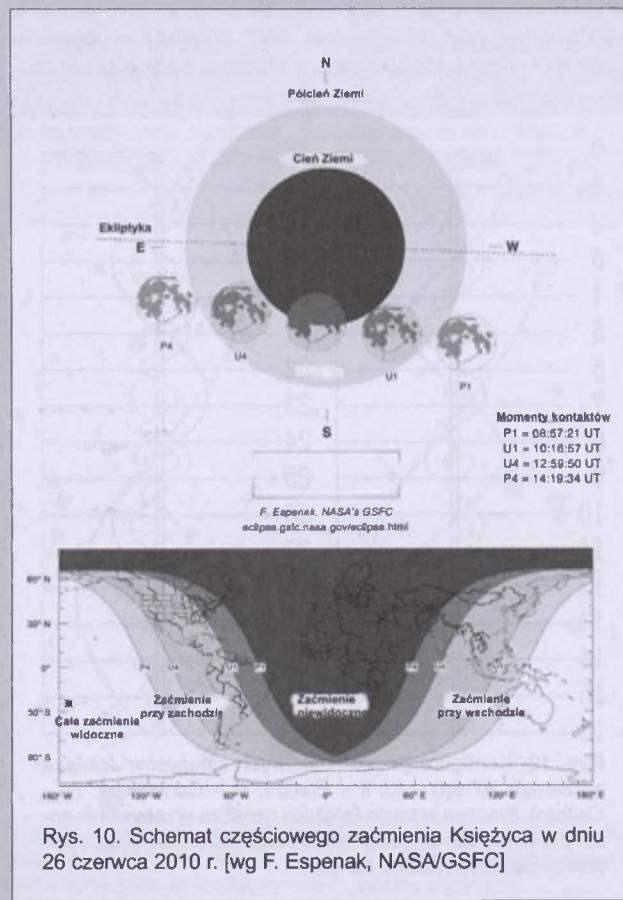
Warunki obserwacji **Saturna** w porównaniu z majem praktycznie się nie zmieniają. Planeta z dnia na dzień świeci jednak coraz niżej nad wieczornym horyzontem i pod koniec miesiąca można ją dostrzec na wysokości już tylko  $22^{\circ}$ .

Pod 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”.

W związku z „białymi nocami” kończy się praktycznie okres obserwacji planety karłowatej (134340) **Pluton**.

Planeta karłowata (1) **Ceres**, w związku z opozycją w dniu 19 czerwca, widoczna jest przez całą noc na granicy gwiazdozbiorów Strzelca i Wężownika jako „gwiazda” o jasności  $7,1^{\text{m}}$ : 10 VI:  $17^{\text{h}}57,2^{\text{m}}$ ,  $-24^{\circ}57'$ ; 20 VI:  $17^{\text{h}}47,5^{\text{m}}$ ,  $-25^{\circ}30'$ ; 30 VI:  $17^{\text{h}}37,9^{\text{m}}$ ,  $-25^{\circ}59'$ .

W czerwcu w pobliżu opozycji nie znajduje się żadna jasna planetoida (jaśniejsza od  $9,0^{\text{m}}$ ).

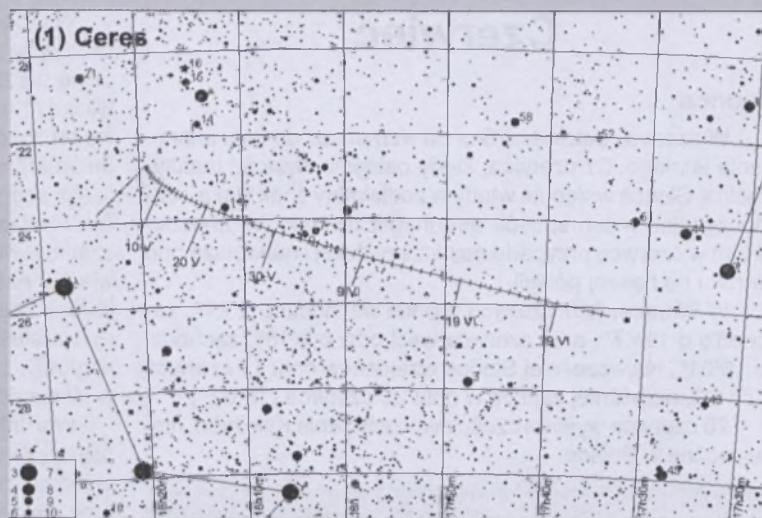


Rys. 10. Schemat częściowego zaćmienia Księżyca w dniu 26 czerwca 2010 r. [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

## Meteory

W dniach od 11 do 21 czerwca promienią meteory z mało aktywnego roju **czerwowych Lirydów (JLY)**. Maksimum aktywności roju przypada w tym roku w dniu 16 czerwca. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lutni i ma współrzędne: rekt.  $18^{\circ}5^m$ , dekl.  $+35^{\circ}$ . Istnienie roju jest, jak dotąd, hipotetyczne i wymaga obserwacyjnego potwierdzenia. W jego obserwacjach nie będzie przeszkadzał zbliżający się do pierwszej kwadry Księżyca.

W dniach od 22 czerwca do 2 lipca promienią meteory z roju **czerwowych 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 czerwowych Bootydów w 1998r. 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 przekształciła przez perihelium 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  $14^{\text{h}}30^{\text{m}}$  UT, możliwe jest również spotkanie Ziemi z częstotliwością komety, pozostawionymi podczas powrotów w 1819 r. (24 czerwca o  $3^{\text{h}}53^{\text{m}}$ ), 1825 r. (24 czerwca o  $1^{\text{h}}22^{\text{m}}$ ), 1830 r. (24 czerwca o  $0^{\text{h}}07^{\text{m}}$ ) i 1836 r. (23 czerwca o  $22^{\text{h}}40^{\text{m}}$ ). Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Wolarza i ma w tym dniu współrzędne: rekt.  $14^{\circ}56^m$ , dekl.  $+48^{\circ}$ . Niestety, w obserwacjach tych niezwykle wolnych meteorów będzie przeszkadzać Księżyca w pełni, niemniej jednak wszelkie obserwacje tego roju mogą mieć dużą wartość naukową.



Rys. 11. Trasa planety karlowatej (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w maju i czerwcu 2010 (zaznaczone gwiazdy do  $10^{\text{m}}$ )

działa Księżyca w pobliżu pełni, niemniej jednak wszelkie obserwacje tego roju mogą mieć dużą wartość naukową.

\* \* \*

$1^{\text{d}05^{\text{h}}}$  Minimalna libracja Księżyca ( $3,1^{\circ}$ ) w kierunku *Mare Australe* (zaciemnione).

$3^{\text{d}}$  Gwiazda zmienna długookresowa R Aql (miryda) ( $19^{\text{h}}06,4^{\text{m}}$ ,  $+8^{\circ}14'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,1^{\text{m}}$ ).

$3^{\text{d}16^{\text{h}}}$  Złączenie Neptuna z Księżykiem w odległości  $4^{\circ}$ .

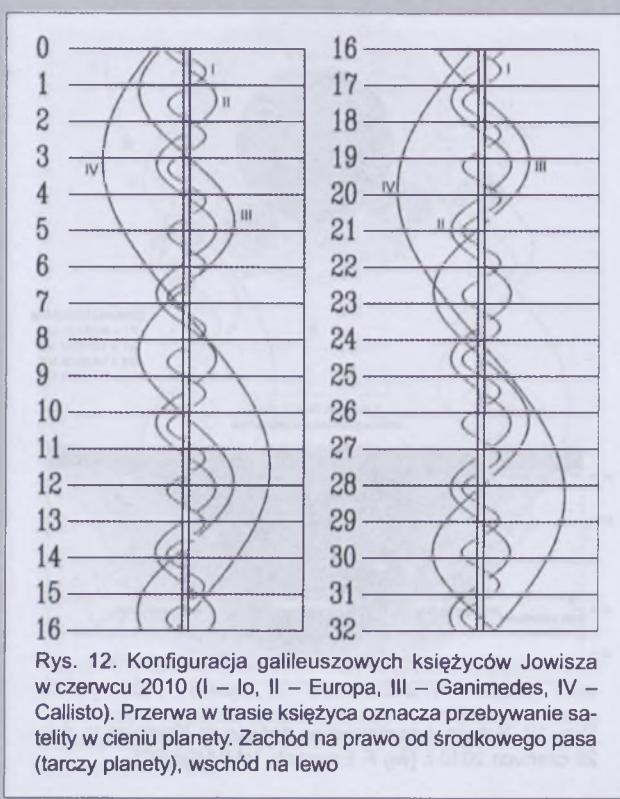
$6^{\text{d}}$  Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

$6^{\text{d}04^{\text{h}}}$  Złączenie Jowisza z Księżykiem w odległości  $6^{\circ}$ .

$6^{\text{d}05^{\text{h}}}$  Złączenie Urana z Księżykiem w odległości  $5^{\circ}$ .

$8^{\text{d}09^{\text{h}}}$  Maksymalna libracja Księżyca ( $8,5^{\circ}$ ) w kierunku krateru *Schickard* (oświetlony).

$8^{\text{d}09^{\text{h}}}$  Złączenie Jowisza z Uranem w odległości  $0,4^{\circ}$ .

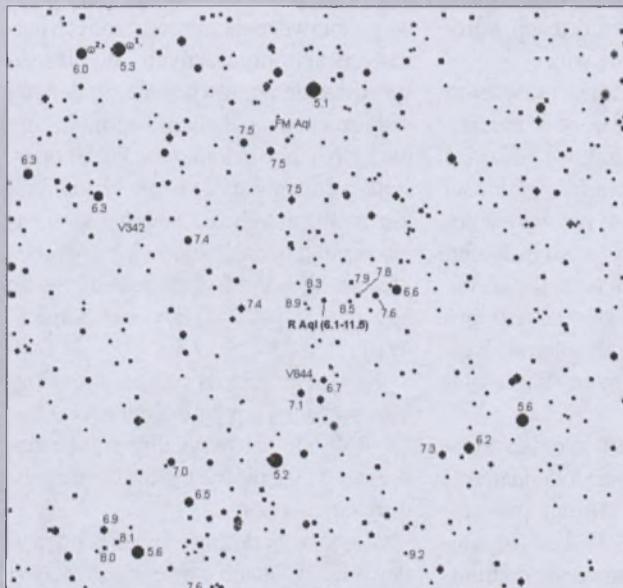


Rys. 12. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w czerwcu 2010 (I – Io, II – Europa, III – Ganymedes, IV – Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 13. Konfiguracja pięciu największych księżyców Saturna w czerwcu 2010 (III – Tethys, IV – Dione, V – Rhea, VI – Titan, VIII – Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

- 9<sup>d</sup>22<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].  
 11<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złoczenie Merkurego z Księżykiem w odległości 4°.  
 14<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 14<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (2,4°) w kierunku *Sinus Iridium* (zacienniona).  
 15<sup>d</sup>00<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2005].  
 15<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Złoczenie Wenus z Księżykiem w odległości 4°.  
 17<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Lyn (miryda) (7<sup>h</sup>01,3<sup>m</sup>, +55°20') osiąga maksimum jasności (7,9<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 2/2009].  
 17<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Złoczenie Marsa z Księżykiem w odległości 6°.  
 18<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Dra (miryda) (16<sup>h</sup>32,6<sup>m</sup>, +66°45') osiąga maksimum jasności (7,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2008].  
 19<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Złoczenie Saturna z Księżykiem w odległości 8°.  
 19<sup>d</sup>21<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].  
 21<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (8,2°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (oświetlone).  
 21<sup>d</sup>11<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Raka, jego długość ekiptyczna wynosi wtedy 90°. Początek astronomicznego lata.  
 21<sup>d</sup>22<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2008].  
 22<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 26<sup>d</sup> Częściowe zaćmienie Księżyca, widoczne w centralnej i wschodniej części Australii, na Nowej Gwinei, środkowej części Oceanu Spokojnego i na całym kontynencie Antarktydy; w południowo-wschodniej Azji, Indonezji, zachodniej Australii i zachodniej części Oceanu Spokojnego przy wschodzie Księżyca, oraz w południowo-zachodniej części Ameryki Północnej, w praktycznie całej Ameryce Południowej i we wschodniej części Pacyfiku przy zachodzie Księżyca. Przebieg zaćmienia: początek zaćmienia półcieniowego: 8<sup>h</sup>57<sup>m</sup>, początek zaćmienia częściowego: 10<sup>h</sup>17<sup>m</sup>, maksimum zaćmienia: 11<sup>h</sup>38<sup>m</sup>, koniec zaćmienia częściowego: 13<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, koniec zaćmienia półcieniowego: 14<sup>h</sup>20<sup>m</sup>. Maksymalna faza zaćmienia częściowego wyniesie 0,5368. Zaćmienie niewidoczne w Polsce.



Rys. 14. Mapa gwiazdozbioru Orła do obserwacji gwiazdy zmiennej R Aql (19<sup>h</sup>06<sup>m</sup>22,3<sup>s</sup>, +8°13'49"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 8°, północ u góry)



Częściowe zaćmienie Księżyca w noc sylwestrową o 20.29 CSE sfotografowane przez Mariusza Świętnickiego na Pogórzu (aparatem Nikon D300 z obiektywem Sigma APO 70–300 na ogniskowej 300 mm, ISO 200, eksp. 1/200 s, f 7,1)

- 27<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa W Cet (miryda) (0<sup>h</sup>02,1<sup>m</sup>, -14°41') osiąga maksimum jasności (7,6<sup>m</sup>).  
 27<sup>d</sup>22<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].  
 28<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.  
 28<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (3,2°) w kierunku *Mare Australie* (zaciennione).

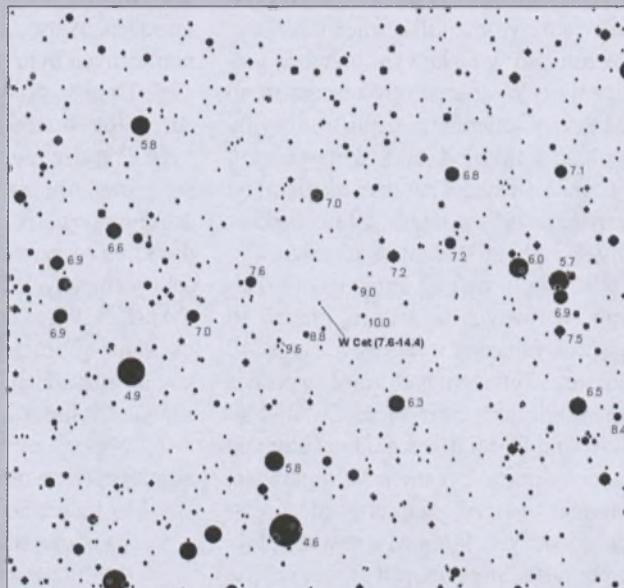
30<sup>d</sup> Księżyca Satuma Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

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

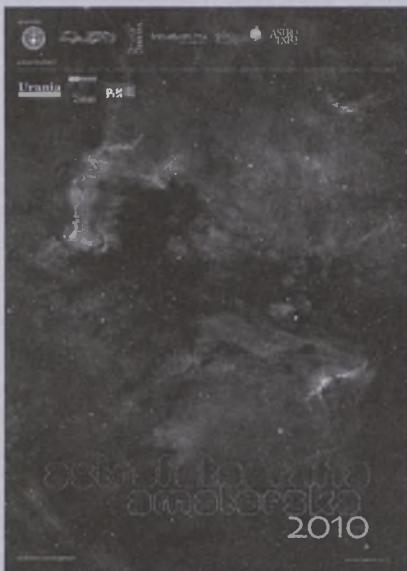
Aby uzyskać datę w obowiązującym w maju i czerwcu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny.

Momenty złączeń planet z Księżykiem podane są dla 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. Tomasz Ścieżor



Rys. 15. Mapa gwiazdozbioru Wieloryba do obserwacji gwiazdy zmiennej W Cet (0<sup>h</sup>02<sup>m</sup>07,4<sup>s</sup>, -14°40'33"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)



**K**alendarz ścienny „Astrofotografia amatorska 2010” został opracowany przez zespół redakcyjny w składzie: Michał Kałużny, Maciej Dominik, Jacek Pala, Robert Bodzoń i Paweł Maksym. Są to miłośnicy astronomii pasjonujący się fotografią astronomiczną i czynnie ją uprawiający. Przygotowując kalendarz, starali się pokazać dorobek w tej dziedzinie polskich miłośników astronomii, który wcale nie jest gorszy od zdjęć ich kolegów z innych krajów.

Kalendarz ścienny ma format A3, kolejnym miesiącom poświęcono jedną stronę. Na każdej jest jakieś „wiodące” zdjęcie zajmujące czasem więcej niż połowę strony oraz kilka zdjęć mniejszego formatu w ciekawym układzie graficznym. W dole strony umieszczono właściwy kalendarz, czyli tradycyjny rozkład dni tygodnia z zaznaczonymi fazami Księżyca i paroma zdaniami na temat zjawisk na niebie, jakich będziemy świadkami w danym miesiącu.

W sumie twórcy kalendarza pokazują, w różnych formatach, prawie 70 kolorowych zdjęć wykonanych przez 40 autorów. Tematem tych zdjęć są prawie wszystkie kategorie obiektów niebieskich: od Drogi Mlecznej i galaktyk po jasne, ciemne i planetarne mgławice, gromady gwiazd, zaśmione Słońce, planety, księżyce, komety, a nawet obłoki srebrzyste. Słownem, jest to cała galeria ukazująca różnorodność i piękno Wszechświata. Każdy z obrazów został podpisany nazwą obiektu i nazwiskiem

autora, a na wiodących obrazach dodatkowo znajduje się parozdaniowy opis obiektu. Na ostatniej stronie kalendarza zebrano w układzie miesięcznym dostępne do obserwacji miłośniczych zjawiska astronomiczne, jakich możemy być świadkami w 2010 r.

Kalendarz jest bardzo ładnie wydany. Piękne ilustracje zostały wykonane przez polskich miłośników astronomii, co może oznaczać w domyśle, że każdy dysponujący odpowiednim sprzętem może podobne fotografie uzyskać. Czyli pośrednio jest to zachęta do zakupu teleskopu wraz z godnym wyposażeniem. Różnorodność fotografii, na różnym, ale wysokim poziomie, przyciąga oko. Kalendarz jest prezentem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego dla prenumeratatorów „Uranii–Postępów Astronomii”.

Zauważone usterki.

- Na odwrocie kalendarza telefon prenumeraty „Uranii–PA” jest z 0 na początku, a tego już nie ma.

- Warto, aby litery opisujące dni tygodnia w kalendarium były nieco większe. Trudno je odczytać.

- W tym samym kalendarium są przy niektórych dniach w miesiącu pomarańczowe gwiazdki. Nie znalazłem opisu znaczenia tych gwiazdek.

- Mimo że kalendarium zjawisk na niebie jest dość ubogie i na osobnej karcie, jednak wolałbym, żeby te informacje na dany miesiąc były razem z fotografiami na stronie głównej danego miesiąca. Warto, aby informacji astronomicznych było trochę więcej.

- Dobrze, że na stronie głównej są adresy internetowe patronów medialnych. Pomoże to czytelnikowi zapoznać się z różnymi aspektami działalności astronomicznej. Dobrze byłoby też dodać kilka stron internetowych instytucji astronomicznych w kraju, takich jak np. CAMK, CBK, Obserwatoria Astronomiczne we Wrocławiu, Poznaniu i Krakowie, gdzie dalej już mamy wiele interesujących linków.

- Większe uwagi do zjawisk astronomicznych na odwrocie kalendarza:

- 19 kwietnia, 26 sierpnia: nie opisano znaczenia LD. Podane wtedy zbliżenia odnoszą się do minimalnej możliwej odległości, a nie orbity nominalnej. Tak byłoby lepiej. Przy odległości minimalnej

należałoby podać parametr rozrzutu błędów obliczenia orbity, np. 1 sigma, 2 sigma itp. Może warto podać źródła informacji zawartych w kalendarium, np. NASA itp. Ale pomysł jest dobry!

- Momenty faz Księżyca: 23 stycznia 12:00 I kwadra, powinno być 11:53 (+/-0:01). Inne momenty w granicach błędu.
- 21 września — opozycja planetoidy 6 Heba, powinno być 6 Hebe.
- 20 czerwca — kometa 10P/Tempel osiąga maksymalną jasność 8,1 mag., powinno być ok. połowy lipca.
- 8/9 października — NGC 869 i NGC 884 mają współrzędne: rektascensja ok. 2 godz. 20 min, deklinacja ok. +57 stopni, a kometa 103P, odpowiednio 20 godz. 2 min, +7 stopni, czyli nie są blisko siebie!

— Zamieszczony w kalendarzu opis zjawisk astronomicznych może być przydatny dla obserwatora i ciekawy dla Czytelnika, ale powinien być merytorycznie poprawny.

- Strona podana przez Autorów: [www.astrokalendarz.pl](http://www.astrokalendarz.pl) jest niedostępna.

Podsumowując, należy podkreślić walory estetyczne i artystyczne kalendarza, jego dużą wartość dydaktyczną i merytoryczną. Jednak dobrze by było, aby przed drukiem dokonać szczegółowego sprawdzenia zamieszczonych tam danych astronomicznych. Wybiórce sprawdzenie poprawności tych danych wskazuje, że dokładnego sprawdzenia nie było. Choć członkowie PTA korzystają z innych sprawdzonych danych astronomicznych niż podawane w kalendarzu, to jednak znaczek PTA zobowiązuje do merytorycznego zaufania do podanych w nim faktów astronomicznych.

Kalendarz jest na pewno potrzebny jako prezent dla prenumeratatorów „Uranii–PA”, ale też przydałby się dla nauczycieli i uczniów oraz dla zainteresowanych astronomią.

Warto więc kontynuować jego wydawanie w latach następnych. Koszt wydania kalendarza zwróci się stukrotne, promując astronomię.

Ireneusz Włodarczyk

## Z Chopinem na orbicie

**O** tym, że muzyka klasyczna może pięknie współbrzmieć z obrazami Kosmosu, przekonywał nas Stanley Kubrick w pamiętnym filmie „Odyseja kosmiczna 2001” czy niejeden seans w planetarium ilustrowany dźwiękami Vivaldiego, Dworzaka, albo Beethovena. Jako że po Międzynarodowym Roku Astronomii nastąpił nam Rok Chopina (dwusetna rocznica urodzin słynnego kompozytora!), dowódca załogi promu kosmicznego Endeavour w tegorocznej misji STS-130 postanowił posłuchać w Kosmosie kompozycji naszego wielkiego rodaka. Pułkownik George David Zamka nie ukrywa swoich polskich korzeni, wręcz jest z nich dumny. W czasie wcześniejszej misji w 2007 r. umieścił na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej emblemat 7 Eskadry Myśliwskiej im. Tadeusza Kościuszki, w której od 1919 r. podczas wojny polsko-bolszewickiej walczyli amerykańscy piloci. Tym razem na orbicie znalazła się kopia rękopisu Preludium A-dur op. 28 nr 7 Chopina oraz płyta z jego muzyką nagraną przez pianistę Karola Radziwonowicza i orkiestrę Sinfonia Viva, złożoną ze studentów i absolwentów Akademii Muzycznej im. Chopina w Warszawie. Po powrocie na Ziemię kopia rękopisu i płyta zostaną przekazane Ministrowi Kultury i Dziedzictwa Narodowego podczas zaplanowanej na maj br. wizyty

astronautów w Polsce. W czasie gdy piszę te słowa, misja STS-130 jest w toku, a ja słucham Preludium A-dur op. 28 nr 7 z wyciągniętej z szafy analogowej płyty zawierającej to i wiele innych preludiów Chopina w wykonaniu Bernarda Ringeissena. Kupiłem ją w czasach studiów astronomicznych w Toruniu, ale



Dowódca załogi STS-130 George D. Zamka. Fot. NASA

uczciwie przyznaję, iż ta muzyka jakoś nigdy nie kojarzyła się mi z obrazami nieba. Wręcz przeciwnie, lubiłem jej słuchać w pochmurne, jesienne dni, kiedy to myślą nie uciekały między gwiazdy, no i oczywiście preferowałem drugą stronę płyty zaczynającą się od „preludium deszczowego”.

George Zamka tłumaczył przed odlotem, że zabiera ze sobą płytę z muzyką Chopina, ponieważ słuchając tych utworów, najpiękniej odbiera się romantyczne piękno i majestat Kosmosu. Załoga STS-130 zawiozła na stację kosmiczną m.in. specjalną kopułę z 6 oknami, przez które będzie można obserwować Ziemię oraz inne obiekty kosmiczne. Może to właśnie pod nią rozlegną się dźwięki nokturnów?

Chyba w ramach gimnastyki szarych komórek (tych, co jeszcze sięostały, wszak one tylko obumierają, a nowych brak) spróbuję sklecić jakiś wideoklip z astronomicznymi obrazami i muzyką Chopina w tle. Już czuję, że nie będzie lekko. A może powiniem poczekać na właściwe wykonanie? Wszak Tomasz Radziwonowicz (założyciel i dyrygent orkiestry Sinfonia Viva) dokonał aranżacji wielu fortepianowych utworów Chopina na kwintet smyczkowy, a wszystkie utwory na fortepian i orkiestrę przearanżował na fortepian i kwintet smyczkowy. To musi przecież inaczej brzmieć!

A na razie sprawdę, co już zrobili inni. W serwisie *Youtube* jest tego wcale niemało.

Jacek Drążkowski

\* Nokturny, jako bardzo spokojne instrumentalne formy muzyczne inspirowane poetyckim nastrojem ciemnej nocy, szczególnie predestynowane są do kontemplacji gwieździstego nieba.

### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

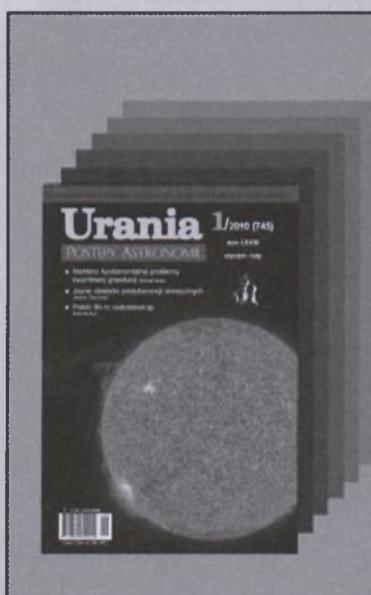
Prenumerata na rok 2010 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

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:

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

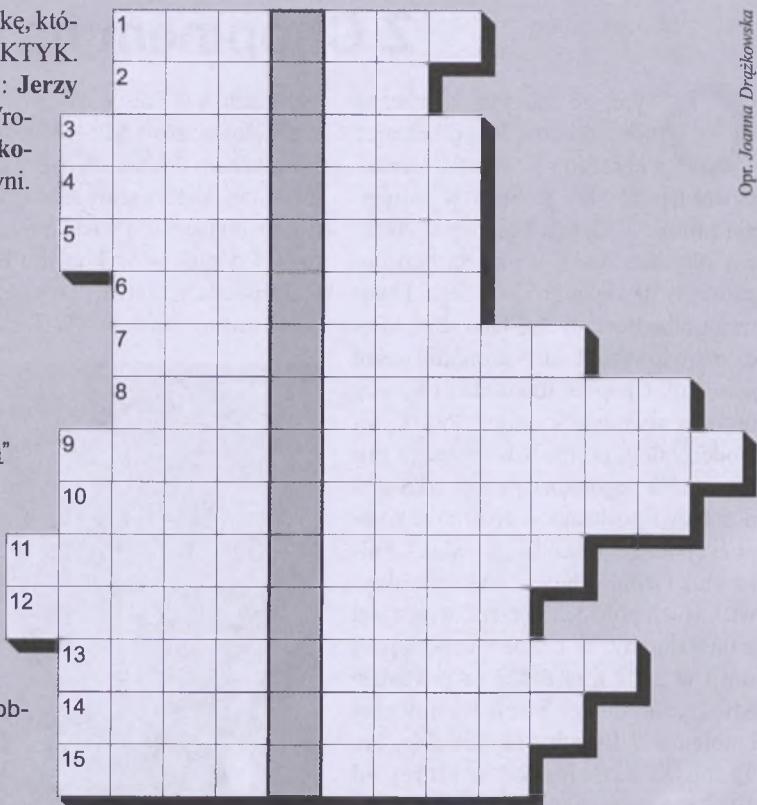
E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08



W „Uranii-PA” nr 6/2009 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło GROMADA GALAKTYK. Kubki od firmy ASTROZAKUPY.PL otrzymali: **Jerzy Burghardt** z Chorzowa, **Agnieszka Dudek** z Wrocławia, **Henryk Habryka** z Lędzin, **Jan Pietrukowicz** z Gorzowa Wlkp. i **Krystyna Wirkus** z Gdyni.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązania nowej krzyżówki:

1. Prezes stowarzyszenia *Astronomia Nova*
2. Jego imię nosi znany teleskop kosmiczny
3. Np. gamma
4. Tworzy horoskopy
5. Związek atomów
6. Autor podręcznika „*Astronomia z astrofizyką*”
7. Kieruje przeglądem ASAS
8. Kształt czaszy radioteleskopu
9. Rodzaj promieniowania elektromagnetycznego
10. Obszar dominacji pola magnetycznego
11. Planeta spoza Układu Słonecznego
12. Np. promieni świetlnych w pobliżu gwiazdy
13. Obserwatorium, w którym prowadzone są obserwacje OGLE
14. Molekuły zawierające węgiel
15. Sklepienie niebieskie



Opr. Joanna Drażkowska

Na rozwiązania czekamy do końca kwietnia 2010 r. 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 rozwiązania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 6/2009: 1. Merkurego, 2. Kwadrantydy, 3. Elongacja, 4. MUA, 5. Commentariolus, 6. Rudź, 7. Brazylia, 8. Gwiazda, 9. Shapiro, 10. Halo, 11. Kwazary, 12. Pocisk, 13. Horyzont, 14. ICYA, 15. Ewekcia.

### Ciekawe strony internetowe...

W „American Journal of Physics” (DOI: 10.1119/1.3258282) z lutego br. ukazał się ciekawy artykuł Thomasa Müllera i Daniela Weiskopfa na temat zniekształcenia obrazu nieba w pobliżu czarnej dziury Schwarzschilda. Artykuł jest niestety dostępny jedynie dla prenumeratatorów czasopisma, natomiast pod adresem <http://www.vis.uni-stuttgart.de/~muelleta/IntBH/> można znaleźć wyniki symulacji zniekształcenia obrazu nieba stworzonego z wykorzystaniem katalogu satelity Hipparcos (około 118 tys. gwiazd). Do dyspozycji mamy krótkie filmy przedstawiające m.in. widok nieba dla obserwatora spadającego swobodnie na czarną dziurę czy poruszającego się wokół niej w stałej odległości. W procesie symulacji wzięto pod uwagę szereg czynników. Oprócz odchylenia promieni świetlnych w polu grawitacyjnym i soczewkowania grawitacyjnego uwzględniono również zmiany jasności i koloru gwiazd związane z grawitacyjnym

przesunięciem światła ku czerwieni, jak i z efektem Dopplera wynikającym z ruchu obserwatora względem gwiazd. Wzięto nawet pod uwagę dyfrakcję światła na otworze wejściowym żrenicy obserwatora. Niezależnie mamy dostęp do programu pozwalającego na wizualizację wspomnianych efektów — są to wersje pracujące pod Windows i pod Linuxem, zależne jednak mocno od właściwości karty graficznej. Program był testowany jedynie z kartami NVidia GeForce 8600 GT i ATI Radeon HD 3800 i może się okazać, że pozostaną nam do podziwiania tylko gotowe animacje.

(rs)





Powyżej:  
wschód Księżyca  
29 stycznia w fazie  
13 godzin przed  
pełnią, podczas  
której Srebrny Glob  
znajdował się  
w perygeum.  
(Sigma 500 mm)

Fot. Marek Nikodem,  
Niedźwiady

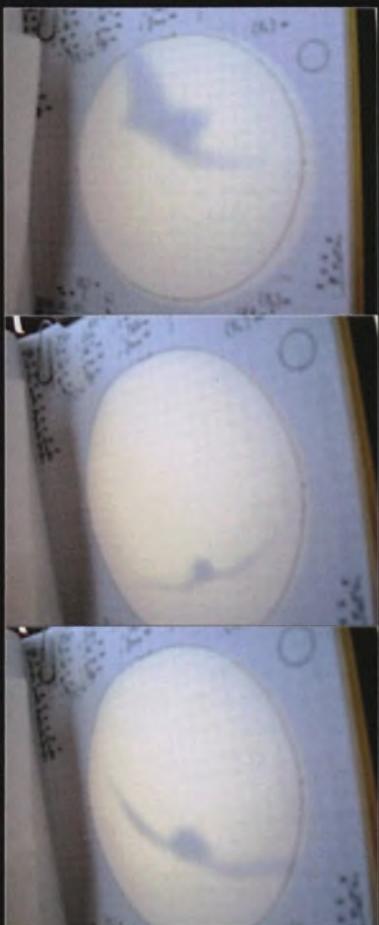
Po lewej:  
zdjęcie halo 22°  
wokół Księżyca  
wykonane  
27 grudnia 2009 r.  
o godz. 16:23 UT  
w Kleczy

pod Wadowicami  
(Canon EOS 500D).

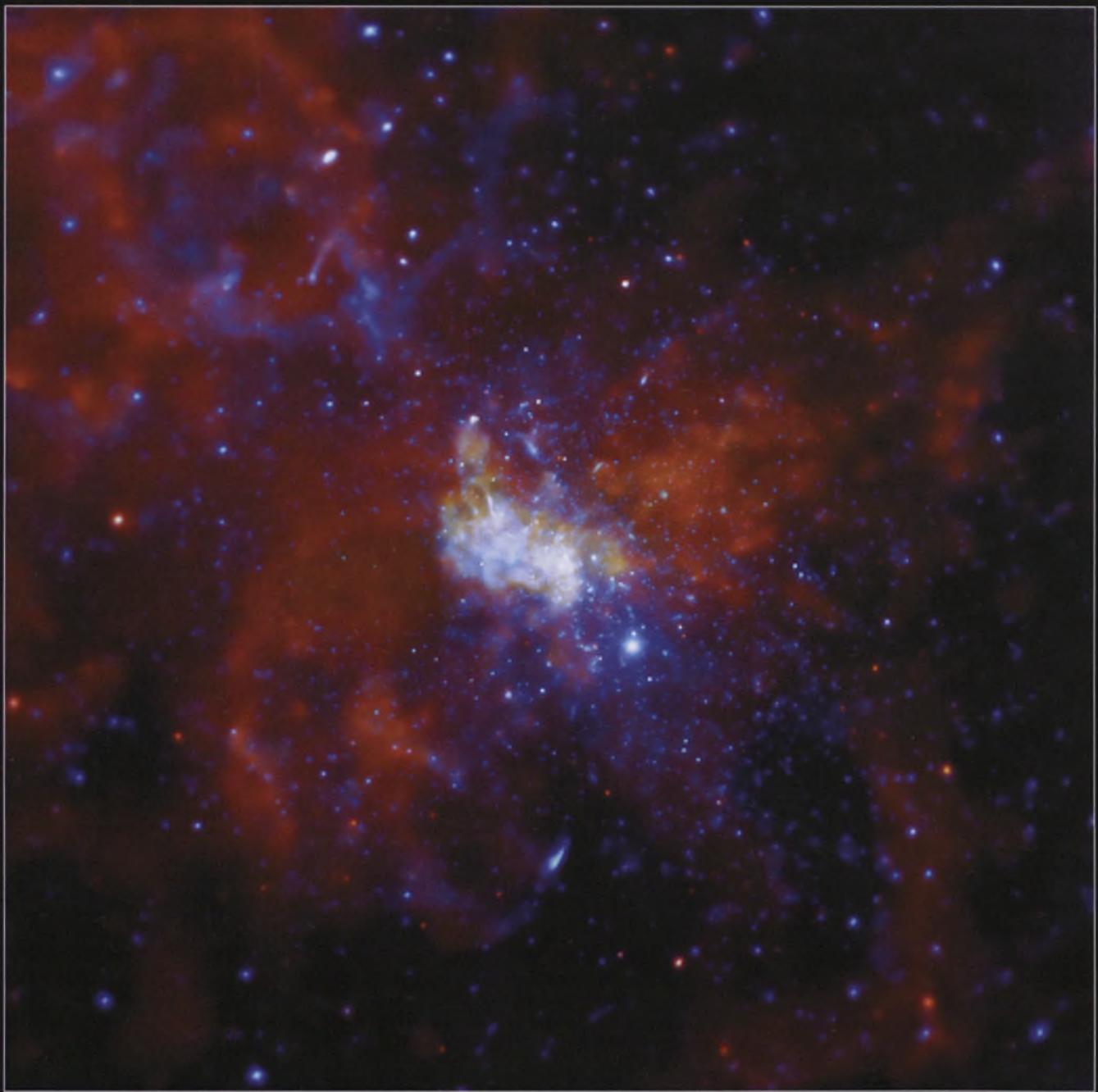
Fot. Tomasz Ścieżor,  
Kraków

Po prawej:  
ptaki na tle Słońca  
5 lutego 2010 r.  
Zdjęcia są kadrami  
z filmu zrobionego  
za pomocą aparatu  
cyfrowego Nikon  
Coolpix L18.

Fot. Krystyna Wirkus,  
Gdynia



# Supermasywna czarna dziura Sag A\* i jej otoczenie



Widoczny obok obraz Sgr A\* i jego otoczenia to efekt serii obserwacji i zbierania danych z okresu około 2 tygodni. Tak długie obserwacje pozwoliły astronomom zjrzeć jeszcze głębiej i przyjrzeć się nieco bliżej jednej z pozostałości po supernowych (strukturze znanej jako Sgr A\* Wschód) oraz rozciągającym się na 12 lat św. w obu kierunkach od czarnej dziury płatom gorącego gazu. Dowodzą one potężnych erupcji, jakie miały tam miejsce już kilkakrotnie w ciągu ostatnich 10 tys. lat.

Obraz pokazuje także kilka tajemniczych kolumn widocznych w promieniowaniu rentgenowskim, które mogą być potężnymi strukturami pola magnetycznego, oddziałującego ze strumieniami energetycznych elektronów wyrzucanych z szybko rotujących gwiazd neutronowych. Takie struktury znane są jako mgławice pulsarowe.

Źródło: NASA/CXC/MIT/F. Baganoff, R. Shcherbakov et al.

Z tym zeszytem płyta DVD *HUBBLE – 15 lat odkryć!*

# Urania

3/2010 (747)

## POSTĘPY ASTRONOMII

- Astronomia odkrywa tajemnice Wszechświata

Ryszard Wielebniński

- Kopernik w labiryncie świata

Lidia Smentek

- Grawitacyjne soczewkowanie fal grawitacyjnych

Janusz Osarczuk

- RT90 – programy badawcze

M. Urbanik, K. Chyży, M. Jamrozy, P. Wilkinson

tom LXXXI

maj–czerwiec



eesa



HUBBLE  
15 YEARS OF DISCOVERY  
PRESENTED BY BOB INGERSOLL

DVD  
PAL

płyta z polskimi napisami

ISSN 1689-6009



Cena 10,90 zł (0% VAT)

63

# **XXXVI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne im. prof. Roberta Gębockiego Grudziądz, 25–27 marca 2010 r.**



Kurator województwa kujawsko-pomorskiego p. Iwona Waszkiewicz oraz przewodniczący jury dr H. Brancewicz. W tle teleskopy-nagrody



Prof. Andrzej Woszczyk przekazuje symboliczny dzwoneczek przewodniczącego



Organizatorzy konkursu Sebastian Soberski i Małgorzata Śrubka-Kubiak wręczają nagrody zwycięzcy Mirosławowi Kołodziejowi



Przemawia przewodniczący jury dr Henryk Brancewicz. Fot. Gerard Szukay. Więcej zdjęć na [www.grudziadz.planetarium.pl](http://www.grudziadz.planetarium.pl)

## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Oddajemy w Wasze ręce zeszyt zawierający kilka ciekawych, naszym zdaniem, artykułów i omówienie szeregu najnowszych odkryć astronomicznych. Zeszyt ten otwiera syntetyczne spojrzenie na odkrywanie Wszechświata przez astronomów pióra wybitnego astrofizyka-radioastronoma Ryszarda Wielebińskiego z Niemiec. Uczony ten, choć urodzony w Polsce, nigdy nie chodził do polskiej szkoły, a pięknie mówi i pisze po polsku. Wykształcenie zdobywał w Australii, doktorat robił w Cambridge w Anglii, współpracując ze znanim astronomem Martinem Rylem, a profesorem został w Instytucie Maxa Plancka w Bonn, gdzie od wielu lat jest dyrektorem tamtejszego słynnego obserwatorium radioastronomicznego ze 100-m radioteleskopem. Jest odkrywcą m. in. galaktycznego pola magnetycznego. Od wielu lat współpracuje z polskimi radioastronomami z Krakowa i Torunia. Uniwersytet Mikołaja Kopernika nadał Mu tytuł doktora honorowego już prawie 20 lat temu. Tu zamieszczony artykuł powstał na bazie Jego prezentacji na Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Krakowie we wrześniu 2009 r.



Od pewnego czasu jest dużo medialnego szumu na temat odkrycia grobu i szczątków Mikołaja Kopernika. Uczeni z Akademii w Pułtusku podają nam do wierzenia swoje odkrycia w mediach, a jak dochodzi do próby naukowej dyskusji z nimi, tak jak było na konferencji w lutym tego roku w PAU w Krakowie, to unikają uczestnictwa i ich argumenty miękną. O tych problemach pisze Pani Profesor Lidia Smentek, fizyk, specjalista mechaniki i chemii kwantowej z Uniwersytetów Vanderbilta w Nashville w USA i UMK w Toruniu, silnie zainteresowana historią nauki. Gorąco polecam Państwu ten artykuł i jego ciekawą konkluzję.

Soczewkowanie grawitacyjne to jeden z wiodących tematów astronomii ostatnich dziesięcioleci. Zwykle chodzi o soczewkowanie grawitacyjne fal elektromagnetycznych. W tym zeszycie Janusz Osarczyk zastanawia się nad problemem soczewkowania grawitacyjnego fal grawitacyjnych. Myślę, że ten artykuł zainteresuje wszystkich dociekliwych Czytelników.

W kolejnym artykule przedstawiamy kolejne argumenty naukowe wspierające budowę w Polsce 90-m radioteleskopu. Wypowiadają się astrofizycy krakowscy i radioastronom z Manchesteru i Jodrell Bank, od lat współpracujący z Toruniem. Mowa jest o badaniu struktury naszej Galaktyki, o badaniu widm innych galaktyk, o wyznaczaniu wieku radiogalaktyk, o pozytkach, jakie by były z radiowego przeglądu nieba na fali o długości 2 cm i innych możliwych odkryciach, jakich taki teleskop mógłby dokonać.

Wśród najnowszych odkryć, w Rozmaitościach, przytaczamy m. in. pierwsze poważniejsze rezultaty uzyskane z interferometru LOFAR, doniesienia o kształtowaniu galaktyk przez wiatry supernowych, piszemy o pierwszym widmie egzoplanety, o tym, co kontroluje dietę masywnych gwiazd oraz podajemy przepis, jak „zbudować” Wszechświat.

W Astronomii w szkole piszemy o ciekawym pokazie dla dzieci i młodzieży przybliżającym zjawiska ruchu Ziemi i planet pt. „Kopernik w krótkiej koszulce”.

W In Memoriam wspomnieniem żegnamy naszego toruńskiego kolegę, Profesora mechaniki nieba, Stanisława Gąskę.

W Recenzjach prezentujemy świeżo wydaną książkę prof. Józefa Smaka pt. „Opowiadania starego astronoma”, bardzo ją polecając naszym P.T. Czytelnikom.

W Ciekawych stronach internetowych zachęcamy do zainteresowania się portalem [www.copernicus.torun.pl](http://www.copernicus.torun.pl)

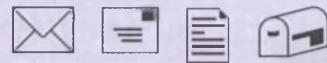
Nie zabrakło szczególnego kalendarza zjawisk astronomicznych opracowanego od lat dla „Uranii” przez Tomasza Ścieżora z Krakowa, felietonu muzycznego i krzyżówki. A dla wszystkich, którzy prenumerują lub zechcą nabycić „Uranię”, mamy prezent: załączamy wydaną przez NASA płytę dvd pt. „Hubble – 15 lat odkryć” z podpisami w języku polskim.

Życzę Państwu przyjemnej i pouczającej lektury oraz pogodnego nieba dla własnego odkrywania nowych gwiazd i zjawisk.

Klaniam się Państwu nisko,



Toruń, w kwietniu 2010 roku



Szanowni Państwo,

Na początek pragnę gorąco podziękować za kalendarz, który otrzymałem od Państwa razem z jednym numerów tegorocznych. Był on jedną z najsympatyczniejszych niespodzianek, jaka mnie spotkała w tym roku.

Pragnę również gorąco podziękować za artykuły dotyczące ograniczenia programu fizyki w szkołach średnich — informacje zawarte w tych tekstach dla mnie, jako rodzica, są naprawdę cenne.

Ponieważ jednak z pewnymi postawami występującymi w środowiskach nauczycielskich trudno mi się pogodzić, parę uwag na ten temat zamieściłem w tym tekście:

<http://djkupras.blogspot.com/2010/03/globe-at-night-w-tczewie-i-troche.html>

Przyznaję, być może trochę zbyt ostro sformułowanych —

może stań się jednak jakimś przyczynkiem do dyskusji dotyczącej fizyki w polskiej szkole.

Pozdrawiam serdecznie  
Jacek Kupras

\*\*\*

Dzień dobry,

Nazywam się Krzysztof Chojnicki i jestem prenumeratorem „Uranii”.

Prawdopodobnie w numerze 2 z 2010 r. jest błąd. Na okładce znajduje się mgławica Kocie Oko, która w Waszym opisie na stronie 51 znajduje się w gwiazdozbiorze Wąż. Moim skromnym zdaniem mgławica ta znajduje się w gwiazdozbiorze Smok. Jeżeli się myle, to przepraszam. A jeżeli mam rację, to proszę o potwierdzenie.

Z poważaniem

Krzysztof Chojnicki

***tu jest miejsce***

***na Twoją***

***REKLAMĘ***

Kontakt: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl), tel. (56) 61130 14

***Zapraszamy na nasze łamy!***

**Red.:** Nie tylko Państkim „skromnym zdaniem”, ale faktycznie mgławica Kocie Oko znajduje się w gwiazdozbiorze Smoka, a nie w gwiazdozbiorze Węża, jak można było przeczytać w naszym opisie. Jako że numer był marcowo-kwietniowy, to ten drobny żart

primaaprilisowy wcale zamierzony nie był, a Panu Krzysztofowi, który pierwszy na to zwrócił uwagę, w nagrodę przesyłamy książkę prof. Józefa Smaka „Opowiadania Starego Astronoma” (o książce piszemy na s. 142).

W jednym z następnych zeszytów



pyta DVD „Eyes On The Skies”

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstało z połączenia się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotyczącego się od 1922 r. i „Postępów Astronomicznych” (ISSN 0032-5414) — 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 MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelny:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespół Redakcyjny:**

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michalec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK 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) 611 30 08

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

**Adres WWW:**

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

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

Karolina Zawada, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astro.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2010 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
ul. Bartycza 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: pta@camk.edu.pl  
WWW: [www.pta.edu.pl](http://www.pta.edu.pl)  
Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

Numer zamknięto w kwietniu roku 2010

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

## W NUMERZE

### 100 *Astronomia odkrywa tajemnice Wszechświata*

Ryszard Wieleński

Astronomów najpierw interesował pomiar kierunków do ciał niebieskich. Galileo pokazał nam, jak wielki znaczenie w odkrywaniu Wszechświata mają nowe metody i instrumenty. W końcu XIX w. poznaliśmy naturę promieniowania i zaczęliśmy stawać pytania: „dlaczego” i „jak”. Dlaczego świecą gwiazdy i Słońce? Jak zbudowana jest nasza Droga Mleczna? Poźniej, w drugiej połowie XX w., odkryliśmy inne okna promieniowania i nastąpiła niewyobrażalna wcześniej lawina odkryć astronomicznych. I trwa do dzisiaj.

### 107 *Kopernik w labiryncie świata*

Lidia Smentek

Od pewnego czasu jest dużo medialnego szumu na temat odkrycia grobu i szczątków Mikołaja Kopernika. Ucznieli z Akademii w Pultusk u podają nam do wierzenia swoje odkrycia w mediach, a jak dochodzi do próby naukowej dyskusji z nimi, to unikają uczestnictwa i ich argumenty miękną. O tych problemach pisze Pani Profesor Lidia Smentek, fizyk, specjalista mechaniki i chemii kwantowej z Uniwersytetu Vanderbilta w Nashville w USA i UMK w Toruniu, silnie zainteresowana historią nauki. Gorąco polecam Państwu ten artykuł i jego ciekawą konkluzję.

### 112 *Soczewkowanie grawitacyjne fal grawitacyjnych*

Janusz Osarczuk

Soczewkowanie grawitacyjne to jeden z wiodących tematów astronomii ostatnich dziesięcioleci. Zwykle chodzi o soczewkowanie grawitacyjne fal elektromagnetycznych. W tym zeszycie Autor zastanawia się nad problemem soczewkowania grawitacyjnego fal grawitacyjnych. Mogą one grać dwójną rolę w zjawisku soczewkowania grawitacyjnego: być zakrzywiane przez masywne obiekty, ale też pełnić funkcję soczewki. Myślę, że ten artykuł zainteresuje wszystkich dociekliwych Czytelników.

### 122 *RT-90 — programy badawcze*

M. Urbanik, K. Chyży, M. Jamrozy, P. Wilkinson

Przedstawiamy tu kolejne argumenty przemawiające za budową 90-m radioteleskopu w Polsce, w oczach radioastronómów krakowskich i angielskich. Mowa jest o badaniu struktury naszej Galaktyki, o badaniu widm innych galaktyk, o wyznaczaniu wieku radiogalaktyk, o pozytkach, jakie by były z radiowego przeglądu nieba na fali o długości 2 cm i innych możliwych odkryciach, jakich taki teleskop mógłby dokonać.

**w kolorze:** XXXVI OMSA w Grudziądzu (o.II); Astronomia w innych barwach (w.I); Gromada galaktyk 1E0657-558 (w.II-III); Galeria Uranii (w.IV, o.III); Kosmiczna różna rozwija nowymi gwiazdami (o.IV)

118

**rozmałości:** Pierwsze ważne dane z interferometru LOFAR (118); Wiatry supernowej kształtuują galaktyki (118); Po raz pierwszy zarejestrowano widmo egzoplanety (119); Przepis na Wszechświat (119); Słońce znów aktywne (120); Gum 19: mgławica „Dwie Twarze” (121); Asymetria dobra na trawienie (130); Pole magnetyczne kontroluje dietę masywnych gwiazd (130); Moduł Tranquility zamontowany — stacja ISS gotowa! (131)

128

**z kraju:** XXXVI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne (128); Urodziny Kopernika 2010 w Toruniu (129)

132

**astronomia w szkole:** Kopernik w krótkiej koszulce, czyli jak zkręcić Ziemię?

134

**In Memoriam:** Prof. dr hab. Stanisław Gańska (1929—2010)

136

**kalendarz astronomiczny 2010:** Lipiec — sierpień

142

**recenzje:** Józef I. Smak, *Opowiadania starego astronoma*

143

**astronomia i muzyka:** Astronom i gitarzysta królowej

144

**relaks z Uranią:** Krzyżówka

144

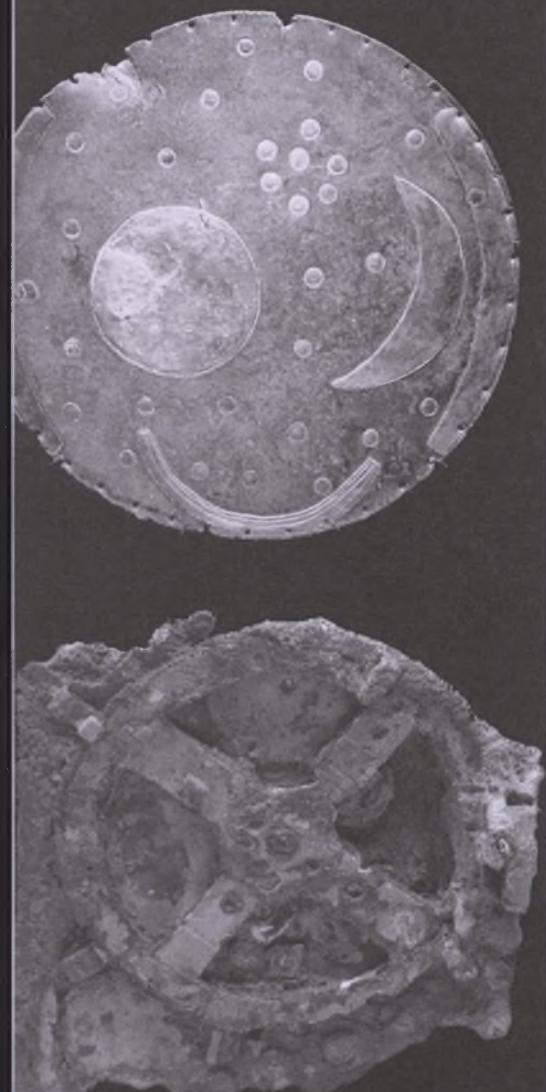
**ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE I ROZKŁADÓWCE

Prezentujemy Państwu, przygotowany na 15-lecie teleskopu Hubble'a, obraz przedziwnej mgławicy pylowej, zwanej Wrózką lub Liskiem, a stanowiącą część większej mgławicy, którą znamy pod nazwą Orzeł (M16) w gwiazdozbiorze Węża. Jest to jeden z ogromnych gazowo-pylowych filarów (pylonów) tej mgławicy, które zostały „wyrzeźbione” wysokoenerygetycznym promieniowaniem rodzącym się tam gwiazd. W niej rodzi się obecnie gromada otwarta gwiazd. Mgławica ta rozciąga się na 10 lat św., a jest oddalona od nas o 7 tys. lat świetla. Cały kompleks rozciąga się na 20 tys. lat św. i jest widoczny przy pomocy lornetki. Obraz ten został opublikowany dokładnie w 15 rocznicę wprowadzenia HST na orbitę okołoziemską w dniu 25 kwietnia 2005 r.

Fot. NASA/ESA, Hubble Heritage Team

# Astronomia odkrywa tajemnice Wszechświata



Pamiątki starożytnej astronomii europejskiej: wyżej dysk z Nebrą, około 2000 r. p.n.e. — dysk z brązu przedstawiający ciała niebieskie, odkryty w 1999 r. w Niemczech, niżej fragment mechanizmu z Antikythery — mechanicznego przyrządu do obliczania pozycji ciał niebieskich, odkrytego we wraku starożytnego okrętu u wybrzeży greckiej wyspy Antikythery, datowanego na II w p.n.e.

## Wstęp

Astronomia to najstarsza nauka świata. Niektóre nasze obecne miary czasu, jak np. godzina = 60 minut, minuta = 60 sekund, pochodzą od astronomów Babilonu, czyli mają swoje źródło przeszło 4000 lat temu. Pozostały także budowle astronomiczne z tych dawnych czasów: Stonehenge w Anglii, New Grange w Irlandii. W Ameryce i w Indiach też znajdziemy dokumenty wczesnej astronomii. Niedawno przypadkowe odkrycie tarczy Nebra w Niemczech pokazuje nam wysoki poziom techniczny starożytnej astronomii. Także mechanizm z Antikythery, znaleziony przez nurków, poszukiwaczy gąbek w Grecji, w roku 1902, ale pewnie pochodzący z lat ~150 p.n.e., jest dowodem istnienia już wtedy „nowoczesnych” instrumentów do pomiarów astronomicznych.

Wielki postęp w astronomii zawdzięczamy Grecji. Grecy nie tylko obserwowali, jak w Babilonii albo w Egipcie, ale zaczęli stawiać pytania na temat naszego Wszechświata. Różne szkoły nauki Platona czy Arystotelesa przedstawiały teorie rozwoju świata. Dyskusja o budowie świata doprowadziła Arystar-

cha z wyspy Samos około roku 300 p.n.e. do propozycji, że nie Ziemia, ale Słońce jest środkiem świata. Ten pomysł nie został przyjęty przez grono filozofów greckich. Grecja zbudowała podstawy astronomii w Aleksandrii. Ptolemeusz z Aleksandrii (w tych czasach miasto greckie) był autorytetem astronomii przez setki lat, wymyślając skomplikowane epicykle do wyjaśnienia biegów planet, ale Ziemia pozostała w tym systemie dalej środkiem świata. Jego „Almagest”, zbiór obserwacji astronomicznych, był podstawą myślenia i nauki aż do przełomu kopernikańskiego.

Mikołaj Kopernik, syn Torunia i Uniwersytetu Jagiellońskiego, otworzył nową erę astronomii. Od tego czasu obserwacja i teoria szły razem, aby objśnić bieg planet albo zaćmienia Słońca i Księżyca. Wielcy astronomowie tych czasów to Tycho Brahe, Galileo Galilei i Johannes Kepler. Galileo Galilei pokażał nam, jak ważny jest rozwój instrumentów astronomicznych; jego mały teleskop odkrył cztery księżyce Jowisza. Odkrycie to przyniosło mu niemałe kłopoty. Później wielkiego postępu dokonał Isaac Newton, którego teoria gravi-

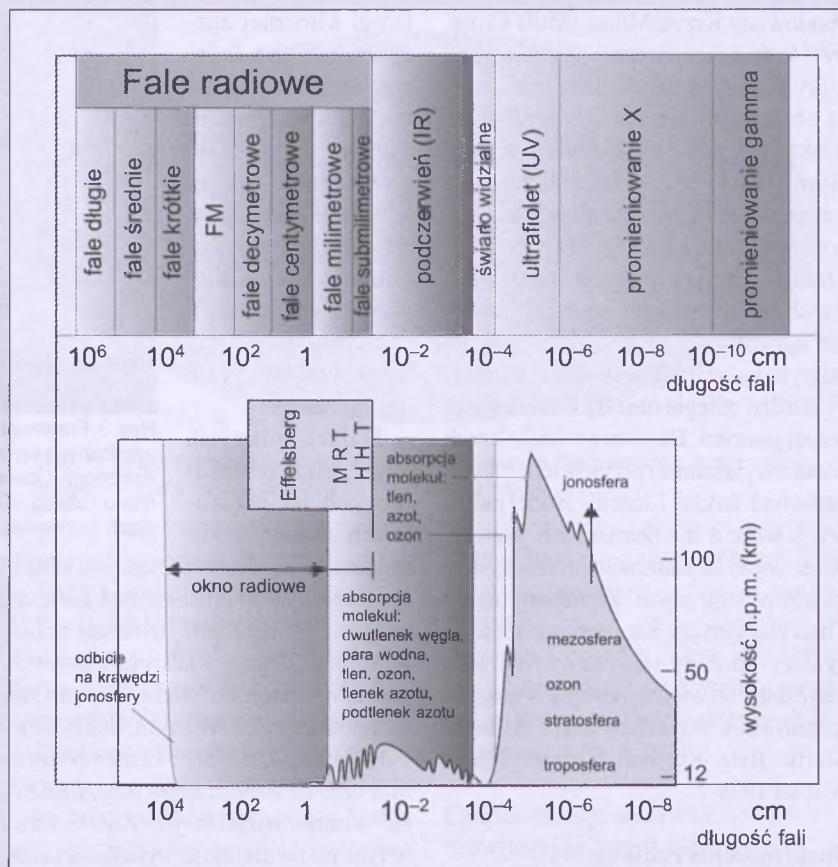
tacji dalej jest podstawą naszego obecnego życia.

W następnych latach nastąpił szybki rozwój instrumentów — wielkie nowe teleskopy zbudowali znani astronomowie — Friedrich Herschel, Charles Messier albo lord Rosse. Obserwacje południowej półkuli uzupełniły dotychczasowe badania i pozwoliły na stworzenie katalogów gwiazd i mgławic całego nieba. Pod koniec XIX wieku zostały zbudowane nowe obserwatoria w Kalifornii — wielkie teleskopy stały na górnictwie z przepięknym widokiem nieba. Oprócz tego rozwój spektroskopii dał astronomom nowe możliwości obserwacyjne. Używając 100-calowego teleskopu Hookera, Edwin Hubble pokazał, że mgławica Andromeda jest systemem pozagalaktycznym i że inne galaktyki podlegają prawu ucieczki. Badania te dały początek nowej kosmologii, zaś budowa 5-metrowego teleskopu na Mt. Palomar w 1948 r. kończyła pewną erę astronomii.

Jednocześnie od wielu lat wiadomo, że nasze „okno optyczne”, dzięki któremu ludzkość poznała Wszechświat, to jedynie wąskie pasmo zanurzone w olbrzymim ciągu fal elektromagnetycznych. Nowa astronomia rozwinęła się właśnie w tych „innych” obszarach fal.

## **Nowa astronomia — radioastronomia**

W roku 1932 Karl Jansky, inżynier Bell Telephone Laboratories, przeprowadzał obserwacje zakłóceń systemów radiotelegraficznych. Oprócz zakłóceń od blisko jadących aut albo dalekich burz wykrył dodatkowy szum (*hissing noise*), który pojawił się co dzień z różnicą 4 min. Jansky zdał sobie sprawę, że musi to być sygnał spoza Ziemi. Jego odkrycie spotkało się z wielką uwagą w codziennej prasie, ale nie dotarło do grona astronomów. Nawet następny „radioastronom”, Grote Reber, miał wielkie trudności, aby swe prace opublikować w czasopiśmie astronomicznym. Dopiero w 1944 r. został opublikowany pierwszy przegląd nieba na falach radiowych. Pokazał on, że najsilniejszy sygnał z centrum naszej Drogi Mlecznej był o przeszło  $30^\circ$  przesunięty od ustalonego wówczas, na podstawie optycznych obserwacji gwiazd, centrum naszej Galaktyki. Radioastronomia okazała się „motorem” rozwoju astronomii w następnych latach. Dziś wiemy, że w ba-



Rys. 1. Widmo fal elektromagnetycznych a przepuszczalność atmosfery ziemskiej. Effelsberg, MRT oraz HHT odnoszą się odpowiednio do pasm radiowych, w których prowadzą obserwacje: stumetrowy radioteleskop w Effelsbergu, Millimeter Radio Telescope w Pico Veleta oraz Heinrich Hertz Telescope na Mount Graham w Arizonie

daniach Kosmosu trzeba wziąć pod uwagę całe spektrum fal elektromagnetycznych: od długich fal radiowych, poprzez fale centymetryczne, milimetrowe przechodzące do podczerwieni, bardzo wąskie pasmo fal optycznych, aż do fal ultrafioletowych, rentgenowskich, kończąc na szerokim zakresie fal gamma i pojedynczych cząstek energetycznych.

## **Radioastronomia**

Pierwsze obserwacje radioastronomiczne przeprowadzano na falach metrowych. Już w roku 1946 było wiadomo, że Droga Mleczna i Słońce emittują fale radiowe, ale odkryto także inne źródła radiowe, nieznanego pochodzenia. Grupy pracujące w tej dziedzinie w Anglia i w Australii szybko zidentyfikowały te dziwne źródła radiowe z obiektymi znany z zakresu optycznego, takimi jak pozostałości po wybuchu gwiazd (Crab A, Cassiopeia A), galaktyka z dżetem (Virgo A) albo wielka galaktyka radiowa (Centaurus A). W toczonych wówczas dyskusjach zwracano uwagę, że odkrycie setek takich źródeł pozwoli na weryfikację uznanych w tych czasach

teorii kosmologicznych. Oprócz obserwacji trwała też dyskusja o pochodzeniu tych emisji radiowych. Natężenie w zakresie radiowym opadało wraz z częstotliwością, czyli musiał zachodzić tam jakiś proces nietermiczny. Już w latach 50.XX w. zgadzano się, że emisje radiowe na falach metrowych pochodzą z regionów w Galaktyce, gdzie istnieją pola magnetyczne i relatywistyczne cząstki. Natomiast na krótszych falach radiowych widzimy emisje termiczne z ciepłych regionów gazu międzygwiazdowego.

## **Liczenie źródeł radiowych i odkrycie kwazarów**

W Cambridge i w Sydney zaczął się rozwój nowych technik radioastronomicznych do pomiarów źródeł radiowych. Rozdzielcość pojedynczych anten była za mała, aby stworzyć wielkie katalogi źródeł radiowych. Szczególnie w Cambridge prof. sir Martin Ryle rozwijał nowe metody interferometrii, które pozwoliły na powstanie całej serii katalogów. Najsłynniejszy z nich, katalog 3C, przez następne lata był podstawą wielu innych badań. W Australii zostało

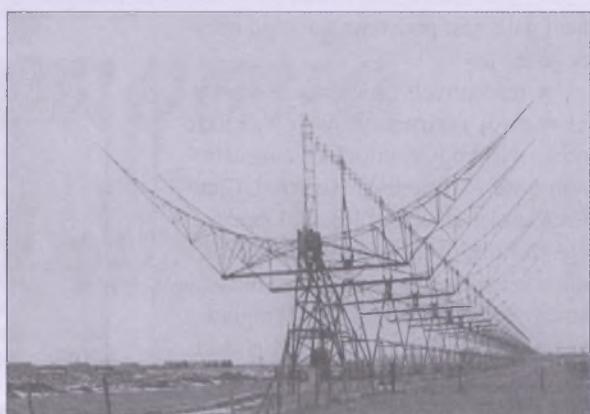
zbudowany Krzyż Millsa (Mills Cross, były to dwa skrzyżowane szeregi anten), który później został skopiowany w wielu obserwatoriach na całym świecie. Niektóre źródła w katalogach zostały zidentyfikowane z obiektami znanyimi z obserwacji optycznych, ale wiele pozostało niezidentyfikowanych. Dokładne pomiary pozycji niektórych z tych źródeł oraz optyczna spektroskopia ujawniły ich dziwną naturę — tak odkryto kwazary (*quasi stellar sources*) — bardzo odległe obiekty o bardzo wysokiej jasności. Dopiero po wielu latach została wyjaśniona i przyjęta teoria świcenia tych źródeł. Liczenie źródeł radiowych wraz z mierzeniem ich jasności przez wiele lat stanowiło źródło dyskusji kosmologicznych. Za rozwój metod obserwacyjnych, szczególnie metody syntezy apertury (*aperture synthesis*), które dały tak wielkie postępy w naszym zrozumieniu Wszechświata profesor sir Martin Ryle otrzymał Nagrodę Nobla w roku 1974.

### Spektroskopia radiowa

Już w roku 1944 Henk van de Hulst przepowiedział istnienie linii neutralnego wodoru HI na falach radiowych o częstotliwości  $f \sim 1420,405$  MHz (21 cm). Tę linię odkryli w 1950 r. D. Ewen i E. Purcell, pracujący na Uniwersytecie Harwarda. Grupy radioastronomów w Holandii i w Australii połączyły siły i w szybkim czasie przedstawiły model naszej Drogi Mlecznej na podstawie obserwacji linii HI. Położenie centrum

Drogi Mlecznej zgadzało się z tym, które proponował Grote Reber wiele lat wcześniej, na podstawie radiowej mapy nieba. Wreszcie Międzynarodowa Unia Astronomiczna uznała te wyniki radiowe za podstawę nowego systemu współrzędnych galaktycznych.

Dalsze odkrycia nowych linii molekularnych na częstotliwościach radiowych zostały opublikowane w następnych latach. Najpierw były to prostsze molekuły, takie jak OH,  $H_2O$ ,  $NH_4$ . Rozwój radioastronomii sięgający fal milimetrowych dał nam dostęp do wielu innych linii molekularnych. Ważnym odkryciem były linie CO, zostały również odkryte linie częstek wieloatomowych. Analizując widma, rozpoznajemy setki linii, w tym różne alkohole, cyjanki, a także związki organiczne jak aminoacetonitryl<sup>1</sup>. W wielu obłokach molekularnych w Drodze Mlecznej obserwujemy związki chemiczne stanowiące podstawę całego naszego życia. Potrafimy również rozróżnić linie różnych izotopów, co pozwala na pomiar temperatur w obłokach molekularnych. Spektroskopia radiowa stanowi bardzo ważny instrument do odkrywania tajemnic Wszechświata.

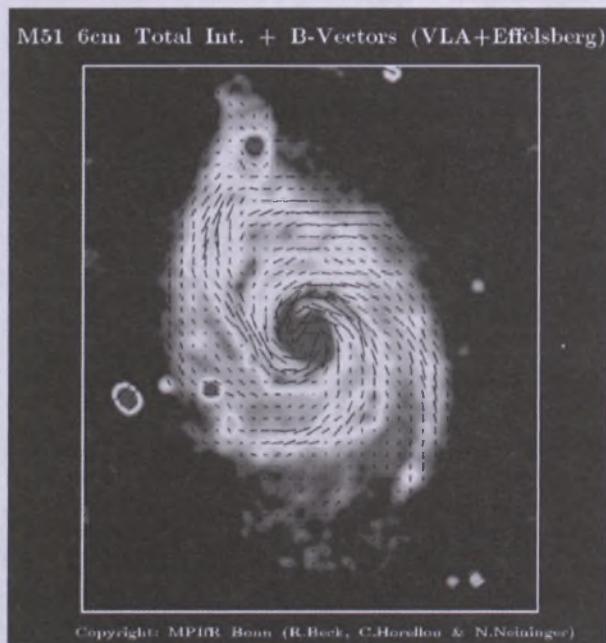


Rys. 3. Fragment jednego z pierwszych instrumentów radioastronomicznych wykorzystujących syntezę apertury (Mullard Radio Astronomy Observatory, Cambridge), przy pomocy którego stworzono katalog 4C zawierający informacje o około 5000 radioźródłach — pomiary przeprowadzono na częstotliwości 178 MHz

emisje radiowe na długich falach powstają właśnie w obszarach pól magnetycznych. Pierwsze takie wskaźówki dały obserwacje polaryzacji promieniowania w mgławicy Crab A w 1957 r. Dalszym krokiem w tym kierunku były obserwacje polaryzacji Drogi Mlecznej z roku 1962, wykonane w Cambridge przez autora tego artykułu. Obecność pól magnetycznych została potwierdzona w licznych źródłach radiowych, w dzetach radiogalaktryk itd. Pola magnetyczne spotykamy wszędzie we Wszechświecie, ale ich źródło i pochodzenie nadal stanowią dla astronomów zagadkę.

### Pierwotne promieniowanie kosmiczne (CMB)

Pierwsze transmisje telefoniczne przez Atlantyk, przy użyciu satelity Echo 1, zostały przeprowadzone w roku 1960. Olbrzymi metalizowany balon refleksyjny umożliwił rozmowę między USA z jednej strony a Francją i Anglią po naszej stronie Atlantyku. W Holmdel (New Jersey, USA), w Bell Telephone Laboratories, zbudowano dość dziwną antennę: 20-stopowy reflektor rogowy. Ten typ anteny daje dobry rozkład kierunkowy i przez to przydaje się do absolutnej kalibracji natężenia. Tą kalibracją zajęli się Arno Penzias i Robert Wilson. Ich praca dała znacznie większy efekt — w 1964 r. Penzias i Wilson odkryli pierwotne promieniowanie kosmiczne (CMB — *Cosmic Microwave Background*). Istnienie promieniowania tła przewidywała wcześniej teoria *big bangu*.



Rys. 4. Pole magnetyczne galaktyki M51

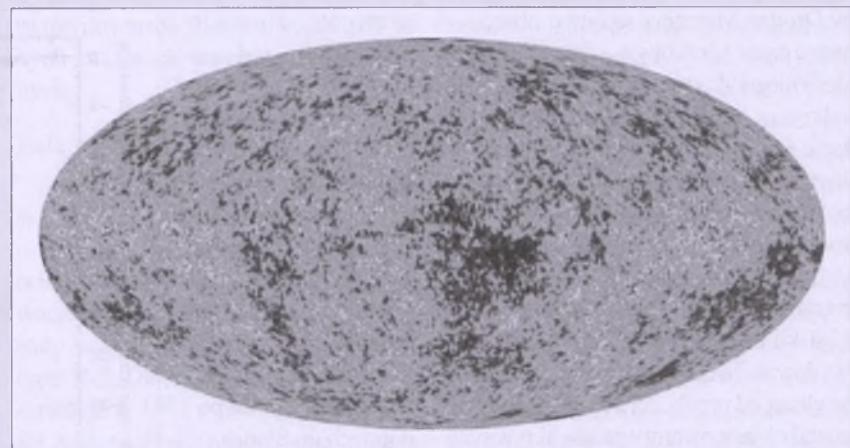
<sup>1</sup> Aminoacetonitryl odkryli w 2008 r. astronomowie z Max-Planck-Institut für Astronomie w obłoku gazowym w gwiadzobiorze Strzelca blisko centrum Galaktyki.

Za to odkrycie w roku 1978 przyznano obu naukowcom Nagrodę Nobla. Ważność tego rezultatu można ocenić faktem, że Nagroda Nobla w roku 2006 przypadła G. Smootowi i J. Matherowi, astrofizykom stojącym na czele zespołu kierującego pracami satelity COBE, dzięki któremu potwierdzono naturę CMB i odkryto w nim minimalne niejednorodności, które przewidywała teoria jako odzwierciedlenie zaczątków pierwszych struktur.

### Pulsary

Obserwacja scyntylacji źródeł radiowych w ośrodku międzygwiazdowym dała niezwykłe wyniki. W Cambridge, w Anglii, zbudowano w 1964 r. teleskop do przeglądu źródeł radiowych na niskich częstotliwościach. Pod koniec roku 1967 studentka profesora Antoniego Hewisha, Jocelyn Bell, obserwowała dziwne sygnały, jakby sygnały Morse'a, które przychodziły z czterema minutami różnicy na dobę. Czyli był to sygnał astronomiczny, pozaziemski. W lutym 1968 r. bomba wybuchła — znaleziono genialne wyjaśnienie — owe sygnały można było najlepiej wytlumaczyć jako pochodzące z gwiazdy neutronowej, obiektu przewidzianego przez teorię, ale nigdy nie obserwowanego. Częstotliwość pulsów (0,001 s — 6 s) pochodzi z obrotu gwiazdy, która posiada silne dipolowe pole magnetyczne. Często opisuje się pulsar jako latarnię radiową (na wzór latarni morskiej). Za to odkrycie, ale też za współpracę przy rozwoju metody syntezy apertury z Martinem Rylem, Anthony Hewish otrzymał Nagrodę Nobla w roku 1974.

Odkrycie pulsarów było wielkim przełomem nie tylko w radioastronomii, ale również dało wkład w rozwój podstaw fizyki. Już w latach 30. XX w. teoria przewidywała istnienie gwiazd neutronowych, ale teraz bezpośrednie obserwacje dawały wgląd w obszarze o bardzo wysokiej gęstości materii. Na-



Rys. 5. Mapa fluktuacji Kosmicznego Promieniowania Tła uzyskana przez satelitę WMAP — skala liniowa od -200 do 200 mikrokelwinów

stejne ważne osiągnięcie to odkrycie w 1974 r. układu podwójnego PSR 1913+16 (układ pulsar i gwiazda neutronowa), za które Joe Taylor i Russel Hulse zostali wyróżnieni Nagrodą Nobla w roku 1993. Następnym odkryciem w dziedzinie pulsarów były obiekty milisekundowe. Parę lat temu został odkryty podwójny układ pulsar-pulsar. Mamy nadzieję, że dzięki tym obiektom zostaną sprawdzone obserwacyjnie przewidywania teorii fal grawitacyjnych. Pulsary są również uznawane za najlepsze zegary Wszechświata.

### Ciemna materia

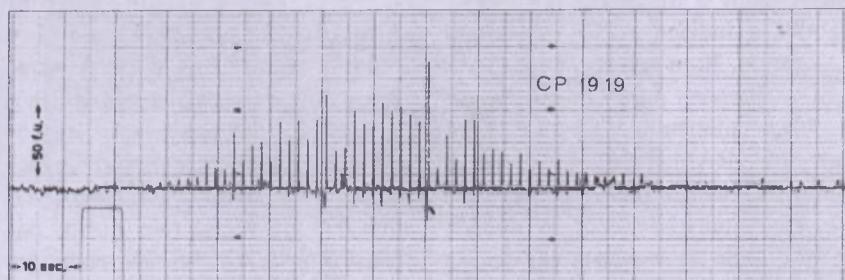
Już w 1937 r. Fritz Zwicky stwierdził, że aby wytlumaczyć ruchy pojedynczych obiektów w gromadach galaktyk, musi istnieć dodatkowa ciemna materia. Radioastronomia umożliwiła nam zmierzenie prędkości rotacji poszczególnych galaktyk. Krzywe rotacji (przedstawiające zmianę prędkości rotacji wraz z rosnącą odlegością od centrum galaktyki), wyznaczone na podstawie obserwacji linii HI i CO przedstawiały układy, które nie spełniały praw Keplera. Problem krzywych rotacji objawił się wyraźnie w analizach danych przeprowadzonych bardzo starannie w latach 70. XX w. przez Vere

Rubin. Problem zniknął, gdy założono obecność dodatkowej ciemnej materii. Rezultaty badań promieniowania tła daly nam niezwykłą informację: widzimy jedynie ~5% Wszechświata — reszta jest w formie ciemnej materii (~25%) i ciemnej energii (70%)!

### Czarne dziury, soczewki grawitacyjne, prędkość > c

Metoda interferometrii na bardzo długich bazach (*Very Long Baseline Interferometry* — VLBI), polegająca na obserwaniu danego źródła jednocześnie przez wiele pojedynczych teleskopów na całym świecie, które działają jak jeden wielki instrument, daje nam możliwości obserwacji z niezwykle wielkimi rozdzielczościami. Pojedynczy radioteleskop, jak 100-m antena w Effelsbergu, ma rozdzielcość  $\sim 1'$ , teleskop-interferometr jak *Very Large Array* (VLA w USA, układ radioteleskopów ustawionych blisko siebie) syntetyzuje wiązki, dając rozdzielcość rzędu  $\sim 1''$ , zaś VLBI patrzy w niebo wiązką o szerokości  $0,001''$ ; obecnie możliwe są nawet wiązki z rozdzielcością sięgającą  $0,00001''$ . Dzięki takiej rozdzielcości udało się radioastronomom dokonać wielu ważnych odkryć. Dzięki takim metodom zauważczamy obserwacje najbliższego otoczenia czarnych dziur. Wielki wkład w rozwój teorii czarnych dziur nauka zauważa znanemu astrofizykowi brytyjskiemu Stephenowi Hawkingowi. Również radioastronomii zauważczamy pierwsze obserwacje zjawiska soczewkowania grawitacyjnego.

Albert Einstein nie spodziewał się, że będzie tak łatwo pokazać efekty jego teorii względności. Obecnie mikrosoczewki i soczewki w minikwazarach



Rys. 6. Analogowy zapis sygnału pierwszego pulsara zaobserwowanego przez Anthony'ego Hewisha i Jocelyn Bell (CP 1919 — obecnie PSR 1919+21)

w Drodze Mlecznej są łatwo obserwowane przez teleskopy optyczne. Jednym, dość niezwykłym wynikiem VLBI, było odkrycie prędkości większej niż prędkość światła  $c$ ! Ten wynik jest niemożliwy w teorii Einsteina, ale już dawno temu został przepowiedziany i zinterpretowany: Martin Rees wyliczył, że jeżeli wyrzut materii (dżet) z czarnej dziury nastąpi z prędkością relatywistyczną i blisko osi czarnej dziury, to może się wydawać, że obserwator widzi prędkość większą od prędkości światła. Ten efekt został obserwowany w wielu aktywnych galaktykach, np. w Virgo A i M87. W badaniach galaktyk aktywnych (tzw. AGN-ów) ważną rolę odgrywa ośrodek w Toruniu z 32-metrowym radioteleskopem.

### Planety pozasłoneczne

Mimo że planety pozasłoneczne właściwie nie są odkryciem radioastronomii, to pierwszy krok w tym kierunku został zrobiony właśnie przy użyciu fal radiowych. Poszukiwanie planet poza Układem Słonecznym trwało wiele lat. Różne metody poszukiwań zostały wypróbowane bez skutku. Jedną z nich są obserwacje obrotu gwiazdy, podczas których poszukuje się małych odchyлеń od jej normalnego okresu obiegu jakoznaku istnienia planety. Pulsary, ze swoim niezwykle szybkim okresem obrotu, były łatwymi obiektami poszukiwań planet. W roku 1991 Mathew Bailes i Andrew Lyne, pracując w Jodrell Bank Observatory, ogłosili znalezienie planety okrążającej pulsara. Był to wynik raczej niespodziewany. W dodatku okazało się, że wynik ten był błędny, a błąd polegał na złym obliczeniu w komputerze czasu obrotu Ziemi wokół Słońca!

Inni obserwatorzy pulsarów wrócili do swoich danych i Aleksander Wolszczan wraz z Dale'em Frail, pracując w Arecibo Observatory, znaleźli

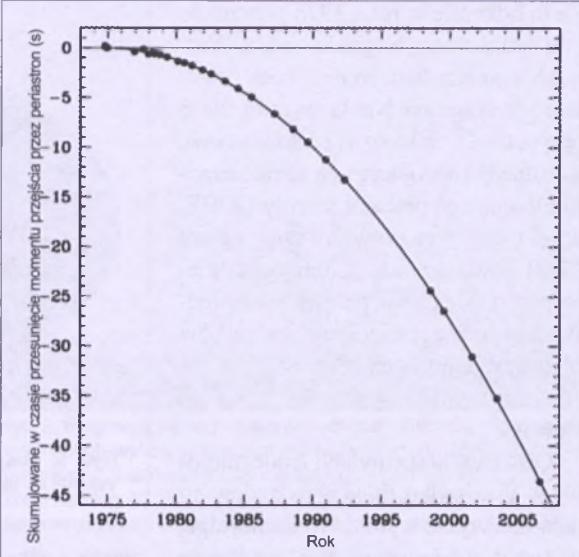
w swych zbiorach danych dla pulsara B1257+12 znaki towarzyszących mu mas „planetarnych”. Do tego czasu potwierdzono te „planety” i jeszcze jeden inny pulsar został znaleziony wraz z planetą. Wkrótce astronomowie optyczni odkryli planety krążące wokół gwiazd podobnych do Słońca.

Obecnie znamy około 400 planet pozasłonecznych, w tym nawet kilka planet podobnych do naszej Ziemi.

Wielkie nadzieje astronomowie pokładają w satelicie Kepler, którego zadaniem jest poszukiwanie planet wielkości Ziemi.

### Obecne radioteleskopy

Pierwsze radioteleskopy nie prezentowały się zbyt okazale — miały postać drutów wiszących na tyczkach, anten, które pozostały z czasów wojny. Budowa anten dla radioastronomii rozwinęła się najpierw dla długich fal. Po odkryciu linii HI na częstotliwości 1420,405... MHz ( $\lambda \sim 21\text{ cm}$ ) nastąpił rozwój anten dla fal centymetrowych. Największe takie pojedyncze anteny to obecnie 305-m teleskop w Arecibo, Robert Byrd GBT w Green Bank o czaszy  $100\text{ m} \times 110\text{ m}$  i 100-m teleskop w Effelsbergu. Historycznie znany jest teleskop Lovella (70 m) w Jodrell Bank koło Manchesteru i 64-m teleskop w Parkes w Australii. Polska ma 32-m teleskop w Piwnicach. Największym interferometrem jest *Very Large Array* (VLA) koło Socorro w stanie New Mexico (USA), złożony z 27 anten o średnicy 25 m, rozstawionych na przestrzeni 27 km. Dalsze interferometry mamy w Westerbork w Holandii, GMRT w Indiach, ATCA w Narrabri (Australia). 30-m teleskop na Pico Veleta w Hiszpanii prowadzi obserwacje na falach milimetrowych. Należy on do instytutu IRAM, który jest owocem współpracy trzech krajów Europy (Francji, Hiszpanii i Niemiec). W ramach IRAM działa także obecnie największy interferometr do fal milimetrowych (6 anten 15-metrowych) na Plateau de



Rys. 7. Skumulowana w czasie zmiana momentu przejścia przez periastron dla podwójnego pulsara B1913+16, wynikająca z wypromieniowywania przez układ fal grawitacyjnych. Linia ciągła odpowiada przewidywaniom OTW, punkty obserwacjom

Bure we Francji. Teleskopy do fal submilimetrowych wymagają anten, w których powierzchnia czaszy wykonana jest z bardzo wysoką dokładnością, oraz miejsc położonych w wysokich, suchych górach. Obecnie 10-m teleskop Apex, umieszczony na wysokości 5050 m n.p.m. jest najlepszym instrumentem do obserwacji w tym nowym paśmie fal. Wiele innych teleskopów na całym świecie dostarcza astronomom ważnych danych, by mogli lepiej zrozumieć Wszechświat.

### *Nowa astronomia — podczerwień, fale rentgenowskie, fale gamma*

#### Podczerwień

Fale radiowe sięgają od fal metrowych, przez pasma centymetrowe i milimetrowe, do około  $350\text{ }\mu\text{m}$  (częstość 1 THz). Przy tej częstotliwości przechodzimy już do podczerwieni. Rozróżniamy między długimi falami ( $\lambda = 350\text{ }\mu\text{m} — 100\text{ }\mu\text{m}$ ) podczerwieni, środkową podczerwienią ( $\lambda = 100\text{ }\mu\text{m} — 25\text{ }\mu\text{m}$ ) i krótkofalową podczerwienią ( $\lambda = 25\text{ }\mu\text{m} — 7\text{ }\mu\text{m}$ ). Poniżej  $7\text{ }\mu\text{m}$  wkraczamy do pasma światła widzialnego. Podczas gdy długie fale radiowe swobodnie przechodzą przez atmosferę Ziemi, to już w zakresie fal milimetrowych atmosfera gra wielką rolę. Znamy pasma przepuszczalności, ale mamy też pasma, gdzie sygnały nie przejdą przez atmosferę Ziemi. Dopiero światło



Rys. 8. Soczewka grawitacyjna G2237+0305 (tzw. krzyż Einsteina). Fot. HST

optyczne ma wolną drogę ku powierzchni Ziemi. Szczególnie dobrą widoczność mamy w wysokich i suchych górach, jak Mauna Kea (Hawaje) albo na pustyni Atacama (Chile). W ostatnich latach wiele ważnych danych zawdzięczamy działającym w podczerwieni satelitom, które kążą ponad atmosferą Ziemi.

Emisje w podczerwieni dają nam możliwość obserwacji zimnego Wszechświata. Detektory podczerwieni z łatwością obserwują gaz lub pył międzygwiazdowy o niskich temperaturach (15–50 K). Wiele zjawisk w obłokach molekularnych nie jest widoczne w promieniowaniu optycznym, ale właśnie w podczerwieni. Niektóre obserwacje w podczerwieni można wykonać teleskopami optycznymi, ale położonymi w wysokich górach, z bardzo dobrymi warunkami atmosferycznymi. Na przykład obserwacje gwiazd w centrum naszej Drogi Mlecznej na falach podczerwieni pokazały nam istnienie czarnej dziury w tym obszarze. Ważnych danych dostarczyły nam teleskopy na Mauna Kea (Hawaje) albo na Cerro Paranal (Chile). Ogromną ilość danych o tym zimnym Wszechświecie dostarczyły satelity takie jak IRAS, ISO i Spitzer. Satelita IRAS wykonał przegląd całego nieba i dał nam niezwykły widok tego niewidzialnego Wszechświata. Obecna czułość detektorów podczerwieni pozwala nam na obserwacje, które

są równoważone z wynikami w innych zakresach fal elektromagnetycznych.

### Fale rentgenowskie

Astronomia na falach rentgenowskich jest produktem wprowadzenia odbiorników tego promieniowania na orbity okoziemskie. Pierwsze obserwacje fal rentgenowskich ze Słońca zostały wykonane przez zdobyte rakiety typu V-2. Dalsze, o wiele czulsze, obserwacje w 1962 r. pokazały, że emisje fal rentgenowskich pochodzą z wielu źródeł kosmicznych. Satelita UHURU pierwszy dokonał systematycznego przeglądu nieba w tym zakresie widma w roku 1971 i znalazł 340 źródeł rentgenowskich.

Gorący gaz o temperaturach od  $10^6$  do  $10^8$  K jest źródłem fal rentgenowskich. Są to bardzo krótkie fale elektromagnetyczne w paśmie od 0,1 keV do 500 keV. Takie wysokie temperatury spotykamy we Wszechświecie w gwiazdach neutronowych, w czarnych dziurach, ale także w jądrach aktywnych galaktyk. Wybuch gwiazdy (supernowej), który pozostawia gwiazdę neutronową (pulsar) i rozprzestrzeniający się obok niej obłok (np. pozostałości supernowej, SNR), jest widoczny na falach rentgenowskich. Obecne obserwatoria na falach rentgenowskich (satelity Rosat, Newton, Chandra) są tak czułe, że

umożliwiają obserwacje normalnych bliskich galaktyk. Podczas gdy Rosat obserwował w miękkich falach X, od 0,04 keV do 2 keV, nowsze obserwatoria pokryły zasięg od 0,1 do 10 keV. Połączenie wyników obserwacji źródeł kosmicznych na falach radiowych, w podczerwieni, na falach rentgenowskich itd. daje nam możliwość rozwiązania wielu zagadek ewolucji różnych obiektów. Nowsze satelity daly nam nowe wyniki w jeszcze krótszych falach Rentgena — Beppo-SAX obserwował aż do 60 keV. Bardzo ważnym sygnałem uznania dla astronomii fal rentgenowskich była Nagroda Nobla dla Riccardo Giacconi w roku 2002.

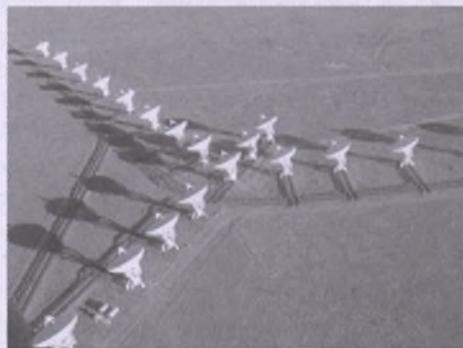
### Fale gamma i cząstki energetyczne

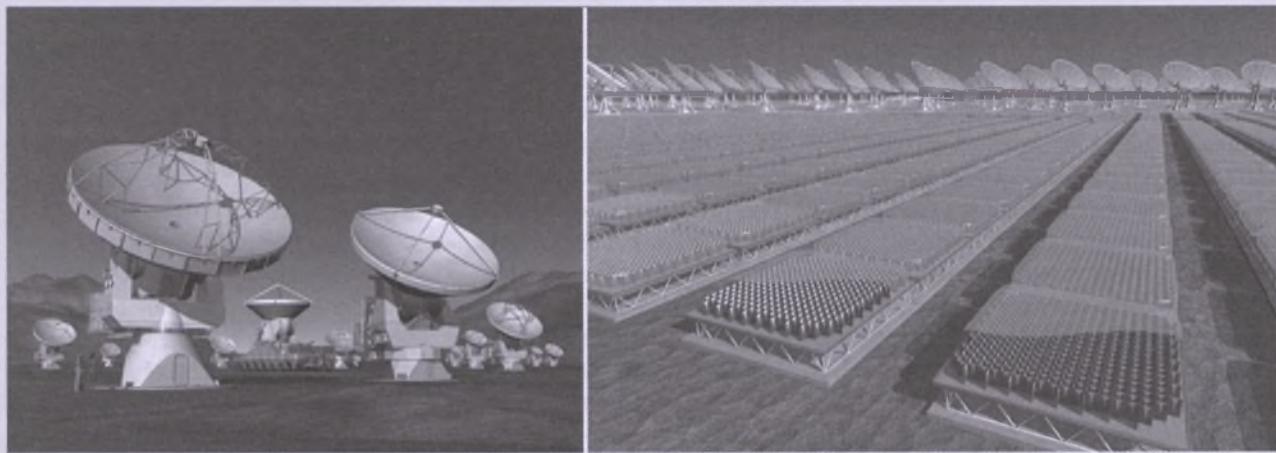
Idąc do jeszcze krótszych fal elektromagnetycznych, wchodzimy w zasięg emisji gamma i potem przechodzimy do cząstek wysokoenergetycznych. Satelity wojskowe serii Vela, oryginalnie wystrzelone, aby monitorować wybuchy bomb atomowych, odkryły bardzo energetyczne wybuchy we Wszechświecie na falach gamma. Obecnie wiemy, że ich źródłem są niezwykłe wydarzenia, jak zderzenia gwiazd neutronowych. Nowe instrumenty, jak HESS, Magic albo Auger pozwalają nam na zlokalizowanie tych energetycznych źródeł. Te instrumenty używają detektorów opartych na zjawisku Cherenkova i umożliwiają ob-



Rys. 9. Radioteleskop w Effelsbergu, Robert C. Byrd Green Bank Telescope oraz Very Large Array

Fot. MPIfR Bonn, NRAO/AUI/NSF





Rys. 11. Projekty Atacama Large Millimeter Array oraz Square Kilometer Array. Szczegóły w tekście

serwacje w zakresach GeV. Instrument HESS w Namibii, gdzie Polska ma także swój udział, zlokalizował wiele źródeł gamma w paśmie 10 do 1000 GeV. Projekt Auger w Argentynie ma nawet możliwość obserwacji cząstek z energią  $10^{20}$  eV. W następnych latach możemy spodziewać się wielu nowych rezultatów w tym najbardziej energetycznym zakresie fal elektromagnetycznych.

### Astronomia optyczna

Po ukończeniu budowy teleskopu 5-metrowego na Mt. Palomar w 1948 r. i 6-metrowego teleskopu w Zelenuchskaya na Kaukazie w 1975 r. astronomia optyczna zaczęła rozwijać nowe technologie instrumentów i odbiorników promieniowania. Rozwój metod ceramizacji szkła i technologii informatycznych dał podstawę do budowy nowych, dużych luster optycznych. Lustra zaczęto składać z wielu mniejszych elementów. Rozwój detektorów, napędzany przez projekt teleskopu kosmicznego Hubble'a, dał nam detektory typu CCD. Obecnie jest wiele teleskopów optycznych na Ziemi o średnicach od 8 do 10 metrów. Największy teleskop świata to teleskop na Mt. Graham w Arizonie z dwoma lustrami o średnicy 8,4 m na jednym montażu. Następny olbrzym to *Gran Telescopio Canarias* o średnicy 10,4 m na wyspie La Palma. Dalej idą dwa 10-m teleskopy Kecka na Mauna Kea, na Hawajach itd. Największe obserwatorium optyczne świata na Cerro Parnal w Chile ma cztery teleskopy o średnicy 8,2 m. To obserwatorium należące do Europejskiego Obserwatorium Południowego (*European Southern Observatory ESO*) ma też system do interferometrii przy użyciu 4 wielkich i 8 mniejszych teleskopów. W ponadatmo-

sferycznej przestrzeni kosmicznej, oprócz teleskopu kosmicznego Hubble'a (luster 2,4 m), od niedawna krąży nad Ziemią także teleskop kosmiczny Herschela z lustrem o średnicy 3,5 m.

Optyczne teleskopy, na Ziemi czy na orbicie, dały nam niezwykły i nowy obraz Wszechświata. HST wydał obfity plon niezwykłych zdjęć nieba. Obecnie wielka popularność astronomii ma wyraz w tych zdjęciach, które prawie codziennie spotykamy w naszych gazetach. Wielkie teleskopy w wysokich górach umożliwiły spektroskopię dalekich galaktyk. Wiele nowych soczewek grawitacyjnych, planet czy niezwykłych obiektów kosmicznych jest rezultatem pracy tych nowych, czułych instrumentów. Specjalne projekty, jak *Sloan Digital Sky Survey*, dały nowe impulsy do zrozumienia struktury Wszechświata. Mimo tego imponującego napływu, niczym tsunami, nowych rezultatów optycznej astronomii, nie ma jeszcze Nagrody Nobla w tej dziedzinie. Może musimy się zadowolić Nagrodą Nobla w 2009 r. za rozwój detektora CCD dla Willarda Boyle'a i George'a Smitha?

### Przyszłość astronomii

Niezwykły rozwój tej dziedziny nauki nastąpił w minionych latach. Wiemy o wiele więcej o odległych zakątkach Wszechświata niż o tym, co leży 1000 km pod naszymi stopami na Ziemi. Dobrze jest przypatrzeć się możliwościom rozwoju w latach następnych. Obecnie dyskutuje się o budowie teleskopów optycznych o średnicach od 30 do 42 m. Lustra tych teleskopów będą budowane z wielu elementów. Taki sposób był z wielkim sukcesem zastosowany w teleskopach Kecka, HET-a, SALT-a itd. Obecnie w budowie jest te-

leskop kosmiczny Jamesa Webba, z lustrem o średnicy 6,5 m. Radioastronomia także przeszła do wielkich projektów. W budowie na płaskowyżu Atacama w Chile, na wysokości 5050 m n.p.m., jest teleskop ALMA — interferometr dla fal milimetrowych i submilimetrowych. Będzie to połączenie 60 pojedynczych anten dających rozdzielcość podobną do nowych projektów teleskopów satelitarnych ma falach optycznych i w podczerwieni. Oprócz tego spodziewany jest wielki skok w naszej wiedzy o liniach spektroskopii radiowej. Na falach milimetrowych i submilimetrowych mamy wielką liczbę interesujących linii. Może uda się znaleźć te molekuły, które są podstawą naszego życia? Rozwijany jest projekt budowy teleskopu czułego na długich falach metrowych o powierzchni zbiegającej 1 km<sup>2</sup> (*Square Kilometer Array — SKA*). Ten teleskop będzie miał powierzchnię około 100 razy większą niż największe obecnie istniejące anteny. Sieci VLBI rozrastają się, przybywają kolejne nowe i wielkie anteny. Z tą nową czułością we wszystkich pasmach fal elektromagnetycznych spodziewamy się obfitego plonu nowych wiadomości o tajemnicach Wszechświata.

*Profesor Ryszard Wielebiński, radioastronom, jest Polakiem kształconym w Australii, doktorat uzyskał w Cambridge, gdzie odkrył pole magnetyczne Galaktyki, a przez wiele lat był dyrektorem Instytutu Maxa Plancka w Bonn z jego 100-m radioteleskopem. Jest dr. h.c. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika*

# Kopernik w labiryncie świata<sup>1</sup>

Lidia Smentek

## Prolog

Ogłoszone odnalezienie grobu Mikołaja Kopernika w katedrze fromborskiej przez ekipę prof. Jerzego Gałowskiego z Wyższej Szkoły Humanistycznej w Pułtusku odbiło się echem w różnych zakątkach świata, a opublikowana artystyczna rekonstrukcja twarzy została uznana za autentyczny portret astronoma w podeszłym wieku. Od momentu tego ogłoszenia, w miarę upływu czasu, pogłębiają się jednak wątpliwości dotyczące identyfikacji znalezionych szczątków. Powstał chaos i hałas medialny i tylko logiczna analiza faktów pozwala na definitive przejście na stronę wszystkich tych, którzy szumnie ogłoszone światu odkrycie uznają tylko jako pobożne życzenie, a nie naukowy dowód odnalezienia doczesnych szczątków wielkiego astronoma.

Wystarczy spojrzeć choćby amatorskim okiem na drzewo genealogiczne Mikołaja Kopernika, żeby podważyć autorytatywne stwierdzenia Wiesława Bogdanowicza i jego współpracowni-

ków, opublikowane np. w 2009 roku w „Proceedings of the National Academy of Sciences”<sup>2</sup> (moje tłumaczenie):

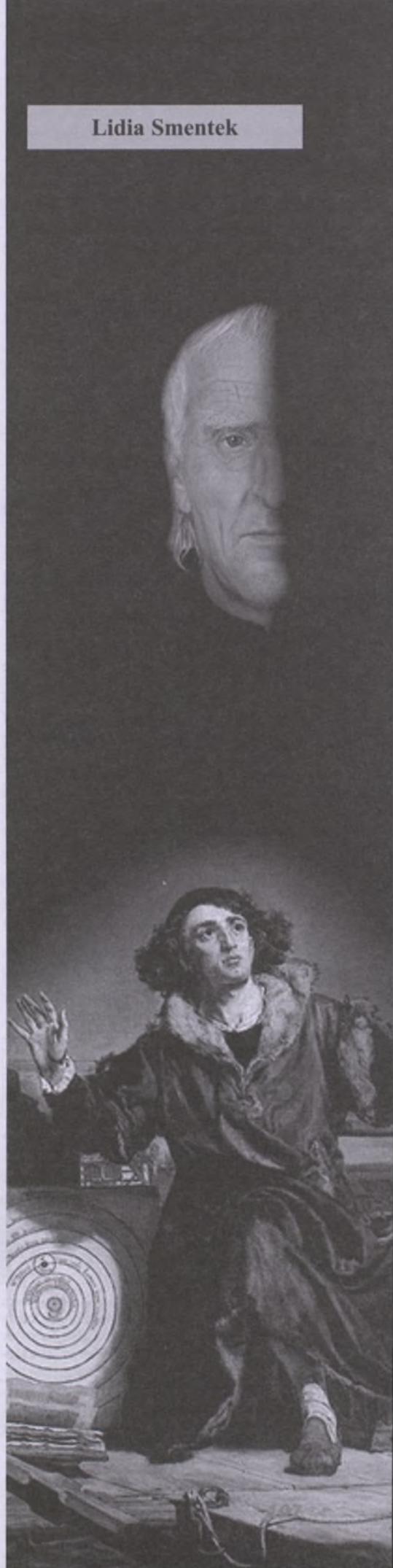
*Biorąc pod uwagę wszystkie dane, tzn. identyczny profil genetyczny kostnych szczątków i włosów jako materiału porównawczego, wraz z pozostałymi antropologicznymi i archeologicznymi informacjami, wyciągamy wniosek, że kostne szczątki odzyskane z grobowca ołtarza Świętego Krzyża w katedrze fromborskiej są szczątkami wielkiego polskiego astronoma, Mikołaja Kopernika.*

Nawet komentarz Owena Gingericha, profesora astrofizyki i historii nauki z Harvardu i Smithsonian Institute, zamieszczony w artykule opublikowanym w lipcu 2009 r., też w PNAS<sup>3</sup>, staje się bardziej zasadny, niż mogłoby się pierwotnie wydawać. W związku z wykorzystaniem znalezionych w Uppsali włosów, jako materiału porównawczego do identyfikacji szczątków z grobu

<sup>1</sup> Artykuł jest syntezą dwóch artykułów opublikowanych w „Głosie Uczelni” (UMK) w lutym i marcu 2010 r.: Kolejne urodziny Kopernika (GU 2(288)) i Fascynujący początek (GU 3(289); z artykułów tych pochodzą również prezentowane tutaj ilustracje.

<sup>2</sup> W. Bogdanowicz, M. Allen, W. Branicki, M. Lembring, M. Gajewska and T. Kupiec, *Genetic identification of putative remains of the famous astronomer Nicolaus Copernicus*, PNAS Early Edition; www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0901848106

<sup>3</sup> O. Gingerich, *The Copernicus grave mystery*, PNAS, 106 (30), 12215 (2009).



we Fromborku, Gingerich napisał: „Nie mogę wyzbyć się podejrzenia, czy jeden z tych niewykorzystanych, a odnalezionych włosów, nie należał do mnie!” Faktycznie Owen Gingerich spędził wiele czasu w Uppsalie, analizując i dokumentując księgi Kopernika, więc...

Dla przypomnienia — w celu identyfikacji materiału, szczątki kostne znalezione przez grupę prof. Jerzego Gąssowskiego w katedrze we Fromborku zostały poddane badaniom porównawczym z włosami przypadkowo znalezionymi w księdze *Calendarium Romanum magnum* należącej do Kopernika, a znajdującej się od XVII w. w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsalie. Do identyfikacji sekwencji DNA obu materiałów zastosowano tzw. mitochondrialny DNA (mtDNA)<sup>4</sup>, w odróżnieniu od DNA jądrowego (w jądrze komórki znajduje się 46 chromosomów zbudowanych z DNA), stosowanego zwykle do identyfikacji materiału biologicznego, takiego jak krew, włosy z cebulkami czy fragmenty tkanek. Należy zaznaczyć, że badania DNA w 100% wykluczają pochodzenie materiału i związek z materiałem porównawczym, jednak potwierdzenie pochodzenia odbywa się zawsze z pewną dozą niepewności, w zależności od rodzaju przeprowadzonego badania. U ssaków mitochondria, razem z mtDNA, dziedziczone są po matce i wszystkie dzieci mają identyczną sekwencję tego DNA. Badania polegają na analizie sekwencji mtDNA w dwóch niekodujących regionach genomu mitochondrialnego<sup>5</sup> i stosuje się je w przypadku materiału kostnego, również żebów i włosów wypadłych, tak jak w przypadku identyfikacji szczątków znalezionych we fromborskiej katedrze.

### Wątpliwości amatora

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że znalezione włosy w Uppsali i czaszka z pochówku we Fromborku zawierają takie same sekwencje mitochondrialnego DNA. Zakładając, że mimo degradacji materiału, udało się

jakby cudem przeprowadzić wiarygodne badania mtDNA — jaki z nich logiczny wniosek można wyciągnąć? Faktycznie, wystarczy spojrzeć na drzewo genealogiczne Kopernika, żeby zauważać, że tę samą sekwencję mtDNA odziedziczyły w linii żeńskiej trzy osoby związane z katedrą fromborską: biskup Łukasz Watzenrode, Andrzej i Mikołaj Kopernik (zaznaczone ovalami na schemacie poniżej).

Korzenie linii żeńskiej tego drzewa

wywodzą się od babki astronoma, Katarzyny Rüdiger<sup>6</sup>, *primo voto* Peckau i mtDNA dziedziczone w następnych pokoleniach pochodzi właśnie od niej. Wszystkie podkreślone imiona na schemacie wskazują kobiety, czyli przekazniki tej samej sekwencji, aczkolwiek wszystkie dzieci jednej kobiety (niezależnie od ich płci) obdarzone są taką samą sekwencją. Interesujące jest, że nawet córka Katarzyny Rüdiger z pierwszego małżeństwa (przyrodnia siostra matki Kopernika), Katarzyna Peckau, posiadała tę samą sekwencję jak dzieci z drugiego małżeństwa z Łukaszem Watzenrode (dziadkiem astronoma). Wynika z tego, że biskup Łukasz Watzenrode, wuj astronoma i brat matki, oraz Mikołaj (astronom) i jego brat Andrzej odziedziczyli ten sam genom mitochondrialny; więc z punktu widzenia analizy mtDNA ich materiału genetycznego nie można odróżnić.

Miejsce pochówku Andrzeja nie jest ustalone i niektórzy uważają, że został pogrzebany w katedrze fromborskiej. Oficjalnie, Andrzej przeniósł się z Rzymu do Fromborka w 1506 r., ale nadal więcej czasu spędził w Rzymie i tam właśnie zmarł. Z pewnością jednak biskup Łukasz Watzenrode i Mikołaj, astronom, zostali pogrzebani w katedrze we Fromborku.

Zakładając nawet, że znalezione włosy w księdze w Uppsali należały do

6 Nazwisko panieńskie babki astronoma obecnie jest nadal dyskutowane przez historyków.



Kopernik w labiryncie świata? — fragment rzeźby eksponowanej w Dużej Auli Polskiej Akademii Umiejętności w Krakowie

Kopernika, choć nie ma na to dowodu, to zgodność sekwencji mtDNA kostnych szczątków z katedry i tych włosów nie rozstrzyga, czy odnaleziono pochówek astronoma czy jego wuja.

Biskup Łukasz Watzenrode na początku 1512 r. wracał z Krakowa z zaślubin króla Zygmunta I Starego, ale zatrzy postnymi rybami już do Torunia dojechał w kiepskim stanie. Mikołaj, osobisty sekretarz i oficjalny lekarz Łukasza, pospieszył wujowi, swojemu protektorowi, na pomoc, niestety Watzenrode jednak zmarł, będąc jeszcze w Toruniu. Mikołaj zabrał ciało wuja do Fromborka i biskup został pogrzebany w katedrze.

Bogdanowicz we wspomnianym wyżej artykule<sup>2</sup> pisze, że ze względu na to, iż Mikołaj opiekował się ołtarzem Świętego Krzyża we fromborskiej katedrze, przypuszczano, że jego grób może znajdować się właśnie w jego pobliżu i to skłoniło ekipę prof. Gąssowskiego do prac archeologicznych zapoczątkowanych w 2004 r. w tym miejscu. Czytając jednak wszelkie biografie Mikołaja i analizując jego życie, osobowość i niepokoje, jakie go nękały pod koniec życia, można sobie wyobrazić, że jego związek z tym jednym ołtarzem w katedrze był głębszy niż zwykła obowiązkowość.

Mikołaj zawdzięczał swoją edukację, a więc wszystko, co dla niego było ważne, swojemu protektorowi Łukaszowi Watzenrode, który po śmierci ojca astro-

<sup>4</sup> W każdej komórce ludzkiego ciała znajduje się kilkaset organelli, tzw. mitochondriów; każde mitochondrium zawiera od 4 do 20 cząsteczek kolistego DNA o długości 16569 par zasad, z których każda koduje 37 genów. Kod genetyczny mitochondriów różni się od genomu jądrowego.

<sup>5</sup> Genom mitochondrium koduje tylko od kilkunastu do kilkudziesięciu białek spośród kilkuset niezbędnych do jego funkcjonowania; pozostałe są kodowane przez genom jądrowy.

noma przejął opiekę finansową i moralną nad dwoma siostrzeńcami, Mikołajem i Andrzejem. Kiedy Łukasz zmarł w 1512 r., Mikołaj już od dwóch lat mieszkał we Fromborku, będąc od 1495 r. kanonikiem warmińskim. Można się więc zastanawiać, czy kanonik opiekował się ołtarzem Świętego Krzyża tylko dlatego, że był taki zwyczaj, iż dedykowano ołtarz wyściecanej osobie? A może był dodatkowy powód tej opieki? Czy można wykluczyć taką możliwość, że Mikołaj często się modlił przy tym ołtarzu, bo właśnie w tym miejscu pogrzebany był jego protektor? Nikt inny, tylko z pewnością właśnie Mikołaj doskonale wiedział, w którym miejscu w katedrze znajduje się grób wuja. Szacunek dla tych, co odeszli, jest głęboko zapisany w naszej tradycji, można więc przypuszczać, że właśnie to mogło być powodem, że kojarzy się Mikołaja właśnie z tym szczególnym ołtarzem w katedrze. Piękna, sentymentalna historia ubarwiająca tajemnicę Kopernika, ale czy są argumenty na to, żeby ją wykluczyć z rozważań? Oparta jest na takich samych przesłankach jak ta, która podkreśla obowiązkowość kanonika względem podopiecznego ołtarza, co stało się powodem rozpoczęcia poszukiwań grobu w tym właśnie miejscu. Czyje więc szczątki odnaleziono w tych wykopalißkach archeologicznych pod ołtarzem Świętego Krzyża? Jeśli obaj, biskup i kanonik, charakteryzowali się takim samym mt genem — to jak je odróżnić?

Artykuł *Odkrycie grobu Kopernika* Jerzego Gassowskiego<sup>7</sup>, opublikowany w „Archeologii Żywej” donosi o wyjątkowych trudnościach w poszukiwaniu krypty biskupów w katedrze fromborskiej, w której być może został pogrzebany biskup Łukasz Watzenrode. Autor pisze: „Dokładne pomiary architektoniczne krypty i jej bezpośredniego otoczenia, wraz z penetracją kanałów wentylacyjnych w strefie prezbiterium, wykazały minimalne prawdopodobieństwo istnienia tam oddzielnej malej krypty biskupiej”.

Czy istniały jakieś poważne powody, aby faktycznie ukryć miejsce pochówku biskupa Łukasza Watzenrode, o którego dobro przed i po śmierci z pewnością dbał obecny na miejscu kanonik?

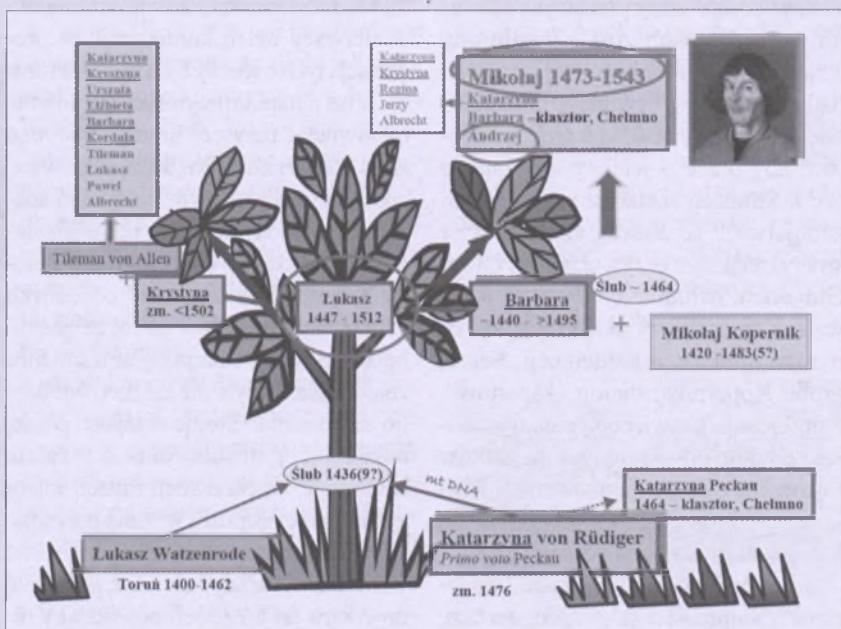
<sup>7</sup> J. Gassowski, *Odkrycie grobu Kopernika*, „Archeologia Żywa”, październik/grudzień 2009, nr 5(45).

Właśnie Mikołaj miał powody, a właściwie ci, którzy po nim pozostały, aby jego grób okryć tajemnicą. Strach przed Inkvizycją w związku z opublikowaniem na łóżu śmierci dzieła burżącego dotychczasowy porządek świata, lęk powodowany trzyletnią współpracą ze swoim jedynym studentem, Jerzym Joachimem Retykiem (Georg Joachim Rheticus), pochodzący z centrum luteranizmu i do tego skrywana tajemnica domniemanego związku z Anną Schilling – wszystko to mogło być powodem, że grób Kopernika nadal kryje jakaś nieznaleziona jeszcze krypta. Nie bez powodu Mikołaj zaznaczył w swoim testamencie, że niczym nie zasłużył na wyróżnienie po swojej śmierci i dlatego nie zostawia żadnych dyspozycji dotyczących swojego pogrzebu, jak było to wówczas w zwyczaju. A atmosferę strachu przed Inkvizycją w tamtych czasach można sobie odtworzyć na podstawie książki *Córka Galileusza* Davy Sobel, opartej na listach jednej z córek Galileusza, odizolowanej od świata klauzulą zakonną w nieopodal położonym klasztorze. Po śmierci Galileusza, z obawy przed karą za utrzymywanie z nim kontaktów przez jedną z zakonnic (córkę), choćby korespondencyjnych, zostały spalone w klasztorze wszystkie jego listy, a pozostały jako dokument tylko listy pisane przez córkę.

Jakie badania naukowe należy przeprowadzić, aby udowodnić, że znalezione szczątki należą do Mikołaja Kopernika, a nie do Łukasza Watzenrode? Jak rozstrzygnąć, że właśnie odkryte miejsce jest grobem biskupa Watzenrode,

a grób Kopernika pozostaje nadal okryty tajemnicą i jest niedostępny? Z pewnością nie można tego dokonać na podstawie badań mtDNA, skoro wujek i jego siostrzeniec odziedziczyli tę samą sekwencję. Jak można więc twierdzić, że tajemnica pochówku Kopernika jest odkryta? Zwłaszcza że w pytaniach postawionych powyżej nadal przyjmuje się założenie, że włosy zastosowane jako materiał porównawczy rzeczywiście należały do Mikołaja; jest to tylko przypuszczenie, a nie udokumentowany fakt. Należy przyznać, że założenie o autentyczności włosów staje się znacznie słabsze, zważywszy, że od 1543 r., czyli od śmierci Kopernika, do połowy XVII w., kiedy potop szwedzki zalał również Warmię i został skradziony księgozbiór astronoma jako łup wojenny, minęło więcej niż 100 lat. Czy przez ten okres NIKT z uczonych przebywających w kapitule fromborskiej nie studiował i nie przeglądał tych ksiąg? Może znalezione włosy w Uppsali i szczątki z Fromborka należały do innego kanonika czy biskupa, który przejął obowiązki po astronomie i stąd zgodność mtDNA włosów i szczątków kostnych?

Czy istnieją badania naukowe, które mogą autorytatywnie ustalić przynależność znalezionych szczątków do konkretnej osoby? Nawet odszukanie materiału nadającego się do badań mtDNA, a pochodzącego od siostry astronoma Barbary czy wspomnianej ciotki Katarzyny Peckau (obie były księżniczkami w zakończeniu w Chełmnie) nie odróżni szczątków doczesnych Mikołaja od jego wuja. Aczkolwiek, materiał taki potwierdził-



by (lub wykluczyły) słuszność założenia, że znalezione włosy w Uppsali należały do jednej z osób umieszczonych na drzewie genealogicznym, która dziedziczyła w linii żeńskiej to samo mtDNA; jednej z osób, a nie Mikołaja Kopernika!

Prawdopodobieństwo prawdziwości ogłoszonego świata odkrycia, w przypadku, gdyby udało się znaleźć materiał genetyczny w Chełmnie, łatwo można obliczyć według uczniowskiego schematu blokowego, prezentowanego poniżej.

Ze schematu wynika, że w rzeczywistości prawdopodobieństwo, że odnalezione szczątki należą do Mikołaja Kopernika jest mniejsze od 50%, przy założeniu, że trzy warunki „gdyby” są jednocześnie spełnione, czyli, między innymi, że szczątki w klasztorze w Chełmnie są odnalezione! Jeśli znalezienie szczątków w Chełmnie jest jednak niemożliwe, w rachunkach należy uwzględnić taką ewentualność, że włosy z Uppsali i szczątki kostne z Fromborka należą do zupełnie innej osoby. W takim przypadku (który jest bardziej realny, skoro dotychczas nie znaleziono jeszcze materiału porównawczego w Chełmnie) prawdopodobieństwo identyfikacji pochówku 13/05 spada do poniżej 33,3% (nadal przy założeniu 100% wiarygodności przeprowadzonych badań DNA). Czy wynik tej prostej arytmetyki można potraktować jako... pewność, że znaleziono grób Kopernika?

### Argumenty ekspertów

Sąd kryminalny wymaga stuprocentowego dowodu i całkowitego konsensu w ocenie winy przestępcy (dla tego O. J. Simpson został uwolniony z zarzutów morderstwa swojej żony). Sąd z powództwa cywilnego potrzebuje większości, czyli 50%+1 głosów jurorów, aby orzec o winie podejrzanej (O. J. Simpson został uznany winnym zabójstwa). Te zasady sądownictwa amerykańskiego przywołał prof. Owen Gingerich, najmłodszy Kawaler Konwalii Kopernika, w słowie wygłoszonym na zamknięciu konferencji „Sekret grobu Kopernika; dialog ekspertów”. Konferencja poświęcona autentyczności rzekomo odnalezionych szczątków astronoma była zorganizowana w Krakowie w dniach 22–23 lutego, tuż po kolejnych urodzinach Kopernika.

Jak odczytać tę uwagę prof. Gingera? Najprościej jako radę, że tam,

gdzie nie ma stuprocentowej pewności, czyli kiedy brakuje naukowych (a więc niepodważalnych) argumentów, albo istniejące zawodzą, należy zrezygnować z takiej drogi. W celu wyjścia z trudnej sytuacji, można wziąć pod uwagę głosy większości i oprzeć werdykt na woli ludu, czyli na emocjach i przekonaniach. W sytuacji dotyczącej grobu Kopernika znaczy to, że można ufundować symboliczny grób czy zorganizować symboliczny pochówek, jeśli większość tego oczekuje, pozostawiając jednocześnie jako tajemnicę autentyczne miejsce, w jakim zostały złożone jego szczątki na wieczny odpoczynek; nie ma bowiem niepodważalnego dowodu na prawdziwość ogłoszonego w mediach odkrycia! Realizacja tej rady zmieściłaby się nawet w ramach kultury i tradycji doświadczonego przez los narodu polskiego, dopełniając listę specjalnych miejsc, takich jak Groby Nieznanego Żołnierza, Grób Ofiar Katynia czy symboliczny grób błogosławionego Stefana Wincentego Frelichowskiego na cmentarzu św. Józefa w Toruniu — o symboliczny grób Mikołaja Kopernika w katedrze we Fromborku.

Konferencja w Krakowie faktycznie była dialogiem między dwiema stronami odseparowanymi od siebie, choć tylko w wyobraźni, trumienką ze szczątkami anonimowo identyfikowanymi jako 13/05, znalezionymi pod ołtarzem św. Krzyża we fromborskiej katedrze. Jedna strona tego dialogu, ta wierząca we własne odkrycie grobu Kopernika, czyli ekipa prof. J. Gąssowskiego z Pułtuska, prezentowała swoje argumenty w pierwszy dzień konferencji. Reprezentacja tych badaczy była raczej skromna, a na pytania merytoryczne głównie odpowiadał reżyser filmu „Tajemnica kodu Kopernika”, M. Juszczakiewicz, jakby był największym i jedynym specjalistą pośród tych, którzy ogłosili światu swój sukces. Po drugiej stronie dialogu byli wszyscy ci, którzy oczekiwali naukowych dowodów na to, że abstrahując od wiary i nadziei, w trumience znajdują się faktycznie szczątki wielkiego astronoma. Stojąc właśnie po tej oczekującej stronie, muszę z żalem stwierdzić, że po dwóch dniach intensywnej pracy (oprócz własnej prezentacji, tłumaczyłam dla prof. Gingera wszystkie wykłady) niewiele pozostało dowodów na to, że jest powód, aby or-

ganizować tzw. powtórny pochówek astronoma.

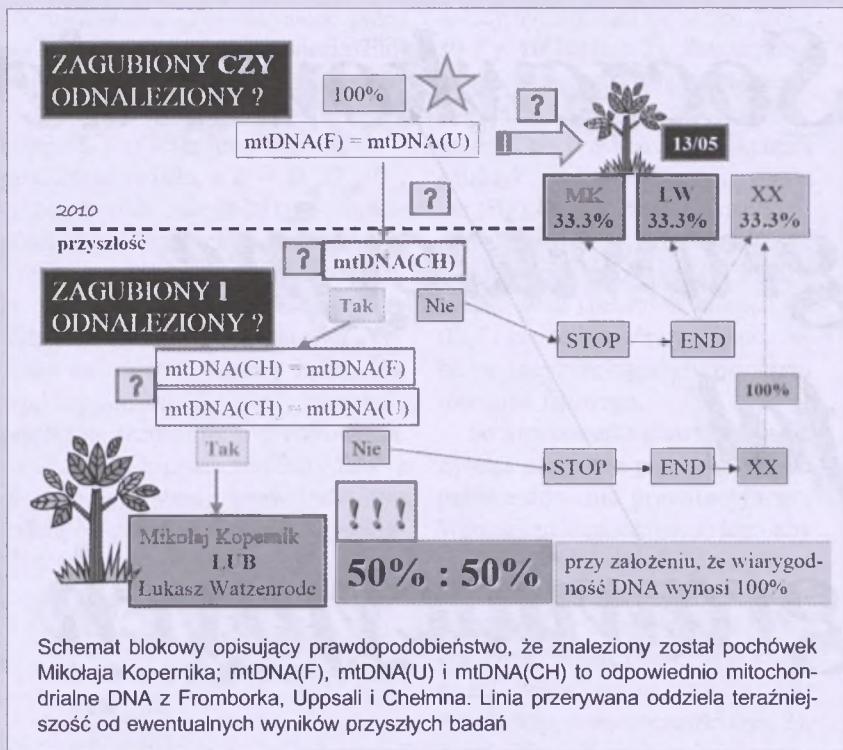
Dopiero na konferencji w Krakowie okazało się, że błędem jest założenie, iż badania archeologiczne, antropologiczne i genetyczne były przeprowadzone przez ekipę prof. Gąssowskiego ze 100% wiarygodnością! Tylko przy takim założeniu można było uzyskać 33,3% prawdopodobieństwa, że faktycznie odnaleziono pochówek Mikołaja Kopernika.

Jak duże jest to prawdopodobieństwo obecnie, po dialogu ekspertów odbytym w Krakowie? Co się okazało?

Między innymi należy wymienić następujące punkty:

**1. Blizna na odnalezionej czaszce**, będąca kluczowym argumentem w identyfikacji znalezionych szczątków przez jej porównanie z istniejącymi portretami astronoma (aczkolwiek powstały po jego śmierci), okazała się być tzw. rowkiem tężniczym, zgodnie z naukowymi argumentami dr. T. Kozłowskiego, antropologa z UMK; prof. K. Piasiecki, główny ekspert, który dokonał takiej identyfikacji, w rozmowie telefonicznej w czasie trwania obrad, wycofał swój argument, przyznając, że to może być faktycznie rowek tężniczy, a nie blizna. W mediach pojawiły się różne historie tłumaczące źródło tej niby-blizny. Profesor Gąssowski, na przykład, identyfikuje<sup>7</sup> bliznę jako „zapewne ślady rany ciętej”. Dla tych, którzy nie dopatrzyli się blizny na twarzy z portretem toruńskiego — uszkodzenie znalezionej czaszki było wynikiem uderzenia łopaty brutalnego grabarza przy okazji innego pochówku w bliskości uprzednio złożonych szczątków; powstała też wersja, że plądrujący Szewdzi dopuścili się vandalizmu... „*Wątpliwości wysunięto też w stosunku do diagnozy złamania nosa i pourazowej asymetrii czaszki. Okazuje się, że tego typu deformacje mogą mieć co najmniej kilkanaście przyczyn. Bez wykonania szczegółowych badań (np. rtg i CT) wnioski nie mogą być przyjęte bez zastrzeżeń*” — dodaje dr Kozłowski.

**2. Wiek zębów** odnalezionej czaszki nie był oszacowany zgodnie ze sztuką warsztatu antropologicznego, a argumenty, że Kopernik miał po prostu zdrowe (i białe) zęby, ponadto, należą do tzw. elity, przestrzegał dobrej diety, stał dobry stan jego uzębienia, mimo wieku 70 lat w chwili śmierci, całkowicie zo-



Schemat blokowy opisujący prawdopodobieństwo, że znaleziony został pochówek Mikołaja Kopernika; mtDNA(F), mtDNA(U) i mtDNA(CH) to odpowiednio mitochondrialne DNA z Fromborka, Uppsali i Chełmna. Linia przerywana oddziela teraźniejszość od ewentualnych wyników przyszłych badań

stały podważone. Nie same zęby, ale gradient między ostatnim i przedostatnim trzonowym zębem wskazuje stopień ich starcia, z którego można ocenić, stosując znane algorytmy, wiek ich posiadacza w chwili śmierci. W takich obliczeniach jako parametr można nawet uwzględnić jakość spozywanego pokarmu; badania tego typu, przeprowadzone przez dr. T. Kozłowskiego i dr. A. Sołtysiaka z UW wykazały, że czaszka 13/05 należała do mężczyzny, który zmarł w wieku od 20 do 40 lat, a nie 70, jak oceniła ekipa prof. Gąssowskiego (Mikołaj Kopernik zmarł w wieku 70 lat, podobnie jak jego wuj, biskup Łukasz Watzenrode — w wieku 65 lat, również pogrzebany w katedrze).

3. Szukająca wiadomość. Szczątki 13/05 zostały znalezione jako trzynasty pochówek pod ołtarzem św. Krzyża. Z danych opublikowanych przez ekipę prof. Gąssowskiego wynika, że na głębokości około 2 m pod posadzką znaleziono prawie kompletny pochówek, nazwany numer 2; tylko obok niego, jakby równolegle do znalezionej prawie kompletnego kościca, odkryto kilka kości długich. Powyżej pochówki numer 2 została znaleziona czaszka zidentyfikowana jako Kopernika. Problem polega na tym, że czaszka ta ułożona była w gruncie tylko 8 cm powyżej pochówki numer 2. Czy w warstwie o grubości 8 cm może zmieścić się pochówek człowieka? Czy można więc uznać, że

odnaleziony został grób jakiegokolwiek człowieka, abstrahując nawet, że nie ma dowodu, że odnaleziono szczątki Kopernika! Niezależnie od tego, czyje fragmentaryczne szczątki odkryto w tym miejscu, jest ewidentne, że to miejsce było tzw. pochówkiem wtórnym, czyli przypadkowym miejscem złożenia części szczątków, które pierwotnie pogrzebane były w innym miejscu.

4. Według tradycji kanonicy katedry opiekowali się przypisanymi im ołtarzami; jest 16 ołtarzy we fromborskiej katedrze i zachowało się 16 list z nazwiskami kolejnych opiekunów. Nie ma jednak zapisów historycznych odnośnie pochówku kanoników, tylko zwyczajowo uważa się, że byli oni grzebani pod „swoim” ołtarzem. Aczkolwiek, sam prof. Gąssowski przyznaje („Mówią Wieki”, luty 2006), że wielkim zaskoczeniem było znalezienie pochówku kanonika Andrzeja Gąsiorowskiego pod ołtarzem, którym się za życia nie opiekował. Były więc wyjątki, skąd więc pewność badaczy, że właśnie pod ołtarzem św. Krzyża należy szukać grobu astronoma?

5. Rekonstrukcja twarzy Mikołaja Kopernika na podstawie znalezionej czaszki i jej podobieństwo do istniejących portretów astronoma było również gorąco krytykowane w czasie konferencji. Przytoczone naukowe argumenty dr. T. Kozłowskiego i dr. A. Sołtysiaka były wymowne i tak wielkiego kalibru, że

należy im poświęcić osobną analizę, zwłaszcza że artystycznie wykreowany rzekomy wizerunek Kopernika w podszym wieku obiegł cały świat (autor tej rekonstrukcji nie był obecny na konferencji!).

Jakie jest więc prawdopodobieństwo, że 13/05 są szczątkami Kopernika i że odnaleziono jego pochówek, skoro przy teoretycznym założeniu pełnej wiarygodności przeprowadzonych badań prawdopodobieństwo to wynosiło tylko 33,3%? Jednocześnie, w świetle odbytych w Krakowie dyskusji, nasuwa się refleksja związana ze skandalem powtórnego pochówku Stanisława Witkiewicza sprzed lat. Czyżbyśmy nie wyciągnęli z tamtego doświadczenia żadnych wniosków? Wyciszenie emocji i medialnego hałasu, w obliczu braku naukowych dowodów na słuszność doniesień, jest ważne zwłaszcza w sytuacji, kiedy nagłaśniana sprawa nie dotyczy tylko narodowego bohatera, ale obywatela świata.

### Epilog

Gdyby była możliwość przeprowadzenia głosowania jurorów, tak jak w procedurze sądu cywilnego — ja oddałabym swój głos do puli 50%+1 tych, których pobożnym życzeniem jest ufundowanie symbolicznego grobu Mikołaja Kopernika. Z punktu widzenia nauki jednak, szczególnie teraz, po konferencji w Krakowie, jasno widać, że to nie koniec badań, jak zapowiedział prof. W. Bogdanowicz (członek ekipy profesora Gąssowskiego), ale ich początek; jeszcze bardziej fascynujący niż w 2005 r., kiedy zaczęły się poszukiwania. Ten wniosek może otworzyć nowy rozdział poszukiwań grobu Kopernika, jeśli wystarczy sił, determinacji i... pieniędzy tym, którzy chcą dojść do prawdy. Dokąd skierują swoje kroki uczeni archeolodzy i antropolodzy, aby dostarczyć genetykom materiału biologicznego do dalszych badań? Czyżby do Chełmna, jak przewidziano na schemacie blokowym powyżej?

*Autorka jest profesorem fizyki, specjalistą mechaniki kwantowej. Pracuje na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i Uniwersytecie Vanderbilta w USA. Interesuje się historią nauki*

# Soczewkowanie grawitacyjne fal grawitacyjnych

Fale grawitacyjne mogą grać dwójką rolę w zjawisku soczewkowania grawitacyjnego: być zakrzywiane przez masywne obiekty, ale także pełnić funkcję soczewki.

Ogólna teoria względności (OTW), opublikowana przez Alberta Einsteina w 1916 r., pozwoliła jej twórcy przewidzieć istnienie nieznanychówczas zjawisk fizycznych. Nowe, rewolucyjne spojrzenie na czas, przestrzeń i materię doprowadziło do sformułowania wniosków o równoważności masy i energii, zakrzywieniu promieni świetlnych (w polu grawitacyjnym) czy skończonej prędkości przesyłu informacji. Soczewkowanie grawitacyjne i fale grawitacyjne są więc dziećmi OTW.

Soczewkowanie grawitacyjne zostało potwierdzone obserwacyjnie w 1979 r., kiedy to Dennis Walsh, Bob Carswell i Ray Weymann zarejestrowali podwójny obraz kwazara Q0957+561. Do dziś zebrano mnóstwo dowodów na istnienie tego zjawiska, a słabe i silne soczewkowanie grawitacyjne stało się niezwykle użyteczną metodą badawczą

w astronomii. Detekcja soczewkowania grawitacyjnego jest możliwa, gdy elementy układu soczewkującego znajdują się w odpowiednich położeniach względem siebie. Odległość kątowa źródła i soczewki na niebie obserwatora musi być na tyle mała, aby promień świetlny emitowany przez źródło, po zakrzywieniu przez soczewkę, zdołały do niego dotrzeć. Zjawisko to dotyczy zresztą nie tylko światła widzialnego, ale każdego rodzaju fal elektromagnetycznych o dowolnej długości. Co więcej, fale grawitacyjne, jako forma energii, również oddziaływują grawitacyjnie z soczewką i są posłużone temu zjawisku.

Ponieważ promieniowanie elektromagnetyczne i promieniowanie grawitacyjne znacznie się od siebie różnią (tab. 1), zasadne staje się więc pytanie, czy w przypadku soczewkowania fal grawitacyjnych można zastosować ten sam formalizm, jaki jest używany do opisu soczewkowania fal elektromagnetycznych. Aby udzielić poprawnej odpowiedzi, należy przypomnieć, iż dla

Fot. NASA

soczewkowania grawitacyjnego przez punktową masę  $M_L$ , kąt (promienia) Einsteina

$$\Theta_E = (4GM_L D^{-1}/c^2)^{1/2}$$

(gdzie  $G$  jest stałą grawitacyjną,  $c$  — prędkością światła, a  $D = D_{OL}D_{OS}/D_{LS}$  — parametrem odległości (rys. 1)), stanowi charakterystyczną skalę kątową. Efekty soczewkowania stają się znaczące tylko wtedy, gdy wszystkie elementy układu zawierają się wewnątrz kąta  $\Theta_E$ . Jeżeli zaś rozmiar kątowy źródła jest większy niż kąt  $\Theta_E$ , wtedy następuje osłabienie rezultatów soczewkowania. Można więc zapisać, że efekty falowe w soczewkowaniu grawitacyjnym zależą od parametru dyfrakcji  $y$  określonego w sposób następujący:

$$\begin{aligned} y &= (4\pi G/c^2)(M_L/\lambda) = \\ &= 2 \cdot 10^4 (1 \text{ m}/\lambda)(M_L/M_\odot) = \\ &= 2 \cdot 10^{-5} (\nu/1 \text{ Hz})(M_L/M_\odot) = \\ &= 2\pi R_{Sch}^L/\lambda, \end{aligned}$$

gdzie  $\lambda$  jest długością soczewkowanej fali,  $M_\odot$  masą Słońca,  $\nu$  częstotliwością soczewkowanej fali, a  $R_{Sch}^L$  promieniem grawitacyjnym (Schwarzschilda) soczewki (gdy obiekt o danej masie ma promień mniejszy niż swój promień grawitacyjny, wówczas może on istnieć tylko w postaci czarnej dziury).

Parametr dyfrakcji mierzy liczbę stref Fresnela (dzieli one powierzchnię falową na strefy w taki sposób, aby odległość od skrajów każdej strefy do punktu, w którym mierzy się natężenia, różniły się o pół długości fali) wnioskującą wkład do zjawiska soczewkowania. Dla  $y \sim \infty$  stosuje się optykę geometryczną, podczas gdy dla  $y \sim 1$  efekty dyfrakcji stają się na tyle znaczące, iż konieczne jest użycie optyki falowej. Ponieważ zakres częstotliwości fal gra-

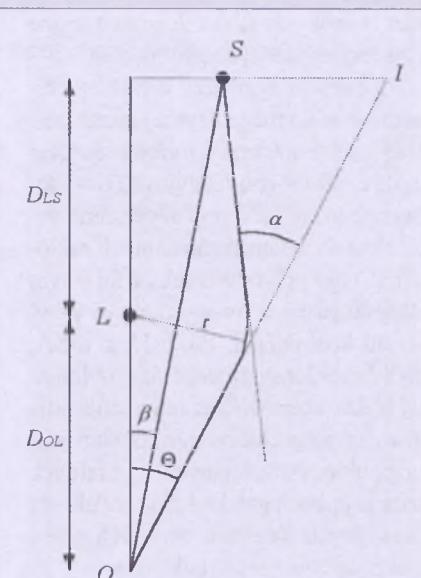
witacyjnych mieści się w przedziale  $10^{-18} \div 10^4 \text{ Hz}$  (tab. 2), dlatego przyjmując, że soczewkami grawitacyjnymi mogą być galaktyki, gromady galaktyk czy czarne dziury w centrum galaktyk, można obliczyć, iż wysokie (HF) i spora część niskich (LF) częstotliwości znajdują się w reżimie optyki geometrycznej, a dla bardzo niskich (VLF) i ekstremalnie niskich (ELF) częstotliwości (rys. 2) potrzeba bardziej precyzyjnych rozwiązań równania falowego.

Soczewkowanie grawitacyjne nie zawsze powoduje przyrost sygnału promieniowania grawitacyjnego. Warunkiem koniecznym do tego, aby fale grawitacyjne dotarły do obserwatora wzmacnione, jest posiadanie przez nie częstotliwości wyższej niż tzw. częstotliwość graniczna  $\omega_c$  (zwana też częstotliwością odcięcia). Jest ona funkcją masy soczewki (rys. 3), a definiuje się ją następująco:

$$\begin{aligned} \omega_c &= ((\pi/10)(GM_L/c^3))^{-1} = \\ &= ((\pi/5)(R_{Sch}^L/c))^{-1}. \end{aligned}$$

Rola soczewki jest więc podwójnie kluczowa, ponieważ nie tylko zatrzymywia ona fale grawitacyjne, ale również determinuje zakres fal grawitacyjnych podlegających detekcji.

Porównanie rys. 2 i 3 prowadzi do wniosku, iż najłatwiej powinno się dać zaobserwować fale grawitacyjne o wysokiej częstotliwości. Dlatego też już działające, jak też właśnie budowane detektory naziemne (opisane częściowo w „Uranii” 6/2002 oraz w tab. 3 zamieszczonej poniżej) operują w tym właśnie zakresie częstotliwości. Szukają one sygnałów grawitacyjnych pochodzących przede wszystkim z układów



Rys. 1. Soczewkowanie grawitacyjne przez punktową masę:

O – obserwator

L – soczewka

S – źródło

I – obraz źródła

$\alpha$  – kąt pomiędzy źródłem i obrazem

$\beta$  – kąt pomiędzy soczewką a źródłem

$\Theta$  – kąt pomiędzy soczewką a obrazem

r – parametr zderzenia

$D_{OL}$  – odległość obserwatora – soczewka

$D_{LS}$  – odległość soczewka – źródło

Rysunek z pracy Arnaud Varvella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., Gen. Rel. Grav. 36 (2004) 983

podwójnych obiektów zwartych (gwiazda neutronowa — gwiazda neutronowa, czarna dziura — czarna dziura lub gwiazda neutronowa — czarna dziura), a w szczególności w układach, które znajdują się w ostatnim etapie swojej egzystencji, czyli tuż przed połączeniem się obu składników. W momencie zlania się układu w jeden obiekt i kolapsu do postaci czarnej dziury, emitowane są bo-

Tabela 1. Porównanie własności fal elektromagnetycznych i fal grawitacyjnych.

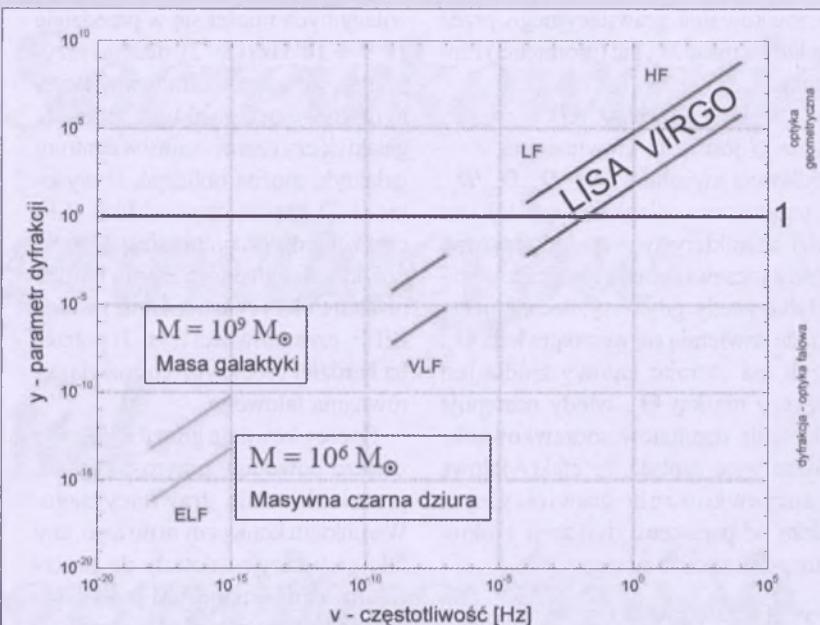
Tabela wykonana na podstawie pracy: Arnaud Varvella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., Gen.Rel.Grav. 36 (2004) 983-999 i prezentacji Monica Arnaud Varvella, *Gravitational Lensing of Gravitational Waves applied on Gravitational Waves detectors*, Les Arcs 22–29/3/03, Gravitational Waves and Experimental Gravity

Właściwość	Fale elektromagnetyczne	Fale grawitacyjne
Natura	oscylacje pola elektromagnetycznego w czasoprzestrzeni	oscylacje geometrii czasoprzestrzeni
Źródła	niespójne superpozycje cząstek	spójny ruch masy–energii
Długość fali	mała w porównaniu do źródeł	porównywalna lub większa od źródeł
Rodzaj emisji	dipolowa	kwadrupolowa
Zakres częstotliwości	powyżej $10^7 \text{ Hz}$	$10^{-18} \text{ Hz} \div 10^4 \text{ Hz}$
Wielkość mierzalna	natężenie	amplituda
Właściwości	łatwo absorbowalne, rozpraszają się	prawie niezaburzane przez materię

wiem niezwykle silne fale grawitacyjne o bardzo wysokiej częstotliwości.

Rejestracja sygnałów o niskiej częstotliwości wymaga użycia jeszcze bardziej czułej aparatury (niż tej służącej do detekcji fal grawitacyjnych o wysokiej częstotliwości) oraz wyeliminowania ziemskich i instrumentalnych zakłóceń. Z tego powodu detektor fal o tym zakresie zostanie umieszczony w przestrzeni kosmicznej. Po 2015 r. LISA, czyli *Laser Interferometer Space Antenna*, będzie obserwować zaburzenia pola grawitacyjnego, których źródło stanowić mogą układy zlewających się czarnych dziur w jądrach galaktyk, jak też układy podwójnych obiektów zwartych przed fazą połączenia się składników.

Poszukiwania soczewkowanych sygnałów fal grawitacyjnych należy prowadzić w danym kierunku przestrzennym, w przeciwnieństwie do fal grawitacyjnych niezakrzywionych, które są propagowane izotropowo. Współczynnik wzrostu amplitudy fal soczewkowanych zależy od kąta pomiędzy soczewką a źródłem na niebie obserwatora (kąt  $\beta$  na rys. 1). Aby źródło było widoczne, amplituda fal grawitacyjnych przez nie emitowanych musi być wyższa od pewnej wartości progo-



Rys. 2. Zależność parametru dyfrakcji od częstotliwości w skali logarytmicznej.  
Rysunek wykonany na podstawie prezentacji: Monica Arnaud Varvella, *Gravitational Lensing of Gravitational Waves applied on Gravitational Waves detectors*, Les Arcs 22–29/3/03, *Gravitational Waves and Experimental Gravity*

wej. Uwzględniając powyższe fakty, można wyznaczyć liczbę sygnałów rejestrowanych przez obserwatora oraz względny przyrost liczby sygnałów pomiędzy przypadkiem braku soczewko-

wania i w przypadku jego obecności. Jeżeli są widoczne dwa obrazy, wówczas należy wziąć pod uwagę, iż wkład pochodzący od jednego z nich będzie mieć znak przeciwny do drugiego.

Tabela 2. Zakresy częstotliwości fal grawitacyjnych i odpowiadające im próbniki.

Tabela wykonana na podstawie pracy: Arnaud Varvella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., Gen.Rel.Grav. 36 (2004) 983–999

Częstotliwość [Hz]	Zakres	Próbnik
$10^{-18} \div 10^{-15}$	ELF	promieniowanie reliktowe tła (CMB)
$10^{-9} \div 10^{-7}$	VLF	taktowanie pulsara
$10^{-4} \div 1$	LF	eksperyment LISA
$1 \div 10^4$	HF	detektory naziemne

Tabela 3. Wybrane naziemne detektory fal grawitacyjnych.

Tabela wykonana na podstawie internetowych stron domowych danych projektów.

Nazwa	Lokalizacja	Amplituda progowa detekcji $h_{th}$ przy 1 kHz [ $\text{Hz}^{-1/2}$ ]	Zakres częstotliwości
Istniejące			
VIRGO	Cascina, Włochy	$3 \cdot 10^{-23}$	10 Hz $\div$ 6 kHz
LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory)	Livingston, Kalifornia, USA	$1 \cdot 10^{-22}$	10 Hz $\div$ 10 kHz
GEO 600	Ruthe, Niemcy	$2 \cdot 10^{-22}$	50 Hz $\div$ 2 kHz
TAMA 300	Mitaka, Japonia	$5 \cdot 10^{-21}$	brak danych
CLIO (Cryogenic Laser Interferometer Observatory)	Kopalnia Kamioka, Gifu, Japonia	brak danych	brak danych
MiniGrail	Leiden, Holandia	$5 \cdot 10^{-20}$	brak danych

Tabela 4. Porównanie dwóch modeli soczewek: soczewki Schwarzschilda i pojedynczej izotermicznej sfery SIS. Tabela wykonana na podstawie pracy: Arnaud Varrella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., Gen.Rel.Grav. 36 (2004) 983-999

Model	Soczewka	Masa soczewki $M_L [M_\odot]$	Odległość obserwator – soczewka $D_{OL} [\text{Mpc}]$	Kąt (promienia) Einstein $\Theta_E [\text{"}]$	Dyspersja prędkości $\sigma_v [\text{km/s}]$	Przyrost sygnału $\Delta N/N_0$
Schwarzschilda	gromada Virgo	$10^{14}$	15	231	–	$5 \cdot 10^{-7}$
	typowa galaktyka	$10^9$	1	2,8	–	$10^{-10}$
	czarna dziura Sgr A*	$2,6 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^{-3}$	1,6	–	$3 \cdot 10^{-11}$
Profil SIS	gromada Virgo	$10^{14}$	15	14,1	700	$10^{-4}$
	typowa galaktyka	$10^9$	1	1,1	200	$8 \cdot 10^{-6}$
	czarna dziura Sgr A*	$2,6 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^{-3}$	0,6	150	$4 \cdot 10^{-6}$

Wyznaczenie wyników ilościowych zjawiska soczewkowania grawitacyjnego fal grawitacyjnych wymaga określenia modelu soczewki. Najprostsze z nich to model masy punktowej (Schwarzschilda) oraz model pojedynczej izotermicznej sfery (SIS), charakteryzujący się danym rozkładem masy  $M(R)$  wewnętrz sfery o promieniu  $R$  i prędkością rotacji

$$v_{rot} = \sqrt{2}\sigma_v$$

gdzie  $\sigma_v$  jest dyspersją prędkości. O ile w pierwszym z wymienionych modeli zawsze są generowane dwa obrazy, to w drugim z nich dwa obrazy są widoczne tylko w przypadku, gdy źródło leży wewnątrz pierścienia Einsteina.

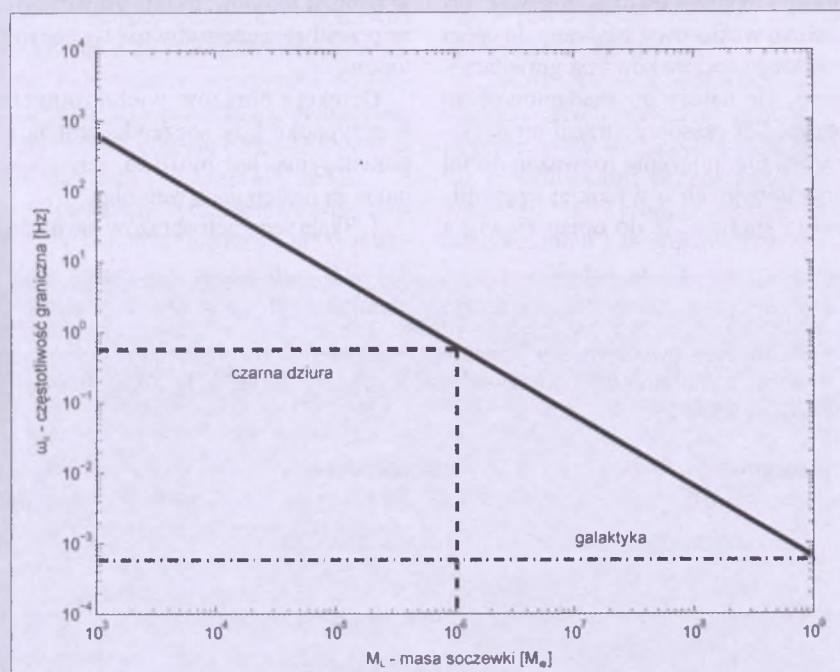
Zastosowanie obu modeli do takich kandydatów na soczewki, jak gromada Virgo, jakaś typowa galaktyka odległa o 1 Mpc (megaparsek) czy czarna dziura Sgr A\* (w centrum Galaktyki, w gwiazdozbiorze Strzelca) pozwala uzyskać rezultaty liczbowe, przedstawione w tab. 4. Pierwsze, co rzuca się w oczy, to bardzo niski, wręcz zaniedbywalny przyrost sygnału, niezależnie od rodzaju soczewki i niezależnie od jej modelu. Drugie spostrzeжение dotyczy tego, że wyniki są wysoce zależne od typu modelu soczewki. Jednakże zastosowanie innych, bardziej zaawansowanych modeli, nie powoduje, jak na razie, istotnej poprawy wartości parametru  $\Delta N/N_0$ .

Obecnie pracujące detektory (naziemne) mają ciągle na tyle niską czu-

łość, że detekcja fal grawitacyjnych, dla których amplituda sygnału nie przekracza w sposób znaczący poziomu tła, jeszcze nie nastąpiła. Pomimo znienności efektu przyrostu sygnału, soczewkowanie grawitacyjne może być jednak niesłychanie użyteczne podczas pierwszej rejestracji fal grawitacyjnych. Kluczowe znaczenie ma fakt istnienia podwójnych obrazów. Jeżeli są one odseparowane, wówczas należy wychwycić dwa identyczne sygnały w dwóch różnych kierunkach nieba. Jeżeli zaś

dwa obrazy znajdują się zbyt blisko siebie, aby można było je oddzielić w detektorze, wtedy trzeba sprawdzać opóźnienie czasowe pomiędzy bliźniaczymi sygnałami. Niestety, ten drugi przypadek jest znacznie mniej użyteczny niż pierwszy, ponieważ niepewność wyznaczenia kąta  $\beta$  (patrz rys. 1) jest zbyt duża bez dodatkowych informacji na temat źródła (tab. 5).

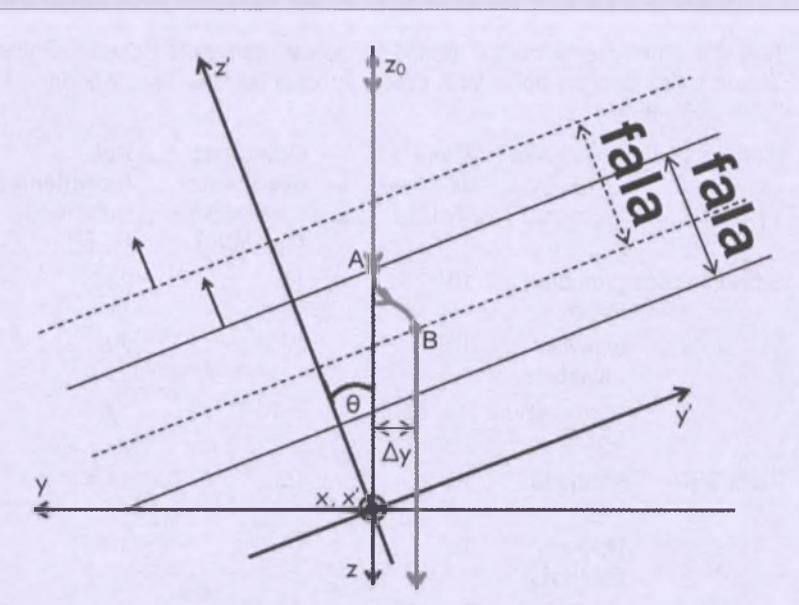
Z badań przeprowadzonych do tej pory wynika, iż soczewkowanie grawitacyjne fal grawitacyjnych nie jest inte-



Rys. 3. Zależność częstotliwości granicznej od masy soczewki w skali logarytmicznej. Rysunek wykonany na podstawie pracy: Arnaud Varrella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., 2003, Gen.Rel.Grav. 36 (2004) 983-999

resujące ze statystycznego punktu widzenia, jakkolwiek może być ono pomocne podczas detekcji fal grawitacyjnych. W przyszłości, podobnie jak w przypadku fal elektromagnetycznych, może jednak stać się ono narzędziem pozwalającym określić rodzaj źródła fal grawitacyjnych oraz wyznaczać niektóre jego parametry. Poza tym spodziewamy się, iż posłuży ono do lepszego poznania właściwości promieniowania reliktyowego tła (CMB) oraz do wyznaczenia skali energii inflacji. Do osiągnięcia tych celów są potrzebne jednak przede wszystkim instrumenty nowej generacji o wyższej czułości, jak również zastosowanie bardziej wyszukanego i realistycznego modelu soczewki, a także rewizja modelu całego zjawiska, uwzględniająca niezwykle słabą absorpcję fal grawitacyjnych przechodzących przez materię.

Generacja obrazów wielokrotnych w zjawisku soczewkowania grawitacyjnego jest możliwa także w przypadku, gdy źródło emituje fale elektromagnetyczne i są one zakrywiane przez fale grawitacyjne. Rozpatrując wygląd układu soczewkującego, należy pamiętać, iż w przypadku ugięcia światła przez fale grawitacyjne soczewka nie jest klasycznym, widzialnym obiektem obdarzonym masą, jak np. gromada galaktyk czy gwiazda neutronowa. Co prawda można wówczas stosować formalizm wektorowy, używany do opisu zwykłego soczewkowania grawitacyjnego, ale należy go zaadaptować do przypadku czasoprzestrzeni niestacjonarnej. Ograniczenie rozważań do fal grawitacyjnych o wysokiej częstotliwości sprawia, iż do opisu zjawiska



Rys. 4. Przejście fotonu przez puls fali grawitacyjnej (szczegółowy opis w tekście). Rysunek wykonany na podstawie pracy: Bisnovatyi-Kogan, G. S. i Tsupko, O. Yu., 2008, Grav.Cosmol.14:226-229, 2008

w zupełności wystarcza optyka geometryczna.

Ponieważ kąt ugięcia przelatującej w pobliżu soczewki fali elektromagnetycznej nie zależy od długości tej fali, dlatego też fale grawitacyjne traktuje się jako soczewkę achromatyczną, czyli jak zwykłą (klasyczną) soczewkę grawitacyjną, jakkolwiek istnieje między nimi pewna różnica. Podczas gdy zwykłe soczewki grawitacyjne nie zmieniają częstotliwości propagowanych w pobliżu fotonów, to fale grawitacyjne przesuwają częstotliwość tychże fotonów.

Detekcja obrazów wielokrotnych w przypadku gdy soczewką jest fala grawitacyjna, jest możliwa, gdy spełnione są następujące warunki:

1. Skala separacji obrazów nie może

być mniejsza niż  $10^{-3}$  sekundy łuku (arcsec), czyli amplituda fali grawitacyjnej  $h$  musi być równa co najmniej  $5 \cdot 10^{-9}$ .

2. Parametr zderzenia  $r$  musi być większy niż długość fali grawitacyjnej  $\lambda$ .

3. Soczewka nie może występować zbyt rzadko.

4. Okres fali grawitacyjnej  $P$  nie może być zbyt krótki (mniejszy niż  $10^8$  sekundy (sec)).

Obliczenia ilościowe pozwalają określić, dla jakich rzeczywistych astrofizycznych źródeł promieniowania grawitacyjnego mogą występować obrazy wielokrotne. Z matematycznego punktu widzenia warunek konieczny do tego, aby utworzyły się takie obrazy, jest następujący:

Tabela 5.

Porównanie dwóch modeli soczewek: soczewki Schwarzschilda i pojedynczej izotermicznej sfery SIS. Tabela wykonana na podstawie pracy: Arnaud Varvella, M., Angonin, M. C. i Tourrenc, Ph., Gen.Rel.Grav. 36 (2004) 983-999

Model	Soczewka	Opóźnienie czasowe $\Delta t [(\beta/60^\circ) \text{ lata}]$
Schwarzschilda	gromada Virgo	$1,2 \cdot 10^5$
	typowa galaktyka	120
	czarna dziura Sgr A*	0,3
Profil SIS	gromada Virgo	$6 \cdot 10^3$
	typowa galaktyka	37
	czarna dziura Sgr A*	0,2

Tabela 6. Możliwość tworzenia obrazów wielokrotnych przez najczęściej spotykane astrofizyczne źródła fal grawitacyjnych.

Tabela wykonana na podstawie pracy: Faraoni, V. [w:] Proceedings of the Pacific Conference on Gravitation and Cosmology, 1998

Źródło	D[m]	r[m]	Dh/P	Obrazy wielokrotne
Kolaps jądra gwiazdy	$\sim 6 \cdot 10^{16}$	$\sim 10^{12}$ ?	$\sim 10$	tak?
Rozpad układu podwójnego gwiazd neutronowych	$\sim 3 \cdot 10^{14}$ $\sim 6 \cdot 10^5$	$\sim 5 \cdot 10^8$ $\sim 6 \cdot 10^5$	$\sim 10$ $\sim 10$	tak
Zderzenie czarnych dziur	$\sim 3 \cdot 10^{15}$ $\sim 6 \cdot 10^{17}$	$\sim 3 \cdot 10^8$ $\sim 10^{10}$	$\sim 10$	tak
Pulsar w układzie podwójnym	-	-	-	nie
Grawitacyjne promieniowanie tła	-	-	$\ll 1$	nie

$$Dh/P \geq (4+10)c,$$

gdzie  $D$  jest parametrem odległości (rys. 1), a  $c$  prędkością światła (która, przy rozpatrywaniu zagadnień związanych z ogólną teorią względności, zwykle wyraża się w takich jednostkach, że jej wartość przyrównuje się do jedności). W tab. 6 przedstawiono pięć typowych źródeł fal grawitacyjnych. Jak widać, pierwsze trzy z nich umożliwiają tworzenie się obrazów wielokrotny-

nych. Aczkolwiek podczas kolapsu jądra gwiazdy dopuszczalny zakres wartości parametru zderzenia jest dość wąski. Dlatego też wydaje się, iż najłatwiejsza okaże się rejestracja obrazów wielokrotnych, gdy soczewkujące fale grawitacyjne będą pochodzić od zderzających się czarnych dziur czy rozwadających gwiazd neutronowych (pojedynczych lub układu dwóch takich gwiazd).

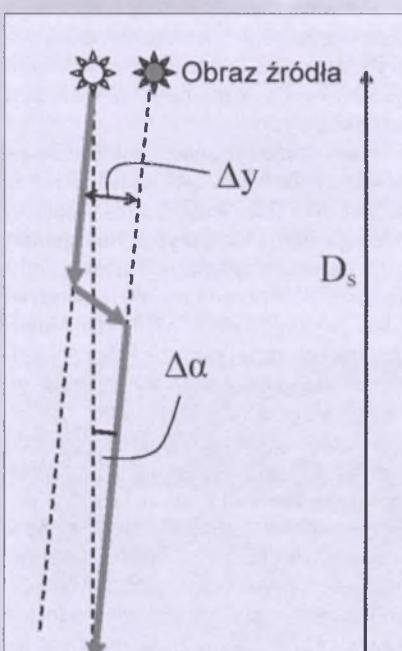
Zastanówmy się teraz, co się stanie, jeżeli parametr zderzenia  $r$  będzie coraz bardziej maleć, aż nastąpi „kolizja” fali elektromagnetycznej z soczewką. Cudzysłów w poprzednim zdaniu jest jak najbardziej uzasadniony, ponieważ nie dojdzie do jakiegokolwiek zderzenia. Fala elektromagnetyczna po prostu przeniknie przez falę grawitacyjną. Czy jednak dojdzie do oddziaływania między nimi? Okazuje się, że tak.

Rozważmy sytuację przedstawioną na rys. 4. Foton znajdujący się w punkcie  $z_0$  zmierza w kierunku  $z$ . Puls fali grawitacyjnej przesuwa się w kierunku  $z$ .  $\Theta$  w tym przypadku oznacza kąt zowany pomiędzy kierunkami propagacji fotonu i fali grawitacyjnej. Kontakt fotonu z falą grawitacyjną (punkt A) zmienia kierunek jego lotu. Zmiana ta trwa aż do momentu opuszczenia przez foton fali grawitacyjnej (punkt B), po czym foton wraca na trajektorię w kierunku  $z$ , która jednakże jest przesunięta względem jego pierwotnego (niezaburzonego) toru o wartość  $\Delta y$ . Przesunięcie to jest funkcją kąta  $\Theta$ . Dla  $\Theta = 0$  (kierunki fotonu i fali grawitacyjnej są w stosunku do siebie równoległe) nie ma przesunięcia, następnie rośnie ono wraz ze zwiększe-

niem się kąta  $\Theta$ , aż osiąga wartość maksymalną dla  $\Theta = 90^\circ$  (kierunek fotonu jest prostopadły do kierunku fali grawitacyjnej). Zależy ono również (liniowo) od amplitudy fali grawitacyjnej  $h$ .

Efekt przesunięcia opisany powyżej implikuje zmianę kątowej pozycji źródła fali elektromagnetycznej  $\Delta\alpha$  na niebie obserwatora (rys. 5). Wielkość tej zmiany jest wprost proporcjonalna do przesunięcia  $\Delta y$  i odwrotnie proporcjonalna do odległości źródła — obserwator ( $D_s$ ). Jeżeli przykładowo przyjmujemy następujące wartości:  $\Delta y = 10^{-11}$  Mpc (megaparseków), czyli  $h = 10^{-11}$  i  $D_s = 100$  Mpc, to obliczona wartość  $\Delta\alpha$  wynosi  $2 \cdot 10^{-8}$  arcsec.

Zjawisko soczewkowania fal elektromagnetycznych przez fale grawitacyjne powinno dać się zaobserwować zgodnie z wnioskami przedstawionymi w tab. 6. W sytuacji znalezienia odpowiednich kandydatów potrzebna będzie dokładna analiza danego przypadku w celu wykluczenia możliwości, iż to soczewka innego rodzaju niż fale grawitacyjne powoduje to zjawisko. Jeżeli zaś chodzi o efekt zmiany pozycji kątowej źródła, to jego skala jest tak niska, iż detekcja pozostaje poza możliwościami współczesnych instrumentów.



Rys. 5. Obserwowany efekt przesunięcia trajektorii fotonu przy przejściu przez puls fal grawitacyjnej (szczegółowy opis w tekście).

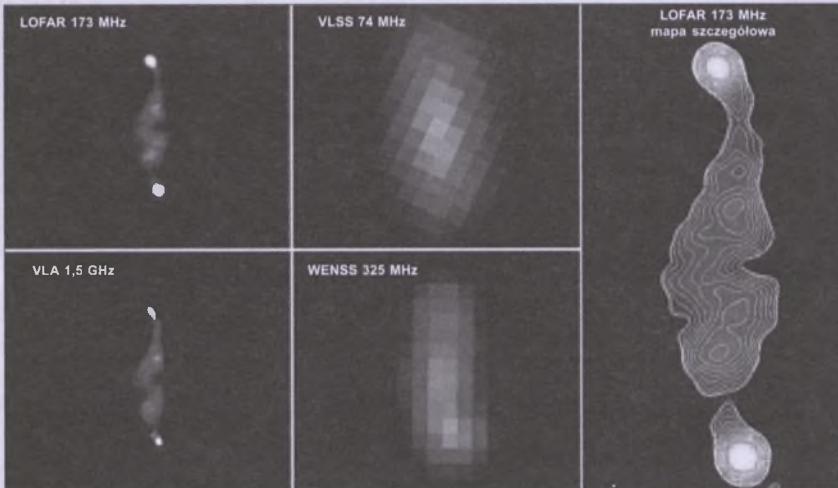
Rysunek wykonany na podstawie pracy: Bisnovatyi-Kogan, G. S. i Tsupko, O. Yu., Grav.Cosmol.14:226-229,2008

*Janusz Osarczuk jest astronomem wrocławskim zajmującym się dwoma nurtami badań: soczewkowaniem grawitacyjnym oraz fizyką protuberancji słonecznych. Jest aktywnym popularyzatorem nauki*

### Pierwsze ważne dane z interferometru LOFAR

Mamy pierwsze szczegółowe mapy radiowe wykonane przy pomocy sieci interferometrycznej LOFAR! W grudniu 2009 r. przeprowadzono w Holandii (ASTRON) kompleksowe, 60-godzinne obserwacje radiogalaktyki aktywnej **3C61.1**. Na obecnym etapie budowy interferometru wykorzystano 16 stacji centralnych oraz 4 stacje zdalne (o dużych bazach interferometrycznych w stosunku do centrum dowodzenia projektem).

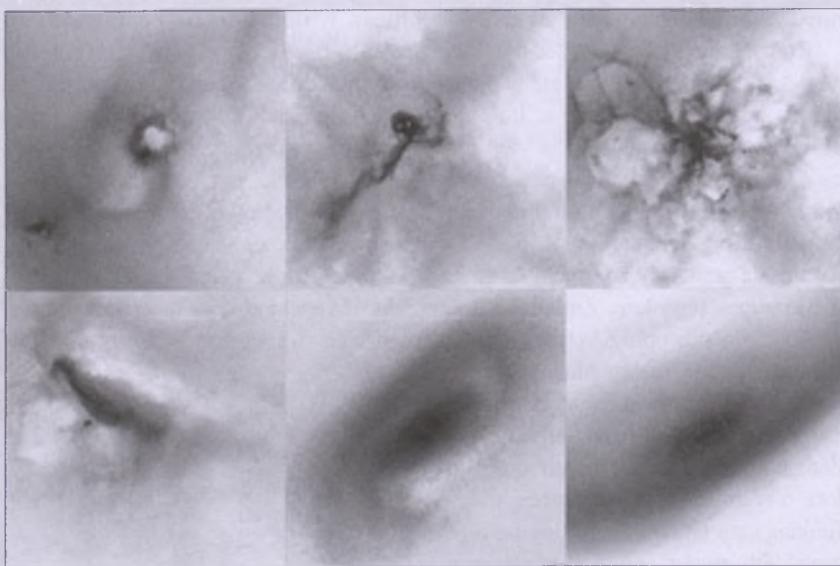
Podstawowym celem projektu LOFAR jest systematyczne badanie nieba na niskich częstotliwościach (kilkaście do dwustu MHz) przy użyciu rozmieszczonych w całej Europie stacji. Pojedyncza stacja sieci LOFAR to odbiornik złożony z kilkudziesięciu niewielkich, stosunkowo prostych technicznie anten. Zbiór takich stacji działa na zasadzie klasycznej interferometrii — sygnał odbierany przez należące do danej stacji anteny jest przetwarzany na impulsy elektryczne i przy pomocy wysoko przepustowego łącznika wysyłany do dedykowanego superkomputera, gdzie następnie koreluje się go z uzyskanymi w tym samym czasie sygnałami, odebranymi przez inne stacje. Jeśli stacje sieci są wystarczająco odległe od siebie, można tym sposobem uzyskać mapy ciał niebieskich wielokrotnie przewyższające zdolnością rozdzielczą obrazy tych samych obiektów zmierzone przy pomocy największych nawet, pojedynczych radioteleskopów.



Nowe mapy uzyskane przez LOFAR w porównaniu do map radiogalaktyki 3C61.1 zaobserwowanej przez inne radioteleskopy. Mapa VLSS na 74 MHz została wykonana przez Very Large Array (VLA), USA. Źródło: Leahy & Perley (1991, AJ, 102, 537). Mapa przeglądu WENSS jest dziełem innego, starszego interferometru radiowego z Holandii — Westerbork Radio Telescope. Wspomniane w tekście „hot spotty” (ang. „gorące plamy”) to dwa skrajne, bardzo jasne obszary, widziane w prawej części obrazu. Źródło: Reinout van Weeren/ASTRON

Redukcję uzyskanych w ten sposób danych dla **3C61.1** rozpoczęto od automatycznego usunięcia interferencji radiowych. Model kalibracyjny składał się z dwóch tzw. źródeł punktowych, reprezentujących dwa „hot spotty” radiogalaktyki aktywnej. Efekt — **końcowa mapa radiowa** — ma bardzo dużą zdolność rozdzielczą (9,7 na 9,4 sekund łuku). Mapa została wykonana na podstawie zaledwie jednego pasma częstotliwości — na 173 MHz. Jest to oczywiście zaledwie niewielki ulamek wszystkich danych zebranych przez interferometr podczas trwania obserwacji.

Elżbieta Kuligowska  
Źródło: [www.lofar.org](http://www.lofar.org)



Symulacje przedstawiające różne etapy powstawania galaktyki karłowatej, zawierające ciemną materię i wiatry supernowej. Końcowy kształt galaktyki odpowiada obserwacjom.

Źródło: F. Governato

### Wiatry supernowej kształtuują galaktyki

Symulacje przedstawiające wybuchającą gwiazdę pokazują, jak ściskana jest materia w trakcie formowania gwiazd.

Po wielu latach prób poprawnego budowania galaktyk astronomowie odkryli, że odpowiedź leży w wiatrach gwiazdowych, konkretnie w **wiatrach supernowych**.

Najnowsze symulacje komputerowe pokazały, że wiatry generowane przez supernowe (eksplozje bardzo masywnych gwiazd) mogą **wypychać gwiazdy z centrum galaktyk karłowatych**. Te symulacje przedstawiają rozkład nie tylko zwykłej materii, ale także **niewidzialnej ciemnej materii**, który dokładnie odpowiada obserwacjom rozkładu materii w galaktyce karłowej.

Wcześniej niż próby modelowania formowania galaktyk opierały się na teorii zimnej ciemnej materii, według której niewidzialna materia stanowi **85% masy Wszechświata**. Ta teoria sprawdzała się w wyjaśnianiu globalnych właściwości wielu galaktyk, jednak model ten zawodził przy odtwarzaniu pewnych indywidualnych cech.

W tych symulacjach powstawały galaktyki, których jądra były przepełnione ciemną materią, a gwiazdy dookoła sferycznie rozłożone, co nie odpowiada rzeczywistej budowie galaktyk karłowych. Galaktyki te to małomasywne obiekty ze stosunkowo równomiernie rozłożoną materią gwiazdową. Jest to

najbardziej popularny typ galaktyk w sąsiedztwie Drogi Mlecznej.

Wcześniej modele formowania galaktyk zawierały uproszczony opis formowania gwiazd albo nie zawierały go wcale. „Nasze symulacje osiągnęły taką dokładność, która umożliwia wyróżnienie indywidualnych regionów formowania gwiazd — gęstych chmur gazu o masy odpowiadającej 100 000 Słońca” — mówi Fabio Governato z Uniwersytetu Waszyngtońskiego w Seattle. Obszary formowania się gwiazd znajdują się w centrum galaktyki, a ponieważ masywne gwiazdy żyją krótko, to wybuch supernowej następuje w tym samym rejonie, w którym gwiazda się narodziła. W związku z tym wiatry supernowej są także skoncentrowane w centrum galaktyki.

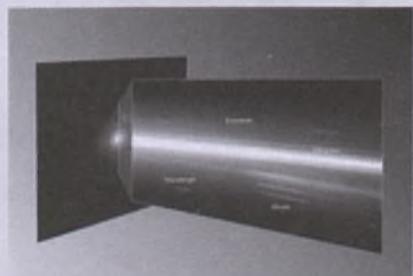
Zespół Governato pokazał, że wiatry supernowej są na tyle silne, że potrafią wypychać gwiazdy i obszary formacji gwiazd z jądra galaktyki karłowej. Ciemna materia oddziałuje grawitacyjnie, ale jest odporna na działanie wiatrów. Kiedy gwiazda opuszcza jądro galaktyki, ciemna materia odczuwa mniejsze przyciąganie i rozchodzi się na zewnątrz.

Symulacje uwzględniające wiatry supernowej jednocześnie zmniejszają gęstość ciemnej materii w jądrze i pozbywają się sferycznego rozkładu gwiazd wokół jądra, co odpowiada budowie obserwowanych galaktyk karłowych.

Udane symulacje wiatrów supernowych pomagają w zrozumieniu procesu formowania gwiazd, ponieważ supernowe eksplodują blisko obszarów, gdzie rodzą się masywne gwiazdy.

Magda Siuda

Źródło: [www.sciencenews.org](http://www.sciencenews.org)



Widmo planety krażącej wokół HR 8799.

Źródło: ESO/M. Janson

## Po raz pierwszy zarejestrowano widmo egzoplanety

Badając potrójny układ planetarny, będący powiększoną wersją naszego

Układu Słonecznego, astronomowie uzyskali pierwsze bezpośrednie widmo — **chemiczny odcisk palca** — planety orbitującej wokół odległej gwiazdy.

Rezultaty nowych obserwacji rzucają światło na formację planet oraz ich skład. Stanowią także milowy krok w poszukiwaniu życia we Wszechświecie.

Widmo planety dostarcza informacji na temat składu chemicznego jej atmosfery. Może on wyjawić sposób **formowania się planet** oraz określić, czy panujące na niej warunki są sprzyjające do **powstania życia**.

Badana egzoplaneta (planeta poza-słoneczną) krąży wokół jasnej, młodej gwiazdy HR 8799, o masie 1,5 razy większej od masy Słońca. Układ planetarny znajduje się około 130 lat św. od Ziemi. Inna grupa badaczy zaobserwowała w tym układzie jeszcze dwóch większych towarzyszy planety o masach 7–10 razy większych od Jowisza. Planety te znajdują się w odległości od 20 do 70 razy większej niż odległość Ziemi do Słońca. Ten układ posiada także dwa pasy mniejszych obiektów, podobne do pasa asteroid i Pasa Kuipera w Układzie Słonecznym.

„Naszym celem była planeta znajdująca się pomiędzy pozostałymi dwoma, która jest około **10 razy masywniejsza od Jowisza**, a na jej powierzchni panuje temperatura **800 stopni Celsjusza**” — mówi członkini zespołu Carolina Bergfors. „Po około 5 godzinach eksploracji udało się nam wydobyć widmo planety z promieniowania dużo jaśniejszej mierzystej gwiazdy.”

Pierwszy raz zaobserwowano bezpośrednio widmo egzoplanety orbitującej wokół normalnej, podobnej do Słońca gwiazdy. Wcześniej zarejestrowanie widma było możliwe tylko za pomocą teleskopów kosmicznych, które obserwowały przejście planety na tle gwiazdy, coś w rodzaju egzoplanetarnego zatmienia. Takie obserwacje były możliwe tylko wtedy, gdy orbita planety była odpowiednio ułożona, co zdarza się bardzo rzadko. Natomiast najnowsze widmo zostało zarejestrowane przez VLT (Very Large Telescope, zespół 4 teleskopów na pustyni Atacama w Chile) należące do ESO (Europejskie Obserwatorium Południowe), a orientacja orbity była bez znaczenia.

Jest to bardzo duże osiągnięcie, biorąc pod uwagę fakt, że gwiazda mierzysta jest kilka tysięcy razy jaśniejsza od planety. „To jak próba zaobserwowania świecy znajdującej się 2 km od nas, gdy obok niej świeci 300-watowa żarów-

ka” — tłumaczy Markus Janson, autor artykułu donoszącego o nowych odkryciach.

Odkrycie było możliwe dzięki działającemu w podczerwieni instrumentowi NACO, umieszczonemu na VLT, który korzysta z systemu **optyki adaptatywnej**. Optyka adaptatywna jest to „magiczny trik” astronomów polegający na zastosowaniu cienkich zwierciadeł, które mogą nieznacznie zmieniać swój kształt tak, aby wyeliminować szkodliwy wpływ atmosfery na obserwacje.

Nowe dane pokazały, że bardzo mało wiemy na temat atmosfer planet, a widmo wykazuje cechy, które nie są zgodne z przewidywaniami teoretycznymi.

Astronomowie mają nadzieję, że wkrótce uda im się zaobserwować widma pozostałych dwóch planet, aby móc porównać skład chemiczny obiektów należących do tego samego układu planetarnego. Obserwacje te pomogą nam odpowiedzieć na pytania dotyczące powstawania układów planetarnych podobnych do naszego.

Magda Siuda

Źródło: [astronomy.com](http://astronomy.com)

## Przepis na Wszechświat

Wyniki obserwacji z teleskopu kosmicznego Hubble'a dotyczące kształtu i rozkładu galaktyk we Wszechświecie potwierdzają, że Wszechświat zdominowany jest przez ciemną energię i zimną ciemną materię.

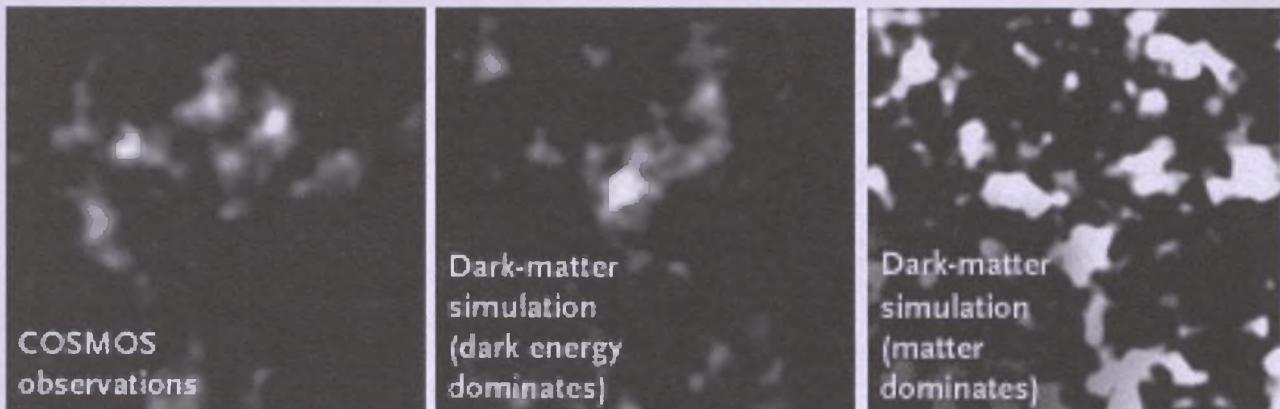
Wedle obecnej wiedzy przepis na Wszechświat wygląda następująco:

- 73% ciemnej energii
- 23% ciemnej materii niebarionowej (egzotyczne cząstki)
- 4% ciemnej materii barionowej (brązowe karły?, gaz międzygwiazdowy?)
- <1% materii świecącej barionowej (gwiazdy, mgławice).

Głównym składnikiem Wszechświata okazuje się być zatem tajemnicza ciemna energia, stanowiąca aż 73% jego zawartości! Nawet wielcy myśliciele tego świata nadal nie wiedzą, czym ona jest; jednak dzięki kluczowym obserwacjom wykonanym przez sondę WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) wiadomo, że istnieje ona na pewno.

Nie ma także zgody co do natury ciemnej materii, która, choć niewidoczna, stanowi większą część masy galaktyk! Wiadomo tylko, że nie jest to dobrze nam znana materia złożona z protonów, neutronów i elektronów.

Powyższy przepis na Wszechświat



Porównanie map rozkładu masy: obserwacje z Hubble'a (po lewej), wyniki symulacji z dominującą ciemną energią (w środku) i wyniki symulacji z dominującą ciemną materią (po prawej). Widać, że model z dominującą ciemną energią najlepiej pasuje do obserwacji z Hubble'a. Źródło: NASA / ESA / J. Hartlap / P. Simon / T. Schrabback

potwierdziły właśnie najnowsze wyniki obserwacji z teleskopu kosmicznego Hubble'a ogłoszone przez zespół astronomów pod przewodnictwem Tima Schrabbacka (Obserwatorium z Lejdzie). Odległe galaktyki wyglądają na zniekształcone z powodu zakrzywiania i soczewkowania promieni świetlnych przez grawitację niewidocznej ciemnej materii, której skupiska znajdują się na drodze widzenia. Astronomowie wykorzystali to zjawisko i zbadali rozkład masy we Wszechświecie do bardzo dużych odległości. Przeanalizowano dane 194 tysięcy galaktyk o przesunięciach ku czerwieni do  $z = 5$ , czyli takich, które istniały, gdy Wszechświat miał zaledwie 1 mld lat po Wielkim Wybuchu! Uzyskane wyniki są zgodne z modelem kosmologicznym Lambda CDM (Lambda Cold Dark Matter), według którego Wszechświat jest zdominowany przez tajemniczą, ciemną energię i zimną, ciemną materię. Obserwacje przeprowadzono w ramach programu COSMOS (*Cosmic Evolution Survey*), a przedstawione wyniki ukazały się ostatnio na łamach czasopisma „Astronomy & Astrophysics”.

Andrzej Gibiec  
Źródło: [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com)

### Słońce znów aktywne

Plamy na Słońcu obserwowano już w starożytności, jednak dopiero na początku XIX wieku niemiecki astronom Heinrich Schwabe odkrył charakterystyczny cykl ich pojawiania się i znikania na tarczy słonecznej. Kilka lat temu Słońce weszło w bardzo głębokie minimum i ku zdziwieniu wielu astronomów pozostało w nim wyjątkowo długo. Na szczęście ostatnio na tarczy słonecznej obserwuje się coraz więcej plam, które nie miało zwiąstwa nadchodzące maksimum.

Heinrich Schwabe wcale nie planował zaobserwować cyklu Słońca, szukał dodatkowej planety Układu Słonecznego. Planeta ta miała znajdować się wewnętrz orbit Merkurego, więc powinny też być widoczne jej przejścia na tarczy słonecznej. Tylko regularne obserwacje mogły odróżnić ową planetę od plamy słonecznej. Schwabe prowadził swoje obserwacje przez ponad 40 lat, jednak planetę nie zaobserwował. Zauważył natomiast, że plamy słoneczne pojawiają się i znikają w cyklu trwającym 10 lat. (Dziś, korzystając z większej liczby danych, wiemy, że cykl wynosi trochę ponad 11 lat).

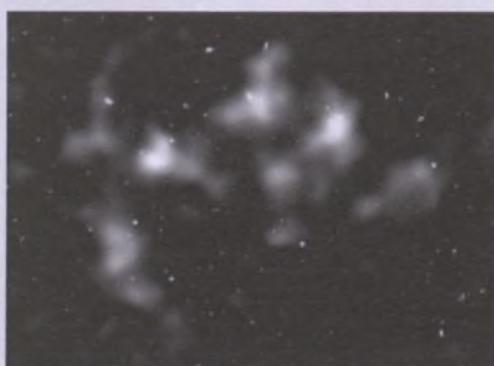
Dopełnieniem tego odkrycia było kolejne, tym razem dotyczące ziemskiego pola magnetycznego. Otóż zauważono, że ziemskie pole magnetyczne także wykazuje pewną zmienność, objawiającą się m.in. przesunięciem biegunków magnetycznych Ziemi oraz występowaniem roz-

ległych zór polarnych. Cykl tej zmienności wynosił ok. 10,3 lat. Ta niezwykła koincydencja uświadomiła astronomom, że pola magnetyczne słoneczne i ziemskie nieustannie ze sobą oddziałują.

Głównym sprawcą cyklu słonecznego jest pole magnetyczne Słońca. Na początku cyklu, w trakcie minimum, linie pola magnetycznego łączą biegunki Słońca, tak jak południki geograficzne na Ziemi. Słońce jest poddane działaniu tzw. rotacji różnicowej, co oznacza, że nie obraca się jak bryła sztywna, tylko materia na równiku krąży szybciej wokół osi rotacji niż materia na biegunkach. Linie pola magnetycznego są mocno połączone z materią, więc rotacja różnicowa materii powoduje zapętlanie pola magnetycznego.

Plamy słoneczne to miejsca silnej koncentracji takiego popłatanego pola magnetycznego. Są to obszary chłodniejsze od otoczenia, dlatego obserwujemy je jako ciemniejsze. Mają one rozmiary od tysiąca do nawet miliona kilometrów i niektóre z nich możemy obserwować nawet przez kilka miesięcy. Słoneczne pole magnetyczne manifestuje swoją obecność także poprzez tzw. protuberancje, czyli pętle pola magnetycznego i materii wychodzące ponad brzeg tarczy słonecznej. Wznoszą się one na tysiące kilometrów nad powierzchnią Słońca i są najlepiej widoczne podczas jego całkowitych zaćmień.

W trakcie minimum Słońce jest spokojne, obserwuje się bardzo mało plam lub wcale. Nowy cykl słoneczny rozpoczęyna się wyjściem z tego minimum. Aktualny cykl rozpoczął się w 1996 r., więc należało oczekiwać wyjścia z minimum w roku 2007 (11 lat później). Jednak nic takiego nie nastąpiło. Aż przez 73% 2008 roku nie obserwowano plam słonecznych, rok 2009 nie był lepszy. Można



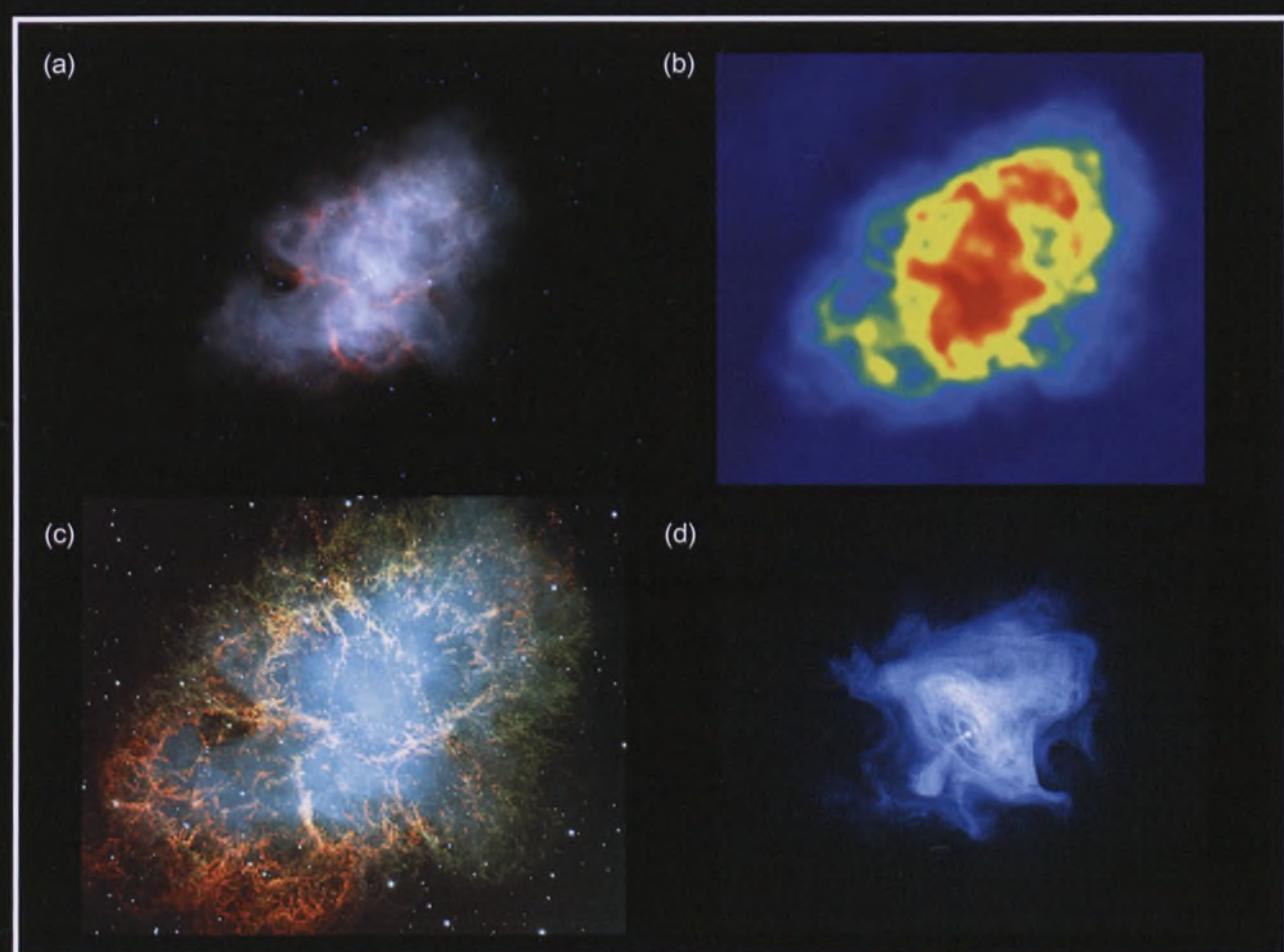
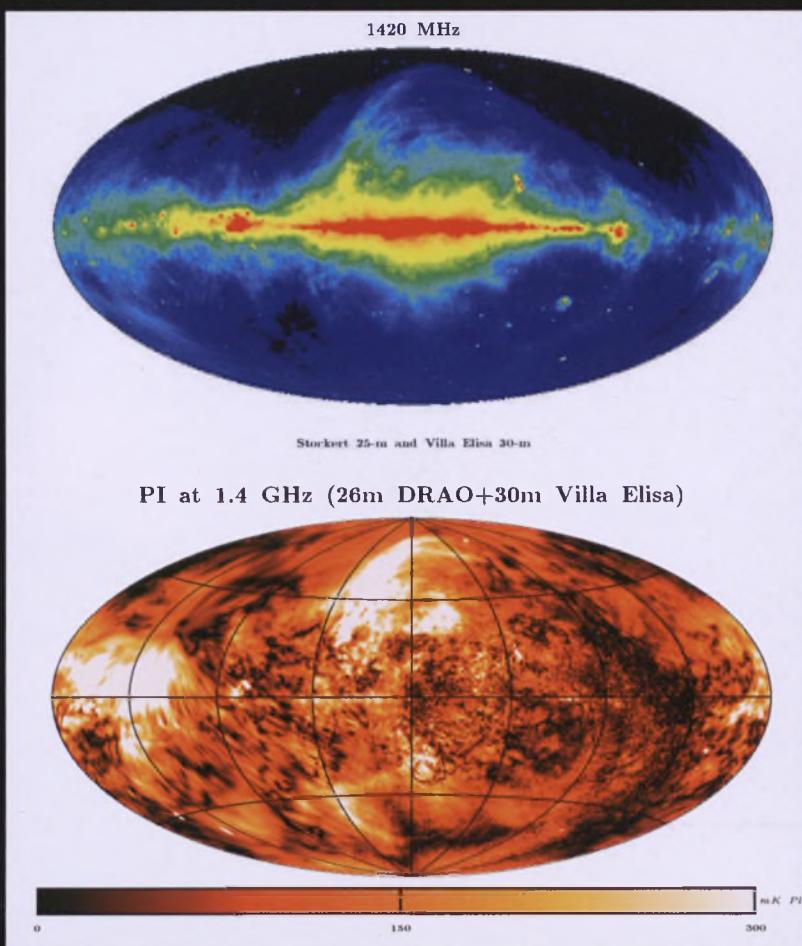
Rekonstrukcja rozkładu ciemnej materii w polu obserwowanym przez teleskop Hubble'a na podstawie obserwacji soczewkowania grawitacyjnego. Odcienie szarości pokazują skupiska masy (im obszar jaśniejszy, tym położony bliżej). Źródło: NASA/ESA/P.Simon/T. Schrabback

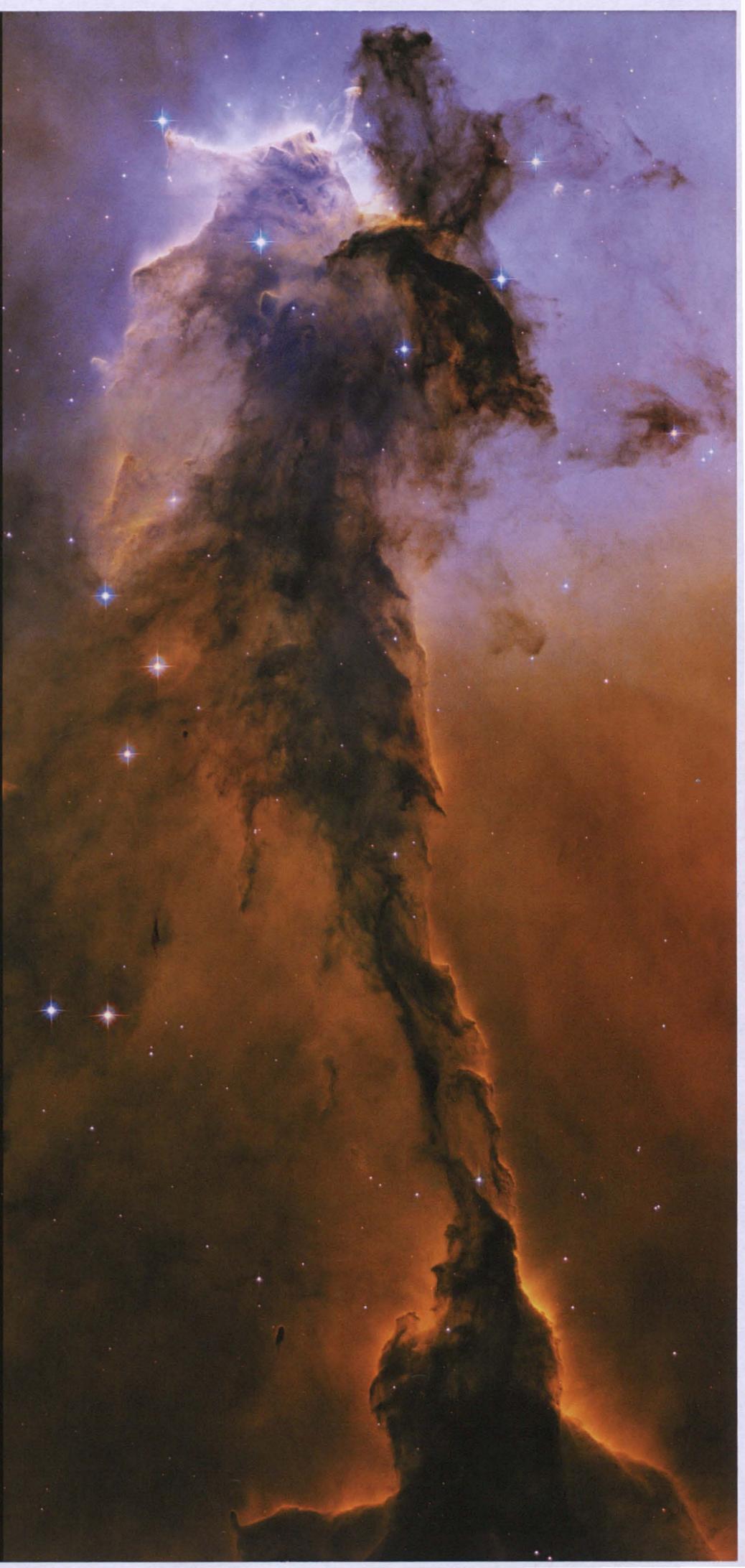
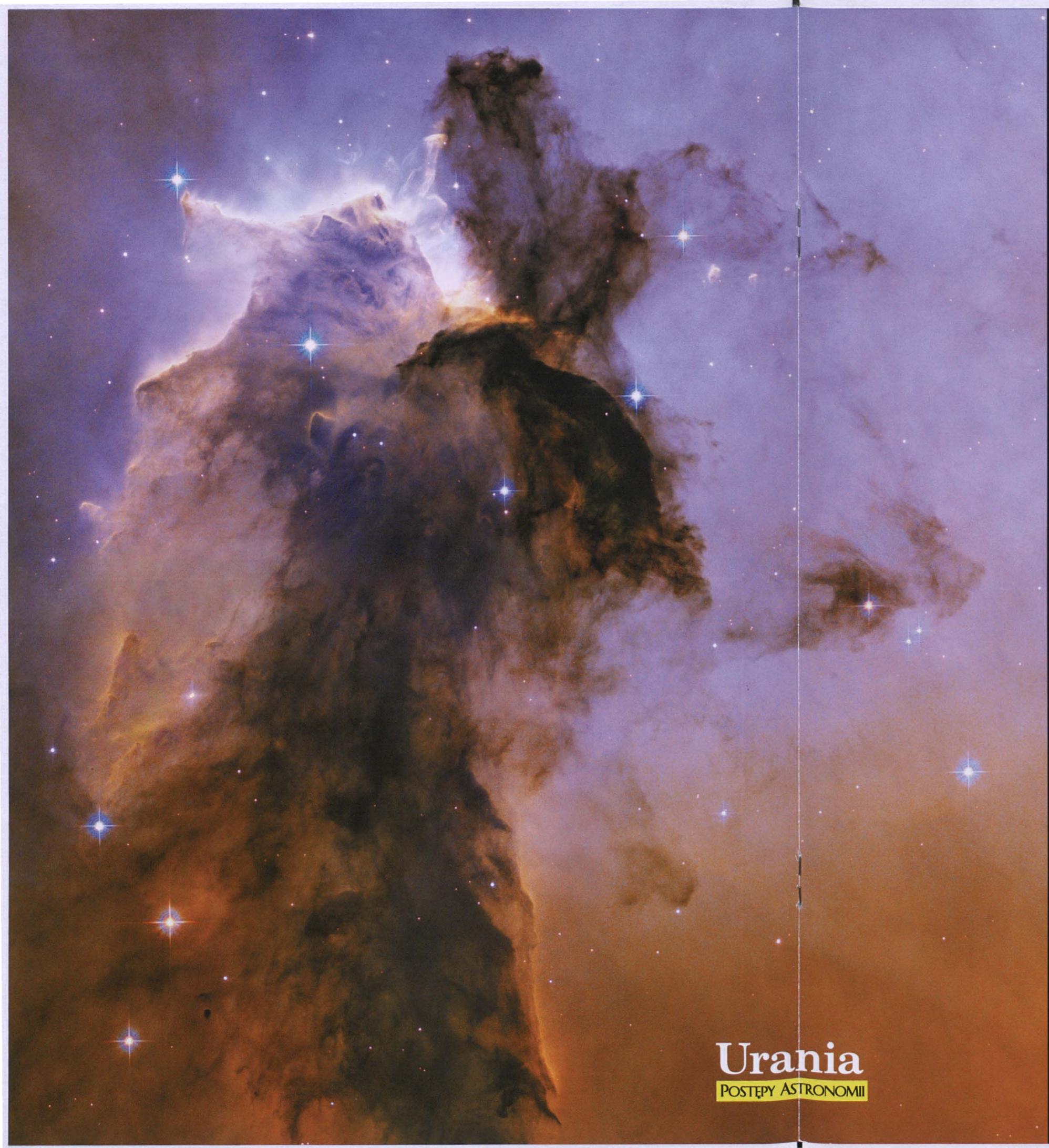
# Astronomia w innych barwach

(ilustracje do artykułu  
prof. Wielebińskiego)

Rys. 2. Przeglądy radiowe nieba — natężenie promieniowania radiowego w okolicach 1420 MHz oraz natężenie promieniowania spolaryzowanego w tym samym zakresie (dla pierwszego rysunku nie ma, niestety, skali natężeń, wiadomo tylko, że czerwony kolor odpowiada największemu natężeniu a czarny najmniejszemu).

Rys. 10. Mgławica Krab w czterech zakresach widma: podczerwieni (a), na falach radiowych (b), w świetle widzialnym (c) i w zakresie rentgenowskim (d). [podczerwień — Spitzer, światło widzialne — HST, promienie X — Chandra, fale radiowe — NRAO/AUI]





**Urania**  
POSTĘPY ASTRONOMII

# Galeria Uranii

Witam.

„Uranie – Postępy Astronomii” prenumeruję już od kilku lat, ale dopiero teraz zdecydowałem się wysłać do Szanownej Redakcji zdjęcia, które wykonalem razem z moją żoną. Nie są one wykonane wyszukanym sprzętem (aparat Panasonic DMC-FZ28), ale myślę, że pokazują ciekawe zjawiska. Pierwsze zdjęcie zrobiła moja żona Monika Palka wieczorem 1 lutego w Jaworznie (dzielnicą Jeleni), ukazuje ono słup słoneczny. Drugie wykonalem wieczorem 4 kwietnia również w tym samym miejscu co poprzednie, a pokazuje ono Wenus i Merkurego.

Pozdrawiam

Maciej Palka



Szanowna Redakcjo,

w literaturze dotyczącej obserwacji astronomicznych Mikołaja Kopernika nie można znaleźć stwierdzenia, iż nasz Wielki Astronom obserwował Merkurego, gdyż na przeszodzie stały warunki pogodowe panujące na Warmii (słynne warmińskie mgły!). Czyżby tak się one poprawiły? Pomimo jasnych światel bez problemu sfotografowałem Merkurego i Wenus na wieczornym niebie w pobliżu lidzbarskiego zamku, gdzie Kopernik mieszkał. (8 kwietnia 2010 r., godz. 19.30, aparat Olympus SP350, eksp. 15 s, F8/2,8, ISO 400).

Jerzy Puszcz



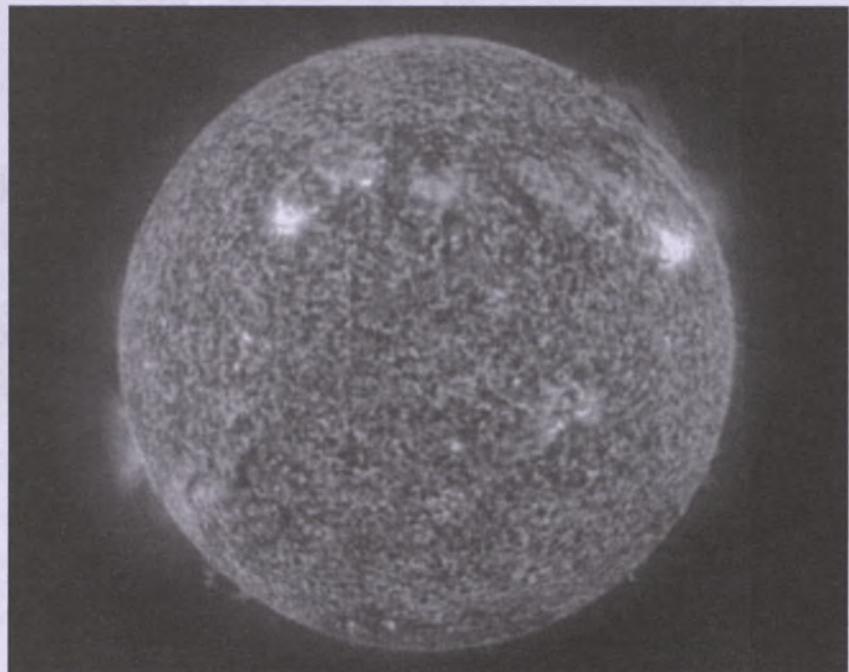
śmiało powiedzieć, że minimum było bardzo długie.

Na szczęście rok 2010 przynosi nam odmienne obserwacje. Pojawili się już większe grupy plam słonecznych oraz protuberancje. Na stronie SOHO\* można na bieżąco obserwować tarczę słoneczną i zjawiska zachodzące na Słońcu.

Jeżeli chodzi o obserwacje domowe, to przypominam, żeby nie patrzeć na Słońce bezpośrednio przez teleskop czy lunetę, a najlepiej rzutować obraz na ekran lub kartkę papieru.

*Magda Siuda*

Źródło: [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com)



Fot. Zdjęcie wykonane za pomocą sondy SOHO 19 marca przedstawia kilka grup plam słonecznych, dwie duże protuberancje i kilka mniejszych. Źródło: SOHO / ESA / NASA

## Gum 19: mgławica „Dwie Twarze”

W roku 1955 australijski astrofizyk **Colin S. Gum** opublikował katalog zawierający ponad 80 mgławic nieba południowego, które świecą w linii HII zjonizowanego wodoru. Jedna z mniej znanych, ale chyba najciekawsza z tych mgławic, to **Gum 19** w gwiazdozbiorze Żagla (Vela), odległa od nas o około **22 tys. lat św.**

Nowy, bardzo atrakcyjny obraz mgławicy Gum 19 został właśnie udostępniono

przez obserwatorów z Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). Używając instrumentu Sofi — kamery i spektrografu pracującego przy telesko-

pie NTT (New Technology Telescope) w Chile — uzyskali oni obraz mgławicy na trzech długościach fal sięgających aż do 2,2 mikrona. Choć mgławica Gum 19 jest słabo widoczna w świetle widzialnym, to w podczerwieni można dostrzec jej podwójną, niczym oblicze rzymskiego boga Janusa, strukturę. Jasny, pionowy pas dzieli ją bowiem na **dwie połówki**: ciemną i jasną. Jasna połowa to efekt podświetlenia mgławicy przez **niebieskiego superolbrzyma** — gwiazdę znaną jako V391 Velorum. Nowe gwiazdy powstają zarówno tam, jak i w ciemnych obłokach jej lewej połowy.

Gwiazda V391 Velorum, z temperaturą powierzchni sięgającą **30 tys. stopni Celsjusza**, wykazuje spory temperament. Jej jasność może ulegać nagłym zmianom, przypuszczalnie w wyniku wyrzutów materii w otaczającą przestrzeń. Gwiazdy o podobnej masie istnieją zwykle przez zaledwie 10 mln lat, zanim wybuchają jako **supernowe**.

Jak podaje ESO w swoim komunikacie prasowym, mgławica Gum 19 ukazuje w podczerwieni swój niesamowity, przypominający rozdarcie czasoprzestrzeni, wygląd z wąskim, niemal pionowym jasnym regionem przecinającym jej środek. Eksplozywny koniec życia gwiazdy V391 Velorum zmieni zapewne na zawsze intrigujący obecnie wygląd mgławicy Gum 19.

*Andrzej Gibiec*

Źródło: [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com)

\* <http://sohowww.nascom.nasa.gov>



Gum 19 to region narodzin gwiazd w gwiazdozbiorze Żagla. Powyższy obraz to efekt połączenia zdjęć uzyskanych teleskopem NTT w Chile na trzech różnych długościach fal w zakresie podczerwonym. Przedstawiony obszar ma rozmiar kątowy 4,7 minuty łuku.

Źródło: ESO

Marek Urbanik  
Krzysztof Chyzy  
Marek Jamrozy  
Peter N. Wilkinson

# Polski 90-m radioteleskop, proponowane programy badawcze część 2

## *Struktura naszej Galaktyki*

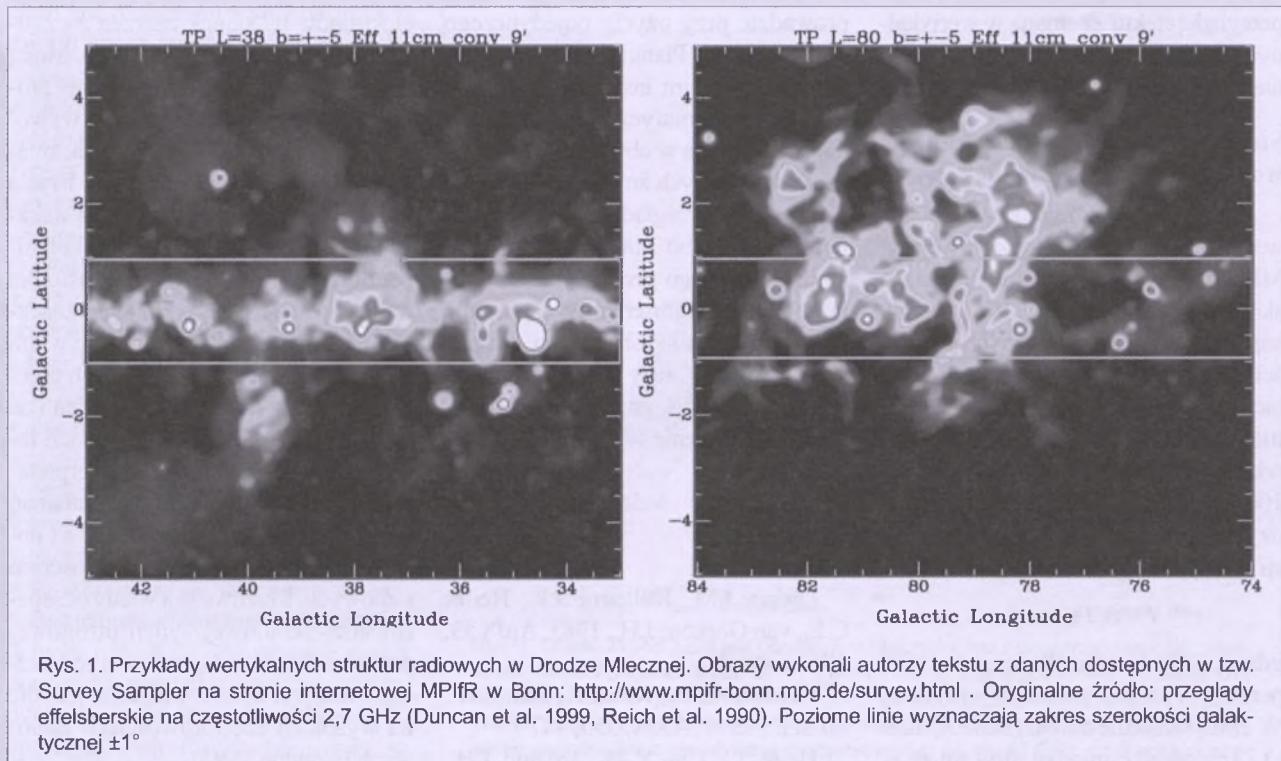
### Kontynuum radiowe naszej Galaktyki

Radioastronomowie polscy od szeregu lat współpracują z Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) w Bonn. Jednym z programów realizowanych w tej instytucji są wykonywane przez zespół pod kierunkiem Prof. Wielebinskiego systematyczne przeglądy emisji radiowej i polaryzacji naszej Galaktyki (zwanej też Drogą Mleczną) na kilku częstotliwościach: 1,4, 2,7 oraz 5 GHz (ta ostatnia również przy użyciu 26-m radioteleskopu w Urumqi — Chiny). Przykładowe wyniki można znaleźć w pracach Uyaniker et al. 1999, Duncan et al. 1999, Reich et al. 1990 oraz Sun et al. 2007. Obserwacje takie dają w wyniku rozkład jasności radiowej w Drodze Mlecznej, a zatem (przy pewnych założeniach) rozkład natężenia całkowitego (tzn. sumarycznego: regularnego i splątanego) pola magnetycz-

nego, a także gęstości relatywistycznych elektronów wchodzących w skład promieniowania kosmicznego. Są to dynamicznie ważne komponenty plazmy międzygwiazdowej, bez znajomości których badania w zakresie fizyki plazmy kosmicznej są niekompletne. Pomiarы polarymetryczne dają w wyniku jeszcze więcej: strukturę linii sił regularnego pola magnetycznego rzutowaną na sferę nieba.

Kombinacja pomiarów jasności na różnych częstotliwościach pozwala skonstruować widmo energetyczne promieniowania kosmicznego (przynajmniej jego składowej elektronowej), a także wiek radiacyjny źródła emisji radiowej. Z kolei kombinacja pomiarów polaryzacji na kilku częstotliwościach pozwala określić rotację Faradaya i wyznaczyć natężenie pola magnetycznego prostopadłego do płaszczyzny nieba (czyli równoległego do linii widzenia), dodając trzeci wymiar do geometrii magnetycznych linii sił pola.

Ośrodki radioastronomiczne w Toruniu i Krakowie nawiązały współpracę



Rys. 1. Przykłady wertykalnych struktur radiowych w Drodze Mlecznej. Obrazy wykonali autorzy tekstu z danych dostępnych w tzw. Survey Sampler na stronie internetowej MPIfR w Bonn: <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/survey.html>. Oryginalne źródło: przeglądy effelsberskie na częstotliwości 2,7 GHz (Duncan et al. 1999, Reich et al. 1990). Poziome linie wyznaczają zakres szerokości galaktycznej  $\pm 1^\circ$

z MPIfR, wykonując przy pomocy skonstruowanego w Bonn polarymetru mapy emisji radiowej i polaryzacji Drogi Mlecznej. Pomiary wykonywane są na częstotliwości 4,8 GHz 32-metrowym radioteleskopem w Toruniu. Wstępne rezultaty opublikowano w pracach Ryś et al. 2005, 2006 i 2009. Informacje na innych częstotliwościach sąbrane z podobnych przeglądów wykonanych w Bonn. Już wyniki uzyskane w MPIfR pokazują ogromne bogactwo struktur radiowych na pograniczu dysku i halo galaktycznego. Są to jasne radiowo łuki, bąble, kominy itp. (rys. 1) spowodowane aktywnością gwiazdotwórczą i wybuchami supernowych w dysku Drogi Mlecznej. Pola magnetyczne prawdopodobnie odgrywają istotną rolę w ewolucji takich struktur, informacje na ten temat są jednak wciąż fragmentaryczne.

Jednym z programów realizowanych polarymetrem z Bonn na 32-m radioteleskopie są badania relatywnie małych (rzędu  $1^\circ$  —  $4^\circ$ ) struktur wertykalnych wznoszących się ponad dysk galaktyczny. Obserwacje są prowadzone z rozdzielcością ok.  $7'$ . Wieloczęstotliwościowe odbiorniki zamontowane na 90-metrowym radioteleskopie umożliwiają:

a. Zbadanie z wyższą zdolnością rozdzielczą ( $2.7'$  na 4,8 GHz, a nawet lepszą na wyższych częstotliwościach) drobnoskalowej struktury magnetycz-

nej kominów, powłok, pozostałości po supernowych itp. wstępnie wyselekcjonowanych 32-m radioteleskopem;

b. Wielowiązkowy system planowanego radioteleskopu i szerokie pasma odbiorników zapewniają wysoką czułość. Umożliwi to pogłębienie przeglądu na 2,7 GHz w stosunku do wyników z Effelsbergu, a zatem śledzenie wertykalnych struktur znacznie dalej od dysku niż w przeglądzie wykonanym w Bonn. Będzie to cenny materiał porównawczy;

c. Wysoka czułość i dobre pokrycie widma w zakresie wysokich częstotliwości umożliwia skonstruowanie dokładnych map wskaźnika widmowego, a zatem rozkładu wieku radiacyjnego omawianych struktur;

d. Synteza rotacji Faradaya umożliwia dokładne zbadanie rozkładu składowej pola magnetycznego równoległej do linii widzenia. Uzyskamy w ten sposób możliwość trójwymiarowego modelowania omawianych struktur. Szczególną uwagę zamierzamy poświęcić tzw. „ekranom Faradaya” — regionom o anomalnych efektach Faradaya. Są to na ogół obłoki zjonizowanego gazu. Badanie ich rotacji Faradaya stanowi klucz do poznania pól magnetycznych tych obiektów (Heiles et al. 1981).

#### **Neutralny wodór w wertykalnych strukturach Drogi Mlecznej**

Bąblom i kominom w kontynuum ra-

diovym często towarzyszą podobne struktury w linii neutralnego wodoru (HI) 21 cm. Badania w liniach spektralnych umożliwiają badanie nie tylko kształtu, ale i kinematyki omawianych struktur. Linie HI są na ogół wąskie, co świadczy o uporządkowanym polu prędkości.

Jedną z metod pomiaru kosmicznych pól magnetycznych jest badanie tzw. podłużnego efektu Zeemana — rozszczepienia linii widmowych na dwa składniki o przeciwnych polaryzacjach kołowych (tzw. para zeemanowska). Metoda ta jest szeroko stosowana w pomiarach pól magnetycznych na Słońcu. Z dobrym skutkiem stosowana jest również do wyznaczania pól magnetycznych w maserach międzygwiazdowych i co najważniejsze, również w bąblach HI (Heiles & Troland 1982). Masery międzygwiazdowe to na ogół gromada małych źródeł o skomplikowanym polu prędkości. W takiej sytuacji prawidłowa identyfikacja par zeemanowskich wymaga rozdzielenia gromady na pojedyncze źródła, a zatem zdolności rozdzielczej milisekund łuku.

Struktury HI posiadają charakter ciągły i prostą strukturę kinematyczną, co umożliwia badanie efektu Zeemana pojedynczym radioteleskopem. Przy pomocy nowego instrumentu planujemy kontynuację prac Heilesa i Trolanda (1982), dokonując systematycznego

przeglądu efektu Zeemana w wertykalnych strukturach nad (i pod) dyskiem naszej Galaktyki.

### Struktury absorpcyjne neutralnego wodoru w Drodze Mlecznej

Linia neutralnego wodoru oglądana w emisji w pobliżu płaszczyzny Drogi Mlecznej jest na ogół szeroka i posiada skomplikowaną strukturę. Jest to wynik superpozycji struktur o różnych prędkościach radialnych (wynikających z rotacji galaktycznej) wzdłuż linii widzenia. Widzimy przy tym mieszankę wkładu od dyskretnych chłodnych (ok. 100 K) obłoków i ciepłej składowej międzyobłokowej (ok.  $10^4$  K). Jasność emisji jest opisana wzorem:

$$I = B(T)(1 - e^{-\tau})$$

gdzie:  $B(T)$  funkcja Plancka dla temperatury  $T$ ,  $\tau$  jest grubością optyczną. W emisji chłodne obłoki (małe  $B$ , duże  $\tau$ ) i środowisko między nimi (duże  $B$ , małe  $\tau$ ) mają zbliżony wkład. W absorpcji (np. na tle odległego źródła kontynuum) widzimy wyłącznie obiekty o dużym  $\tau$ , a zatem dyskretne chłodne obłoki. Obserwacje potwierdzają to rozumowanie: w absorpcji na tle jasnego źródła kontynuum linie HI rozpadają się na wiele wąskich składników o szerokości rzędu 1 km/s (np. Dickey et al. 1983). Daje to możliwość studiowania małych, indywidualnych, chłodnych obłoków HI przy umiarkowanej zdolności rozdzielczej radioteleskopu (określającą rozmiary źródła). Przy wykorzystaniu nowego radioteleskopu będzie możliwe przeprowadzenie obszernego, systematycznego przeglądu małych, chłodnych struktur HI w Drodze Mlecznej oraz ich statystycznego badania, np. w funkcji położenia w naszej Galaktyce.

Poza strukturami typu bąbli pomiar efektu Zeemana w linii emisyjnej neutralnego wodoru jest bardzo trudny ze względu na jej znaczną szerokość termiczną (ok. 10 km/s) oraz poszerzenie wywołane superpozycją wielu (szerskich) struktur wzdłuż linii widzenia. Natomiast w absorpcji mamy do czynienia z szeregiem dyskretnych, wąskich linii. Ułatwia to znakomicie detekcję efektu Zeemana w absorpcji. W tym przypadku odpowiednią rozdzielcość dla identyfikacji par zeemanowskich uzyskujemy, wybierając odpowiednio zwarte źródła tła; pomiary można więc

prowadzić przy użyciu pojedynczego radioteleskopu. Planujemy wykorzystanie nowego 90-m instrumentu do wykonania systematycznego przeglądu efektu Zeemana w absorpcji HI dla dużej ilości zwartych źródeł tła. Będzie to rozszerzenie przeglądu zapoczątkowanego w Arecibo dla kilkudziesięciu źródeł, opisanego przez Heiles & Troland (2005). Zamierzamy usprawnić przy tym technikę obserwacji opisaną szczegółowo w pracy Heiles & Troland 2004. Planujemy kontynuację tego przeglądu dla znacznie większej ilości (setek) źródeł.

M. Urbanik, OAUJ

### Literatura

- Dickey J.M., Kulkarni S.R., Heiles C.E., van Gorkom J.H., 1983, ApJS 53, 591.  
Duncan A. R., Reich P., Reich W., Fürst E., 1999, A&A, 350, 447  
Heiles C., Chu Y.-H., Troland T.H., 1981, ApJ, 247, L77  
Heiles C., Troland T.H., 1982, ApJ, 260, L23  
Heiles C., Troland T.H., 2004, ApJS, 151, 271  
Heiles C., Troland T.H., 2005, ApJ, 624, 773  
Reich W., Fürst E., Reich P., Reif K., 1990, A&A Suppl., 85, 633  
Ryś S., Chyży K.T., Kus A., Pazderski E., Soida M., Urbanik M., 2005, in „The Magnetized Plasma in Galaxy Evolution”, eds. K. Chyży, K.T. Otmianowska-Mazur, M. Soida, and R.-J. Detmar, p. 257  
Ryś S., Chyży K.T., Kus A., Pazderski E., Soida M., Urbanik M., 2006, AN, 327, 493  
Ryś S., Siemieniec-Oziębło G., Urbanik M., Soida M., Kus A., 2009, AN, 330, 928  
Sun X.H., Han J.L., Reich W., Reich P., Shi W.B., Wielebinski R., Fürst E., 2007, AA, 469, 1003  
Uyaniker B., Fürst E., Reich W., Reich P., Wielebinski R., 1999, AAS, 138, 31

### Badania widm galaktyk

Widma radioowe pobliskich galaktyk wykazują zagadkowe załamania na częstotliwościach około 300 MHz lub niższych. Ich natura nie jest jeszcze znana. Mogą one odzwierciedlać niedostatek niskoenergetycznych elektronów relatywistycznych lub straty energetyczne

elektronów na skutek zderzeń z cząstek gazu międzygwiazdowego. Mogą też wynikać z absorpcji termicznej promieniowania synchrotronowego wywołanej przez zjonizowany ośrodek międzygwiazdowy. Według hipotezy Israela i Mahoney (1990) absorpcja taka wskaże na istnienie mało znanej, niskotemperaturowej ( $T < 1000$ K) fazy ośrodka międzygwiazdowego. Niejednoznaczność i różnorodność interpretacji widm wynika z braku systematycznych przeglądów galaktyk na bardzo niskich i na bardzo wysokich częstotliwościach radiowych. Paradoksalnie, do interpretacji niskoczęstotliwościowych załamień w widmach galaktyk konieczne są obserwacje na wysokich częstotliwościach radiowych. Możliwe jest wtedy odseparowanie składowej synchrotronowej promieniowania od składowej termicznej, która jest dobrze widoczna jedynie na wysokich częstotliwościach radiowych (Condon 1992).

Widma niskoczęstotliwościowe galaktyk będą dostępne w najbliższych latach dzięki powstającemu obecnie interferometrowi LOFAR (Low Frequency Array). Proponujemy pierwsze, komplementarne badania wysokoczęstotliwościowych widm galaktyk za pomocą RT90. Dotychczasowe obserwacje galaktyk prowadzone m.in. za pomocą 100-m teleskopu Effelsberg (Niemcy) oraz interferometru Very Large Array (USA) obejmowały głównie częstotliwości do 8 GHz. Z naszych badań wynika, że do wiarygodnego rozdzielenia składowych widm radiowych są potrzebne obserwacje na jeszcze wyższych częstotliwościach. Czuła macierz szerokopasmowych odbiorników umieszczona na radioteleskopie RT90, zdolna pracować na częstotliwościach powyżej 10 GHz, umożliwiaby po raz pierwszy kompleksowe zbadanie widm galaktyk, a przez to identyfikację procesu prowadzącego do ich załamień.

Obecnie niewiele wiemy o właściwach radiowych galaktyk we wcześniejszym Wszechświecie i ich związkach z ewolucją galaktyk. Jednak już teraz jest możliwe podjęcie próby rozpoznania tych relacji, wykorzystując obserwacje radiowe pobliskich galaktyk o wysokiej emisji w podczerwieni. Ponadprzeciętne promieniowanie w podczerwieni zdradza bowiem w tych obiektach dużą aktywność gwiazdotwórczą, wywołaną silnym oddziaływa-

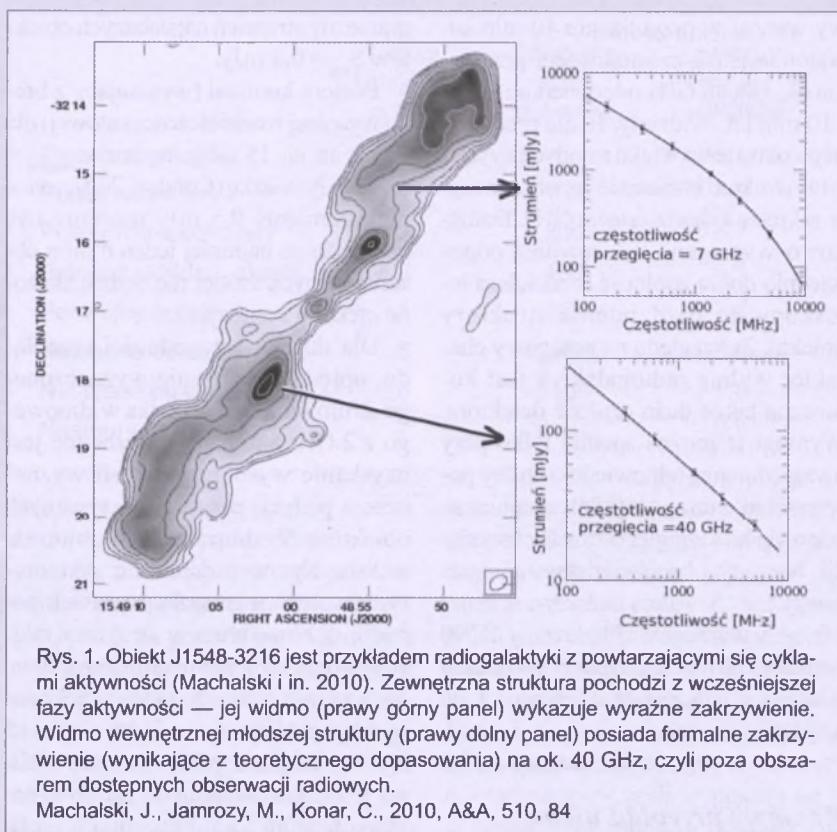
niem grawitacyjnym z innymi obiektami lub wręcz procesem zderzania i łączenia się galaktyk. Podobne zjawiska zachodziły we wczesnym Wszechświecie i to nawet z większą intensywnością. Zatem populacja pobliskich galaktyk może posłużyć nam jako lokalny odpowiednik odległych, tworzących się protogalaktyk. Analogicznie do zwykłych galaktyk proponujemy szczegółowe obserwacje radioteleskopem RT90 galaktyk bardzo silnych w podczerwieni. Jeśli załamania widm galaktyk wynikają z absorpcji termicznej, to powinny być one silniejsze dla tej klasy obiektów. Uzyskanie widm wysokoczęstotliwościowych i wydzielenie składowej termicznej promieniowania umożliwi również precyzyjne, niezależne wyznaczenie tempa formowania w nich gwiazd (Chyzy i in. 2007). Stosowane do tej pory indykatory aktywności gwiazdotwórczej w dziedzinie podczerwieni, optycznej i ultrafioletu obarczone są dużymi, systematycznymi niepewnościami.

Wartości natężeń pól magnetycznych w galaktykach wyznacza się na podstawie obserwacji radiowych. Ze względu na brak szczegółowej informacji o składowej termicznej promieniowania, wyliczane z emisji radiowej natężenia pól są obarczone dużą niepewnością. Dzięki obserwacjom RT90 precyzyjne odseparowanie emisji synchrotronowej od termicznej zapewni wyznaczenie bez poprzedniej niepewności wartości natężeń pól magnetycznych dla dużej próby galaktyk. To z kolei da nam odpowiedź, jak tempo formowania gwiazd wpływa na procesy generacji pól magnetycznych w galaktykach (a więc na efektywność procesu dynamo) i umożliwi predykcję tych pól dla jeszcze bardziej aktywnych gwiazdotwórczo protogalaktyk. Jest to istotne zagadnienie dla problemu genezy pierwotnych pól magnetycznych we Wszechświecie. Możliwość rozdzielenia składowej termicznej i synchrotronowej w widmach galaktyk postawi również w nowym świetle niewyjaśnioną dotąd zależność „radio–podczerwień” i określi w niej udział promieniowania synchrotronowego.

*K. Chyzy, OAUJ*

## Literatura

Condon J.J., 1992, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 30, 575.



Rys. 1. Obiekt J1548-3216 jest przykładem radiogalaktyki z powtarzającymi się cyklami aktywności (Machalski i in. 2010). Zewnętrzna struktura pochodzi z wcześniejszej fazy aktywności — jej widmo (prawy górny panel) wykazuje wyraźne zakrzywienie. Widmo wewnętrznej młodszej struktury (prawy dolny panel) posiada formalne zakrzywienie (wykazujące z teoretycznego dopasowania) na ok. 40 GHz, czyli poza obszarem dostępnych obserwacji radiowych.

Machalski, J., Jamrozy, M., Konar, C., 2010, A&A, 510, 84

Chyzy K.T., Ehle, M., Beck, R., 2007, A&A, 474, 415.

Israel F.P., Mahoney M., 1990, ApJ, 352, 30.

## Wyznaczanie wieku młodych radiogalaktyk

Wyznaczenie wartości parametrów fizycznych radiogalaktyk jest bardzo istotne dla poznania natury procesu generacji energii w pobliżu supermasywnych czarnych dziur rezydujących w centrach galaktyk aktywnych. Obserwacyjne wyznaczenie niektórych charakterystyk (np. objętości, natężeń promieniowania, mocy) jest dość łatwe. Określenie innych, np. wieku, wymaga przeprowadzenia żmudnych, wielozestawliwościowych obserwacji radiowych i ich precyzyjnej analizy.

Naładowane relatywistyczne cząstki, poruszające się w polu magnetycznym, tracą swoją początkową energię głównie w procesie wyściecania synchrotronowego. Teoria tego promieniowania pozwala dokładnie określić czas, jaki upłynął od momentu, w którym cząstki te, znajdujące się w różnych częściach radiogalaktyki, zaczęły promieniować w zakresie radiowym. Do obserwacyjnego wyznaczenia tego czasu, zwanego wiekiem synchrotronowym, dla konkretniej radiogalaktyki, jest konieczne

posiadanie map jej struktury na kilku częstotliwościach w możliwie szerokim zakresie fal radiowych (od dziesiątek MHz do kilkudziesięciu GHz). Na podstawie tych danych możemy skonstruować obserwacyjną zależność jej jasności od częstotliwości, czyli tzw. widmo. Dla bardzo młodych radiogalaktyk zależność ta ma charakter potęgowy, a rozkład energii cząstek w niewielkim stopniu odbiega od pierwotnego. Natomiast, wraz z upływem czasu energia elektronów będzie maleć w taki sposób, że najszysciej utracą ją te, które posiadają największą energię. Dlatego też w widmach starszych radiogalaktyk (lub ich starszych struktur) jest widoczne wyraźne odejście od pierwotnej zależności potęgowej. Czym starsza radiogalaktyka, tym odejście to, czyli tzw. częstotliwość przegięcia, występuje na coraz mniejszych częstotliwościach.

Dopasowując do widma zależność teoretyczną, jesteśmy w stanie precyzyjnie określić częstotliwość przegięcia, a tym samym wiek obserwowanych struktur. Znając wiek radiogalaktyki, możemy określić jej całkowitą energię wygenerowaną w aktywnym jądrze. Przykładowo: dla wartości pola magnetycznego rzędu kilku mikrogausów i częstotliwości przegięcia widma w okolicy 7 GHz, wiek synchrotron-

wy wynosi w przybliżeniu 40 mln lat. Natomiast: dla częstotliwości przegięcia ok. 18 i 40 GHz odpowiednio — 25 i 10 mln lat. Widzimy, że dla precyzyjnego określenia wieku młodych i zwarłych struktur konieczne są obserwacje w zakresie kilkudziesięciu GHz. Dodatkowo wymagana jest również odpowiednio dobra zdolność rozdzielnego teleskopu do rozdzielenia struktury obiektu. Ze względu na potęgowy charakter widma radiogalaktyk jest konieczna także duża czułość detektora. Wymogi te można spełnić tylko przy uwzględnieniu odpowiednio dużej powierzchni czaszy radioteleskopu oraz odpowiednio długiego czasu obserwacji. Niestety, obecnie działające instrumenty nie pozwalają na łączne spełnienie tych wymogów. Planowany RT90 będzie idealnym narzędziem w badaniu własności radiogalaktyk na wysokich częstotliwościach.

M. Jamrozy OAUJ

### ***Radiowy przegląd nieba na 15 GHz — „2CMS” (the 2-Centimetre Million Source Survey)***

90-m radioteleskop wyposażony w dużą matrycę odbiorników może się stać centralnym instrumentem wykonującym szerokopasmowe przeglądy nieba z rozdzielcością minut kątowych. Przykładem jest przegląd NRAO NVSS na 1,4 GHz, który pokrywa północne niebo od deklinacji -40 stopni (82% całej sfery niebieskiej) z rozdzielcością 45 sekund łuku. Z czułością  $s = 0,45 \text{ mJy/wiązkę}$  katalog NVSS zawiera prawie 2 mln źródeł o strumieniu powyżej 2,5 mJy. Dla 90-m polskiego radioteleskopu proponujemy przegląd nieba na częstotliwości środkowej 15 GHz z podobną rozdzielcością kątową, ale z nieco większą gęstością źródeł niż dla NVSS. Komplementarne przeglądy tych samych obiektów będą prowadzone w przyszłości na 1,4 i 5 GHz przy pomocy EVLA.

Dla proponowanego ograniczenia ruchu teleskopu RT90,  $h > 30^\circ$ , dla przeglądów dostępne będzie około 10 tys. stopni kwadratowych. Waldram et al. (2009) podaje dla różnicowych zliczeń liczbę źródeł na 15 GHz bliską ~ 51 S(Jy)<sup>-2,15</sup> sr<sup>-1</sup>, co dla zliczeń kumulacyjnych (całkowitych)  $N (>S_{\lim}) \sim 44 [S^{-1,15}] \text{ sr}^1$ . Dla 2 mln źródeł daje

graniczny strumień najsłabszych obiektów  $S_{\lim} = 0,5 \text{ mJy}$ .

Poziom konfuzji (wynikający z braku wysokiej rozdzielcości kątowej) dla RT90 na 15 GHz wynosi  $s_{\text{confusion}} = 0,022 \text{ mJy/wiązkę}$  (Condon, 2007), więc dla strumienia 0,5 mJy możemy być pewni, że co najmniej jeden milion obserwowanych źródeł nie będzie skażone efektem konfuzji.

Dla dużej wiarygodności przeglądu, oprócz precyzyjnie wyznaczonego strumienia (i wskaźnika widmowego z 2 GHz podpasm) niezbędne jest uzyskanie wysokiej precyzji wyznaczenia pozycji nowych odkrywanych obiektów. Według naszych obliczeń, w których uwzględnia się systematyczne błędy w modelu poprawek pozycji, dobowe zmiany struktury teleskopu oraz zmienne wiątr i różnicowe ogrzewanie przez Słońce, oczekiwany błąd pozycjonowania wyniesie ~5 arcsec. Większa precyzja jest możliwa przez porównanie do blisko położonych źródeł kalibracyjnych. Jeśli nawet ostateczny błąd pozycji wyniesie ~7 arcsec, dla większości obserwowanych źródeł jest to wartość na tyle dokładna, aby móc prowadzić dalsze dokładne (*follow up*) studia przy pomocy interferometrów takich, jak np. EVLA.

Teleskopy są często porównywane przez parametr nazywany szybkością przeglądu  $V_{\text{survey}}$  (*Survey Speed*) definiowany jako czas niezbędny do przejrzienia nieba w kącie bryłowym 1 sterradiana z założoną czułością. Czułość nie tylko wynika z wielkości powierzchni anteny, ale także jest określona przez własności urządzenia odbiorczego (radiometru). Biorąc następujące wielkości jako parametry wejściowe,  $S_{\min} = 0,5 \text{ mJy}$ ,  $T_{\text{sys}} = 25 \text{ K}$ , pasmo  $\Delta\nu = 6 \text{ GHz}$ , otrzymujemy dla 10 tys. stopni kwadratowych dostępnego do obserwacji obszaru nieba i tylko jednej wiązki (jednego odbiornika) całkowity czas pomiarów wyniesie  $1,7 \times 10^9 \text{ sekund}$ , a dla 100 równocześnie działających odbiorników (matryca  $10 \times 10$ )  $1,7 \times 10^6 \text{ sekund}$ , co jest mniej niż 6 miesięcy. Biorąc pod uwagę wszystkie czynniki ograniczające możliwość prowadzenia nieprzerwanie takiego przeglądu, realistyczne jest twierdzenie, iż całe dostępne niebo będzie przebadane w ciągu maksymalnie dwóch lat.

Równoczesne pomiary wskaźnika widmowego  $\alpha$  oraz polaryzacji źródeł sprawią, że przegląd 2CMS będzie po-wszechnie cytowany jako jeden z najważniejszych przeglądów wykonanych dotąd w zakresie fal centymetrowych.

Ważnym rezultatem naukowym mającym fundamentalne implikacje dla kosmologii będą unikatowe w tym zakresie fal zliczenia źródeł. Dostarczą informacji o populacjach źródeł oraz pozwolą lepiej określić ich wpływ na mierzone parametry anizotropii mikrofalowego promieniowania tła — CMB. Zbadanie kosmologicznej ewolucji AGN-ów z uwzględnieniem własności składowej spolaryzowanej oraz ewolucji ich przestrzennej gęstości pozwoli lepiej wyznaczyć funkcję jasności (*Luminosity Function*) i uściślić unifikację schematów ewolucyjnych.

Szacujemy (De Zotti et al. 2010), że obserwowane populacje radioźródeł pozagalaktycznych będą składać się z galaktyk o dużej aktywności gwiazdo-twórczej (ok. 20%), obiektów o płaskich widmach, takich jak kwazary i bazary (50%) oraz obiektów o stromych widmach nietermicznych typu FR1 i FR2 (30%). Pośród nich z pewnością znajdą się obiekty nowe, o cechach niezwykłych.

### **Odkrycia z RT90**

Podczas gdy teleskopy muszą być budowane dla realizacji konkretnych celów badawczych (i tak jest także w wypadku RT90 — patrz ten i po-przednie artykuły) interesująca lekcja historii poucza nas, że twórcy istniejących wielkich instrumentów astronomicznych nie mogli przewidzieć odkryć, które będą przypisane aktualnie budowanym instrumentom. Dobrym przykładem jest tu radiowy przegląd całego nieba na 408 MHz (fala 73 cm) wykonany teleskopami Jodrell Bank 76-m (UK), Parkes 64-m (Australia) i Effelsberg 100-m (Niemcy) przez Heslrama i współpracowników. Ten przegląd jest jednym z najbardziej cytowanych w historii radioastronomii, ale nikt nigdy nie przewidział, że najważniejszym będzie odseparowanie synchrotronowej emisji Galaktyki z danych zbieranych satelitami badającymi reliktywe promieniowanie tła (CMB). Kiedy teleskopy w Parkes i Jodrell Bank rozpoczęły swoją służbę w nauce, nikt jeszcze nie wiedział o istnieniu CMB!

Odkrycia mają kapryśną naturę, niemniej jednak jest możliwe zaplanowanie odkryć przez zastosowanie wyszukanych metod masowych przeglądów w wielowymiarowej przestrzeni parametrów, przy maksymalnych osiągalnych czułościach, szybkościach wykonywania przeglądów oraz maksymalnej spektralnej, przestrzennej i czasowej rozdzielczości. Spełnienie tych warunków prawie na pewno ujawni nieznane jeszcze zjawiska. Istnieje interesująca teoria informatyczna, która mówi, że ilość nieoczekiwanych zdarzeń w ciągu danych rośnie tylko jako funkcja logarytmu naturalnego liczby niezależnych elementów tych gromadzonych danych. W pracach, które poprzedziły powstanie teorii informatycznych, pokazano, że liczba nowych zidentyfikowanych gatunków zwierząt rośnie jak logarytm z liczby wszystkich indywidualnie zebranych danych. Ta idea może być przetestowana w radioastronomii na przykładzie historii odkryć pulsarów. Rysunek pokazuje wykres liczby odkryć jako logarytmiczną funkcję wszystkich poznanych podczas kolejnych (od roku 1968) odkryć pulsarów. Ekstrapolacja wykresu mówi nam, że następne wielkie odkrycia będą miały miejsce, gdy w przybliżeniu liczba znanych pulsarów się podwoi i że będą trzy nowe odkrycia z teleskopem SKA, kiedy rozpocznie pracę za około 15 lat. Oczekuje się, że

	Liczka kolejnych odkryć	Całkowita liczba pulsarów	Ln liczby znanych pulsarów
Pierwsze odkrycia	0		
Pulsar podwójny	1	100	4,6
Pulsar milisekundowy	2	300	5,7
Pulsar z układem planet	3	450	6,1
Podwójny pulsar	4	1600	7,4
Następne odkrycie	5	3650	8,2
Następne odkrycie	6	8100	9,0
Następne duże odkrycie	7	18000	9,8

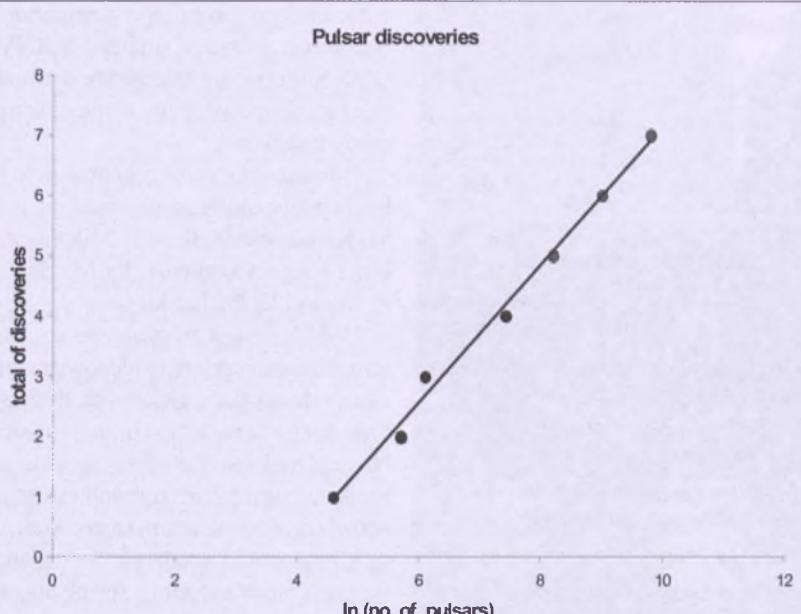
jednym z nich będzie pulsar z czarną dziurą w układzie podwójnym.

Problem odkryć może być analizowany fenomenologicznie. Spory potencjał istnieje w poszukiwaniu korelacji w wieloparametrowej przestrzeni parametrów obserwacyjnych, w tym także charakterystycznych struktur w obrazach danych. Kilka powiązań (relacji) znanych już w radioastronomii to np. zmiany polaryzacji i strumienia, zmiany struktury w skalach milisekund łuku i polaryzacji, czasowa zmienność linii widmowych. Inne zależności nie zostały jeszcze należycie przestudiowane. W szczególności struktury wielkoskalowe na mapach spektralnych i wielkoskalowe struktury spolaryzowanej emisji. Te cele są przedmiotem badań zaplanowanych jako kluczowe projekty dla SKA

w zadaniach dotyczących rozwiązania tajemnic Ciemnej Energii i Magnetycznego Wszechświata.

Znaczna część czasu obserwacyjnego RT90 ma być przeznaczona dla włączenia się do nurtu KSP (Key Science Programmes) wspomnianych powyżej. Nadal istnieje szansa dokonania ekskluzywnego badania przy pomocy dużych radioteleskopów, jeśli wyposażą się je w nowoczesne (high-tech) kamery radiowe pomagające powierzchnię zbierającą i szybkość dokonywanych pomiarów prawie stukrotne. Wielu istniejących dużych radioteleskopów nie zaprojektowano, by umieścić na nich wielowiązkowe systemy odbiorcze (kamery radiowe) i dlatego, w związku z projektem RT90, powstała ogromna szansa dla Polski, szansa wykorzystania najnowszych, szybko rozwijających się technologii odbiorczych, dla prowadzenia obserwacji astronomicznych na najwyższym poziomie cechującym badania XXI w.

(wyciąg z materiałów przygotowanych dla RT90 przez Petera N. Wilkinsona)



Tempo odkryć nowych zjawisk w pulsarach jako logarytmiczna funkcja całkowitej liczby pulsarów odkrytych. Koncepcja RT90 przyjęła tę ideę poprzez wysoką czułość i użycie radiowej kamery CCD dającej równoczesny pomiar (obraz) dużego obszaru nieba z nadzwyczajną szybkością w pasmach krótkich fal centymetrowych

Marek Urbanik, Krzysztof Chyży i Marek Jamrozy są radioastronomami, dwaj pierwsi profesorami, a M. Jamrozy adiunktem – wszyscy trzej pracują na Uniwersytecie Jagiellońskim. Dr Peter N. Wilkinson jest profesorem Uniwersytetu Manchester i dyrektorem obserwatorium radioastronomicznego w Jodrell Bank

## **XXXVI Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne im. prof. Roberta Gębockiego**

**W**dniach 25–27 marca 2010 r. odbyło się Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne im. Profesora Roberta Gębockiego. Młodzi miłośnicy astronomii już XXXVI raz spotkali się w siedzibie Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika, znajdującego się na terenie Zespołu Szkół Technicznych, w Grudziądzu.

OMSA to finał wojewódzkich konkursów na najlepszy referat z astronomii dla młodzieży gimnazjalnej i licealnej, organizowany przez planetaria w Grudziądzu i Olsztynie. O organizację i sprawny przebieg tegorocznego seminarium zadbał ze strony olsztyńskiej Bogdan Kulesza, a w Grudziądzu Sebastian Soberski. Konkursowi patronuje Polskie Towarzystwo Astronomiczne oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Merytorycznej pomocy udziela również Polskie Towarzystwo

wódzkie Ośrodki Metodyczne oraz Ośrodki Doskonalenia Nauczycieli.

Każde województwo było reprezentowane przez dwóch finalistów, biorących udział w seminarium oraz dwie osoby zaproszone w charakterze słuchaczy. Podczas trzydniowego spotkania wygłoszono 31 referatów. Wystąpienia podzielono na 3 sesje: obserwacje nieba, Układ Słoneczny, gwiazdy i Wszechświat. Wszystkim wystąpieniom z uwagą przysłuchiwało się jury, w skład którego weeszli przedstawiciele patronujących seminarium Towarzystw i organizatorów. Na początku dotychczasowy wieloletni przewodniczący jury, prof. Andrzej Woszczyk, przekazał przewodnictwo i jego symbol, dzwonek, dr. Henrykowi Braniewiczowi, prezesowi PTMA.

Poziom referatów był wysoki i dość wyrównany, a ich tematyka dotyczyła wielu dziedzin astronomii. Wybór laureatów okazał się więc niezwykle trudny.

kołajczakowi z Inowrocławia („Słońce i jego wpływ na zjawiska widoczne na niebie”). W sumie na 10 nagrodzonych miejscach znalazło się 13 uczestników seminarium.

Między laureatów zostały rozdzielone wspaniałe nagrody: teleskopy, atrakcyjne lornetki, statwy, albumy i atlasy nieba. Jedną z nagród była kolekcja numizmatów „Systema Solare” ufundowana przez Skarbiec Mennicy Polskiej S.A. Pozostałymi fundatorami nagród byli: Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, Fundacja Astronomii Polskiej, Prezydent Miasta Warszawy — Hanna Gronkiewicz-Waltz, Fundusz im. Tadeusza Jarzębowskiego, Planetarium w Olsztynie, Urząd Miejski w Grudziądzku, Wydawnictwo Prószyński i Spółka, Spółdzielnia Mieszkaniowa w Grudziądzku, Kuratoria i Urzędy Marszałkowskie, Starostwa, Wojewódzkie Ośrodki Metodyczne i inne instytucje.

Tradycyjnie przyznano również nagrodę — plecak — dla najmłodszego prelegenta. Był nim Adrian Matuszewski z Pacanowa. Nagrodę tę zapewnił Fundusz im. Tadeusza Jarzębowskiego, wieloletniego jurora tego seminarium. Natomiast wszyscy finaliści XXXVI OMSA otrzymali kalendarze astronomiczne, obrotowe mapy nieba oraz nagrody książkowe.

Dodatkowo swoich 5 laureatów wyłoniła publiczność, przyznając I miejsce M. Kołodziejowi, II — P. Mikołajczykowi oraz wyróżnienia dla M. Bański, R. Siwca i D. Puchalskiego.

OMSA nie jest zwyczajnym konkursem astronomicznym, to niepowtarzalna okazja do spotkań, ciekawych dyskusji i nawiązywania nowych znajomości. Niezapomniana atmosfera, możliwość spotkania się młodych miłośników astronomii z profesjonalistami i niepowtarzalny klimat murów grudziądzkiego planetarium i obserwatorium sprawiają, że wielu uczestników na pewno z niecierpliwością czeka na kolejne XXXVII OMSA, które odbędzie się 24–26 marca 2011 r.

*Piotr Wychudzki*



Uczestnicy OMSA pod pomnikiem Mikołaja Kopernika (fot. Gerard Szukay). Więcej zdjęć na stronie kolorowej o. II i na stronie internetowej [www.grudziadz.planetarium.pl](http://www.grudziadz.planetarium.pl)

### Astronautyczne.

Referaty przedstawiane na OMSA zostały wcześniej wybrane podczas etapów wojewódzkich. Organizatorami wojewódzkich konkursów są Kuratoria Oświaty, Departamenty Edukacji Urzędów Marszałkowskich, Woje-

Po wysłuchaniu wszystkich referatów komisja zdecydowała się przyznać pierwsze miejsce Miroławowi Kołodziejowi z Brzezia („Moje perypety z obserwacjami gwiazdy zmiennej EX Hydrae”), drugie Sławomirowi Potaszowi z Bochni („Plamy monstra”) a trzecie Piotrowi Mi-

## Urodziny Kopernika 2010 w Toruniu

**P**rogram obchodów 577 rocznicy urodzin Wielkiego Toruńczyka był niezwykle bogaty. Po zeszłorocznego obchodach, gdy ekipa pracowników Akademii Półtuskiej przedstawiła wyniki swych badań poszukiwawczych grobu i szczątków Kopernika w katedrze fromborskiej, władze województwa warmińsko-mazurskiego i kujawsko-pomorskiego zorganizowały peregrynację uznanych za należące do Kopernika szczątków do Torunia. Przyjechały tu, m. in. przez kilka miast pomorskich, w tym i Groduń, w przeddzień rocznicy urodzin Wielkiego Astronoma i w ozdobnej trumience spoczęły na dobę w katedrze toruńskiej, gdzie władze miasta i jego obywatele mogli oddawać im cześć. Tego samego dnia otwarto w Muzeum Uniwersyteckim wystawę „Artyści Ecole de Paris” i odbyła się debata poświęcona stosunkom polsko-litewskim z udziałem wybitnego poety litewskiego Tomasa Venclovy i ambasadora Litwy w Polsce, Egidijusa Meilunasa. W przeddzień urodzin odbyła się też w Ratuszu Staromiejskim tradycyjna ogólnomiejska Wieczornica Kopernikowska z wykładem naukowym, koncertem, ekspozycją dokumentów z własnoręcznym podpisem Kopernika i projekcją poprawionej wersji filmu M. Juszczakiewicza dokumentującego odkrywanie grobu i identyfikację szczątków uznawanych za należące do Kopernika (o tych problemach pisze w tym zeszycie Pani profesor Lidia Smentek). Już na projekcję filmu nałożył się, w budynku naprzeciwko ratusza, w toruńskim Dworze Artusa, przepiękny „koncert uniwersytecki” w wykonaniu Toruńskiej Orkiestry Symfonicznej i chóru: Akademickiego UMK i Collegium Medicum. W programie koncertu były VI Symfonia „Pastoralna” Ludwika van Beethovena i Msza C-dur „Koronacyjna” Wolfganga Amadeusza Mozarta. W samym dniu urodzin, po porannej mszy św. celebrowanej pod przewodnictwem Metropolity Warmińskiego ks. abp. Wojciecha Ziembę i z udziałem Senatu UMK w strojach akademickich, w kaplicy chrzcielnej Kopernika w katedrze

odbyła się odpowiednia ceremonia religijna, której przewodniczył ordynariusz diecezji toruńskiej, ks. biskup dr Andrzej Suski. Ale to był dopiero początek Dnia Urodzin Kopernika w Toruniu. Zaraz po porannej ceremonii w katedrze, Senat Uniwersytetu Mikołaja Kopernika składał kwiaty u stóp pomnika swego patrona, by po tym rozpocząć świętowanie 65-lecia Uniwersytetu z udziałem pani Minister Nauki i Konferencji Rektorów Akademickich Szkół Polskich. Ważnym dla astronomów wydarzeniem tej uroczystości było wręczenie znakomitemu astronomowi i badaczowi spuścizny i dzieła Kopernika, profesorowi Owenowi Gingerichowi z Harwardu, najwyższego medalu UMK pod nazwą Convallaria Copernicana. Wieczorem tego dnia odbyła się jeszcze prezentacja uruchomionego nowego portalu internetowego, finansowanego i administrowanego przez miasto Toruń i UMK ([www.copernicus.torun.pl](http://www.copernicus.torun.pl)), który ma ambicję zebrania wszystkiego, co odnosi się do Kopernika (patrz *Ciekawe strony internetowe*, s. 144). Wieczorem młodzi miłośnicy astronomii, głównie z Gimnazjum i Liceum Akademickiego w Toruniu i z Koła Naukowego Studentów Astronomii urządzili pod pomnikiem Astronoma, podobnie jak na ubiegłoroczną inaugurację Roku Astronomii, publiczne pokazy nieba, które cieszyły się dużym zainteresowaniem publiczności. Następnego dnia, 20 lutego, odbyła się jeszcze sesja popularno-

naukowa w toruńskim Ratuszu Staromiejskim, na której m. in., obok prezentacji wspomnianego wyżej portalu, referaty wygłosili prof. Ryszard Wielebiński z Bonn o tym, jak astronomowie odkrywali współczesny Wszechświat i prof. Gingerich o swych poszukiwaniach wszystkich egzemplarzy *De Revolutionibus* z pierwszych wydań i notatek na marginesach tych ksiąg świadczących o tym, kto je posiadał, czytał i jakie było ówczesne zrozumienie dzieła Kopernika. Zabierał też głos prof. Krzysztof Mikulski, historyk z Torunia, którego zespół poszukuje potomków rodziny Kopernika. W przyszłym numerze „Uranii” zamieścimy przemówienie prof. Gingericha z uroczystości uniwersyteckiej, a w bieżącym numerze wypowiada się prof. Wielebiński swym referatem ze Zjazdu PTA w Krakowie.

W następnych dniach odbyło się też Walne Zgromadzenia Towarzystwa Naukowego w Toruniu, które jest statutowo zobowiązane od swego powstania 135 lat temu do tego rodzaju świętowania kolejnych rocznic urodzin Kopernika. Odbywały się również rocznicowe akademie w różnych szkołach i instytucjach noszących imię Mikołaja Kopernika. Do tych toruńskich obchodów dołączyła się też naukowa społeczność międzynarodowa, nadając nowo odkrytemu pierwiastkowi nazwę Copernicanum.

(aw)



Pokazy teleskopowe pod toruńskim ratuszem. Fot. Jarosław Suchocki

## Asymetria dobra na trawienie

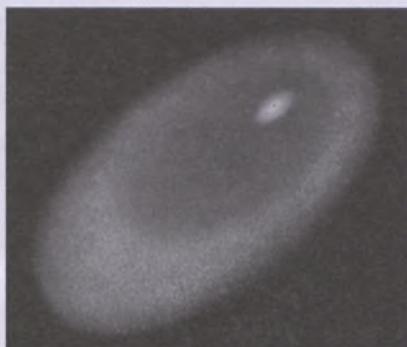
Astronomowie uzyskali odpowiedź na pytanie, jak supermasywne czarne dziury w centrach większości galaktyk pożerają gaz ze swojego otoczenia. Nowe badania wyjaśniają, że gwiazdy ciągną ze sobą rotujący gaz w kierunku centrum galaktyki, powodując, że znajduje się on wystarczająco blisko, by być zasvanym przez czarną dziurę.

Supermasywne czarne dziury bardzo silnie przyciągają otaczającą je materię, jednak astronomowie nie byli pewni, jak tym astrofizycznym bestiom udaje się przyciągać aż tak duże ilości gazu, które rzeczywiście pochłaniają. Cały problem polega na tym, że szybko wirujący gaz, krający wokół czarnej dziury, posiada duży **moment pędú**, powodujący powstawanie **siły odśrodkowej**. Siła odśrodkowa spowalnia lub wstrzymuje materię, tak by nie wpadła w otchłań czarnej dziury.

Generalnie czarne dziury z łatwością połykają gaz, który znajduje się w odległości mniejszej niż **1/3 roku świetlnego** od centrum galaktyki. Wynika to z faktu, że czarne dziury posiadają pole magnetyczne, które spowalnia rotację gazu i umożliwia jego spadek na powierzchnię. Na dużych odległościach, około **30—300 lat św.** od centrum, kolizje z innymi galaktykami i grawitacyjne oddziaływanie materii wewnętrz galaktyki powoduje powstawanie zaburzeń, które kierują gaz ku centralnej czarnej dziurze. Jednak nadal istnieje przedział pośrednich odległości, od **1 do 30 lat św.** od centrum, w którym wydaje się, że nic nie powoduje zmniejszenia ruchu rotacyjnego materii i jej opadania na czarną dziurę.

Tu właśnie pojawiają się nowe symulacje wykonane przez Philipa Hopkinsa i Eliota Quataerta z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley. Ich modele pokazują, że gaz i gwiazdy, znajdujące się w pośrednich odległościach od supermasywnej czarnej dziury, tworzą **nesymetryczne dyski**, których środki znajdują się po przeciwnych stronach czarnej dziury. Dyski te są przesunięte względem siebie, co sprawia, że gwiazdy oddziałują z gazem, zmieniają jego ruch i przybliżają go do czarnej dziury.

To rozwiązań zagadki jest na razie tylko teoretyczne. Jednak astronomowie przypominają, że w galaktykach posiadających supermasywne czarne dziury zaobserwowano niesymetryczne dyski starszych gwiazd. Przykładem jest po-



Wizja artystyczna przedstawiająca jądro galaktyki Andromeda. Większy obszar to dysk starszych gwiazd, zaś mniejszy (na zdjęciu jaśniejszy) — młodych. Czarna kropka we wnętrzu tego drugiego to supermasywna czarna dziura. Niesymetryczny dysk starych gwiazd może być pozostałością po dysku, który pomagał czarnej dziurze zasysać wirujący gaz. Źródło: A. Field, NASA, ESA

## dobra do Drogi Mlecznej galaktyka Andromedy.

Hopkins i Quataert sugerują, że te niesymetryczne dyski są skamieniałosciami po dyskach materii gwiazdowej, jakie są generowane przez ich modele. W swojej młodości dyski te pomagały kierować gaz ku czarnym dziurom.

W praktyce bardzo trudno jest zaobserwować takie niesymetryczne dyski, ponieważ znajdują się one stosunkowo blisko czarnych dziur, które w swoim otoczeniu generują ogromne ilości promieniowania. Jednak poszukiwanie dysków może być też nowym sposobem na szukanie supermasywnych czarnych dziur w centrach galak-

tyk, w których ich jeszcze nie zaobserwowano.

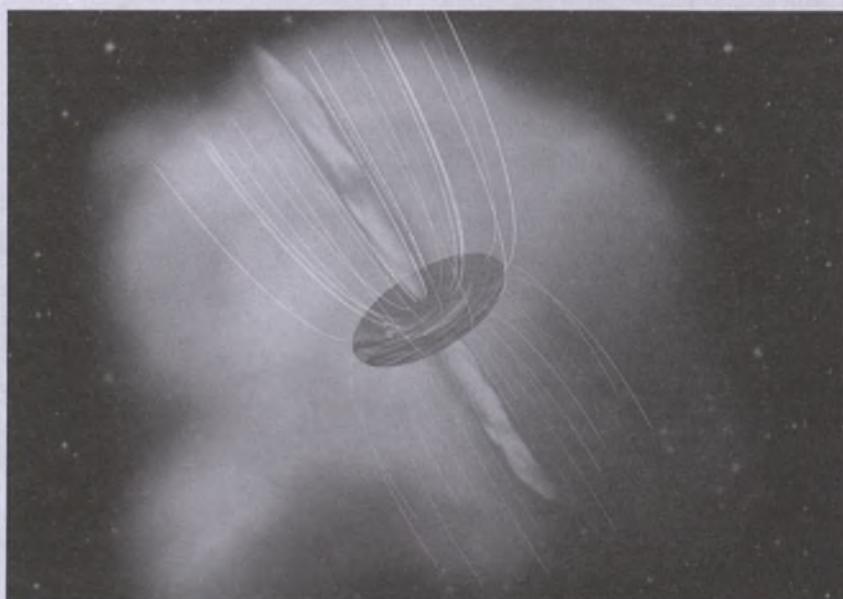
Magda Siuda

Źródło: [www.sciencenews.org](http://www.sciencenews.org)

## Pole magnetyczne kontroluje dietę masywnych gwiazd

Grupa astronomów, której przewodniczy Wouter Vlemmings z Uniwersytetu w Bonn w Niemczech, wykorzystała sieć radioteleskopów **MERLIN** należącą do Obserwatorium **Jodrell Bank** w Wielkiej Brytanii, aby pokazać, że pole magnetyczne odgrywa istotną rolę w trakcie narodzin masywnych gwiazd. Do tej pory odkryto, że pole magnetyczne silnie wpływa na małomasywne gwiazdy, takie jak nasze Słońce. Nowe wyniki pokazały, że sposób tworzenia się bardzo masywnych i małomasywnych gwiazd może być podobny.

**Masywne gwiazdy**, których masa jest co najmniej 8 razy większa od masy Słońca, są kluczowe dla tworzenia innych gwiazd, planet, a nawet życia. Występują one rzadko, ale znacząco wpływają na skład i ewolucję materii międzygwiazdowej w galaktyce i są odpowiedzialne za produkcję ciężkich pierwiastków, takich jak żelazo. Jednak nadal nie udało się znaleźć odpowiedzi na pytanie: jak masywne gwiazdy się tworzą? Rola pola magnetycznego w tym procesie była tematem debaty. Wielu naukowców uważało, że promieniowanie i turbulencje



Wizja artysty przedstawiająca młodą masywną gwiazdę Cefeuze A HW2. Wąskie dżety promieniowania wychodzą z młodej gwiazdy, która jest ukryta wewnątrz otaczającego ją dysku pyłu i większego dysku gazu. Białe linie przedstawiają trójwymiarową strukturę pola magnetycznego, wzdułt której materia spada na wolno rotującym dysku. Źródło: Tobias Maercker

mogą odgrywać bardziej znaczącą rolę. Oznaczałoby to, że formowanie masywnych gwiazd wyraźnie różniłoby się od formowania gwiazd o mniejszej masie, jak na przykład Słońce.

Vlemmingsowi i jego współpracownikom po raz pierwszy udało się zaobserwować trójwymiarową strukturę pola magnetycznego wokół dysku masywnej, nowo powstałej gwiazdy (protogwiazdy) **Cefeusz A HW2**. Cefeusz A znajduje się w odległości 2300 lat św. od Słońca i jest najbliższym położonym regionem, w którym tworzą się masywne gwiazdy. Wczesniejsze obserwacje ujawniły istnienie dysku, z którego gaz spływa na protogwiazdę HW2. Astronomowie zauważyli także, że pole magnetyczne jest tam regularne i silne, co oznacza, że kontroluje ono przepływ materii przez dysk do rosnącej gwiazdy.

„Nasza nowa technika pozwala nam po raz pierwszy zmierzyć trójwymiarową strukturę pola magnetycznego wokół masywnej protogwiazdy. Widzimy, że struktura ta jest zadziwiająco podobna do tej, jaką, według nas, mają dużo mniejsze gwiazdy” — mówi Huib Jan van Langervelde z Joint Institute for Very Long Baseline Interferometry in Europe (**JIVE**).

Aby wyznaczyć strukturę pola magnetycznego, astronomowie wykorzystali obserwacje wykonane za pomocą sieci teleskopów **MERLIN** na falach radiowych (o długości fali 5 cm) wzmacnionych przez **molekuły metanolu** — najprostsze związki alkoholu. Znaleziono je w regionach otaczających dysk wokół HW2, których rozmiary dziesięciokrotnie przewyższają rozmiary Układu Słonecznego. Regiony takie nazywamy maserami, ponieważ wzmacniają mikrofalowe promieniowanie w taki sam sposób, jak laser wzmacnia promieniowanie widzialne. Pomimo że pole magnetyczne pozostawia tylko mały ślad na sygnale pochodząym z molekuł metanolu, to wzmacnienie jest na tyle silne, że możemy je badać.

Nowe obserwacje będą podstawą jednego z pierwszych naukowych projektów przeprowadzonych za pomocą nowej sieci teleskopów **e-MERLIN**. **e-MERLIN** to udoskonalenie sieci **MERLIN**, dzięki któremu stanie się ona 10 razy bardziej czuła. Projekt, na czele którego stoi m.in. Vlemmings, będzie wykorzystywał unowocześnioną sieć do odkrywania pól magnetycznych i bezpośredniego otoczenia wielu masywnych protogwiazd w różnym wieku.

*Magda Siuda*

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Moduł Tranquility zamontowany — stacja ISS gotowa!

22 lutego prom kosmiczny Endeavour wylądował przy Centrum Lotów Kosmicznych im. Kennedy'ego na Florydzie po swojej ostatniej wizycie na **Międzynarodowej Stacji Kosmicznej** (ang. International Space Station — ISS).

Dwutygodniowa misja zakończyła tym samym proces budowy ISS. Sześcioczłonowa załoga promu Endeavour zainstalowała moduł Tranquility, czyli przestronne pomieszczenie wyposażone w kopułę widokową. Oddanie do użytku **modułu Tranquility** oznacza zakończenie prac nad budową stacji ze strony USA.

Projekt o budżecie 100 mld dolarów, angażujący pięć agencji kosmicznych, jest teraz niemal ukończony po ponad 10 latach budowy na wysokości 340 km nad powierzchnią Ziemi. Gdy załoga promu Endeavour spotkała się z kolegami ze stacji, dowódca stacji Jeffrey Williams pogratulował astronautom udanej instalacji **modułu Tranquility**: „Będziemy podziwiać widoki. Chciałbym żebyście mogli zostać trochę dłużej i obserwować razem z nami” — powiedział.

Kolejne cztery misje wahadłowców odbędą się w przeciągu siedmiu miesięcy celem dostarczenia sprzętu i zapasów na stację. Następnie **flota promów kosmicznych** odesjdzie na emeryturę. Jedna z ostatnich misji wyniesie minioduł dla Rosjan. Inna zaś dostarczy sprzęt eksperymentalny, w tym spektrometr o nazwie Alpha Magnetic Spectrometer. Ostatnie misje wahadłowców



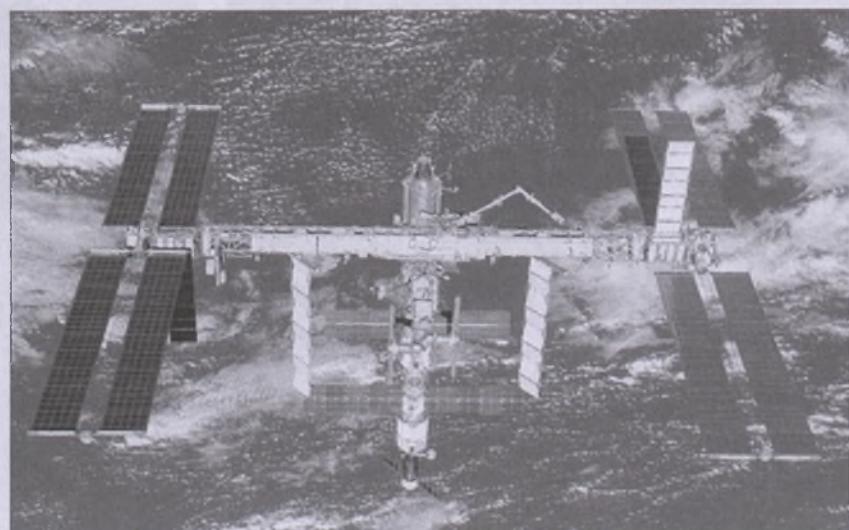
### Dane modułu Tranquility i kopuły widokowej:

- kluczowy moduł łączący i wspomagający inne moduły,
- posiada wiele portów dokujących dla przybywających statków lub, w przyszłości, dla kolejnych modułów,
- rozmiary modułu:  $7,0 \times 4,6$  m, masa: 14 t,
- posiada zaawansowany system podtrzymywania życia z możliwością oczyszczania powietrza,
- zainstalowana kopuła widokowa to idealne miejsce do sterowania specjalnym ramieniem roboczym,
- moduł nosi nazwę Morza Spokoju (Sea of Tranquility) na część miejsca lądowania misji Apollo 11 na Księżyku.

wynoszą na stację wszystkie te przedmioty, które są za duże dla automatycznych statków transportowych. Po zakończeniu misji wahadłowców zadanie transportu astronautów przejmą rosyjskie statki **Sojuz** do czasu, aż Amerykanie nie wyprodukują nowej, własnej floty transportowej.

*Andrzej Gibiec*

Źródło: [news.bbc.co.uk](http://news.bbc.co.uk)



ISS i moduł Tranquility. Źródło: NASA

## „Kopernik w krótkiej koszulce”, czyli jak zakręcić Ziemią?

**S**iedząc w 40-lecie lądowania na Księżycu pod kopułą jednego z najbardziej prestiżowych planetariumów na świecie, Planetarium Adlera w Chicago, uświadomiłem sobie (G.K.), że wszystkie podobne instytucje korzystają z tego samego udogodnienia technicznego. Aby pokazać ruch Ziemi dookoła swojej osi, planetaria dokonują małego „osztuwa” — to nie widownia się kręci, ale obraca się z wolna wymyślny system mechaniczny. Tak być nie może! A przy najmniej w mieście Kopernika!

### Cele dydaktyczne

Jakie są podstawowe informacje, które chcielibyśmy przekazać młodej widowni, tak aby miała *poprawną* wiedzę o dwóch (czy nawet trzech, jak już pisał Kopernik) ruchach Ziemi? Co z tej wiedzy da się zweryfikować samodzielnie, spoglądając samotnie w niebo? Jednym z zadziwiających zjawisk jest bez wątpienia ruch „wsteczny” planet zewnętrznych, z których najłatwiej zauważalny jest ruch Marsa, fenomen nieznanym dla większości studentów, nawet fizyki.

Drugim obok „dylematów Kopernika” pakietem do pokazania był pakiet „Galileusza” — tj. odkrycie gwiazd Drogi Mlecznej, góra na Księżycu i faz Wenus. Tak narodził się projekt „Kopernik w krótkiej koszulce — czyli jak zakręcić Ziemią” sfinansowany przez Urząd Miasta w Toruniu i zrealizowany przez Oddział Toruński Polskiego Towarzystwa Fizycznego w Roku Astronomii.

### Jak to zrobić?

Oczywiście, aby odrestaurować ruch obrotowy (nie mówiąc już o orbitalnym) Ziemi, należałoby kręcić całą widownią i to jeszcze nachyloną pod kątem odpowiadającym szerokości geograficznej, co z kolei kłociłoby się z siłą grawitacji, wyraźnie działającą w dół.



„Jak stwierdzić, który układ się porusza?” (i względem jakiego układu odniesienia?). Aby przekonać się, że nie jest to wcale proste, najlepiej z zamkniętymi oczyma podróżować na poduszku powietrza!



Obserwacja „petli” Marsa wymagałaby, aby widownia kroczyła po orbicie z właściwą prędkością i oglądała Marsa na tle gwiazd stałych. Ale na cóż inwencja młodych pracowników UMK (głównie mgr. K. Służewskiego i mgr. A. Karbowskiego). Marsem było wędkarskie czerwone (chemiluminescentne) światelko niesione na orbicie (dookoła stołu katedry w sali wykładowej) przez ucznia, a obserwatorem na Ziemi — kamera krażąca nieco szybciej (po orbicie bliższej



Wahadło Foucaulta nadzwyczaj długo czekało na wynalezienie (tu w wersji mini, na wirującym platformie); obok wirujące pierścienie do pokazania spłaszczenia Ziemi, rurki z gazem rozrzedzonym do pokazania zorzy polarnej, żółta kula termoczuła do pokazania efektów klimatycznych pór roku i inne doświadczenia. W tle świecące w nadfioletowym świetle gwiazdy zodiaku

stolu). Oczywiście, w ciemnościach kończyło się na zaplątaniu kabli, a co najmniej wyjściem Marsa z płaszczyzny ekliptyki, ale zabawy było co niemiera!

Kamera przysłużyła się również dobrze do obserwacji „Galaktyki” — swoju światel choinkowych, który w oddali zlewał się w jeden gąszcz. Pokazanie faz Wenus i góra na Księżycu było już dużo łatwiejsze, wystarczyło Słońce na środku stołu.

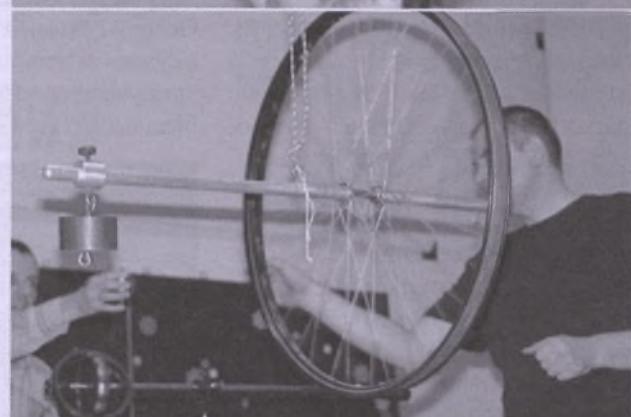
Najbardziej skomplikowane było pokazanie pór roku oraz przesuwania się Słońca w zodiaku. Ale i tu inwencja młodo-

dych pracowników nie zawiodła: minikamera była przyklejona do globusa na szerokości geograficznej Torunia, a globus (z uczniem) orbitował dookoła Słońca. Oczywiście, zodiak był na stałe rozmieszczony w płaszczyźnie tablicy (ekliptyki).

Większa część naszego pokazu miała charakter interaktywny. Podzieliliśmy ją na kilka etapów, których celem było zademonstrowanie i zrozumienie obserwowanych skutków ruchu obrotowego i obiegowego Ziemi, ruchu Księżyca dookoła Ziemi oraz warunków panujących na planetach i w Kosmosie. Aby pokazać efekt ruchu obrotowego Ziemi, zamontowaliśmy na dużym globusie kamerkę internetową oraz użyliśmy nieruchomej lampy jako Słońca i tła z gwiazd (fluorescencyjne naklejki na czarnym tle, dodatkowo podświetlone lampą UV). Naszym celem było pokazanie, że dobowy ruch pozorny Słońca i gwiazd obserwowany z obracającego się globusa wygląda dokładnie tak, jak uczy nas codzienne doświadczenie.

Dodatkowo odwoływaliśmy się do codziennych doświadczeń potwierdzających względność ruchu (jazda autobusem lub pociągiem), a w celu dodania atrakcyjności tej tezie proponowaliśmy wybranemu uczniowi przejażdżkę na modelu poduszkowca z zawiązanymi oczami i wskazanie po pewnym czasie wybranego kierunku. Poduszkowiec cieszył się zresztą ogromną popularnością również po pokazach. Ukrytą bazą naukową do tej zabawy jest cytat z Kopernika, a właściwie podany przez niego cytat z Wirygiliusza: „Kiedy statek odbija od lądu, to wydaje się, że to ląd odpływa”. Podróżnicy na poduszkowcu z zawiązanymi oczyma nie potrafili stwierdzić, czy spoczywają, czy się poruszają, ku wielkiej ucieczce reszty widowni. Innymi słowy: transformację układu inercyjnego wymyślił nie Galileusz, a Kopernik, a z nim nasi mali widzowie.

Naturalnym i logicznym krokiem było teraz udowodnienie ruchu obrotowego. Korzystaliśmy tu z wahadła Foucaulta w dwóch postaciach – dużego, 16-metrowego umieszczonego w holu wejściowym instytutu oraz małego modelu, na przykładzie którego omawialiśmy zasadę jego działania oraz obserwowane skutki. Kolejne doświadczenie miało za zadanie zademonstrować efekt spłaszczenia Ziemi. Dodatkowo omawialiśmy jeszcze zjawisko precesji na przykładzie wiru-



Dwa dōsć niebezpieczne doświadczenia: kierunek osi wirującej Ziemi (tj. żyroskopu) pozostaje stały niezależnie od ruchu orbitalnego, ale pod wpływem małego zaburzenia (wzajemne oddziaływanie sił grawitacyjnych Księżyca i Słońca) dokonuje powolnej precesji (ruch bieguna na tle sfery niebieskiej, przesuwanie się punktu Barana) jącego bąka i żyroskopu, przypominając o astronomicznych przyczynach (wzajemne oddziaływanie sił grawitacyjnych Księżyca i Słońca) oraz skutkach (ruch bieguna na tle sfery niebieskiej, przesuwanie się punktu Barana).

Reasumiując, przez stworzenie (na przeciag paru tygodni) niezwykłych spektakli chcieliśmy w umysłach uczniów zaszczepić ciekawość świata, umiejętność odważnego stawiania pytań, poddawania wątpliwości powszechnie przyjętych opinii i potrzebę weryfikowania oraz twórczego myślenia. Uczenie się poprzez działanie, sprawdzanie i aktywność jest ku temu podstawowym narzędziem.

W projekcie uczestniczyli, oprócz autorów, Andrzej Karbowski, Waldemar Krychowiak i Krzysztof Ślużewski (współpraca przy planowaniu i realizacji scenariuszy) oraz Marta Juszczyska i Magda Sadowska (przy wystawach interaktywnych i postprodukcji multimedialnej).

Na prośbę ([kroch@fizyka.umk.pl](mailto:kroch@fizyka.umk.pl)) możemy przesyłać CD ze szczegółowym opisem realizacji projektu.

*Krzysztof Rochowicz,  
Grzegorz Karwasz  
Zakład Dydaktyki Fizyki,  
UMK Toruń*



Żółta kula termoczuła w roli Ziemi pokazuje efekty klimatyczne pór roku jako konsekwencję nachylenia jej osi obrotu (zdjęcia: Marta Juszczyska)

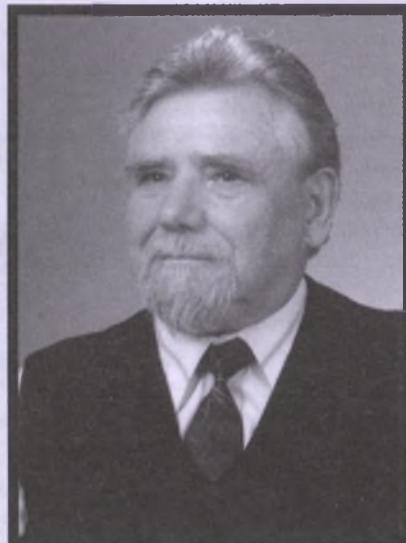
## Prof. dr hab. Stanisław Gąska (1929—2010)

W samo południe pięknego, prawie wiosennego, słonecznego dnia 12 marca 2010 r. na Cmentarzu Komunalnym nr 2 w Toruniu, zebrało się niemałe grono astronomów, fizyków i innych kolegów, przyjaciół i uczniów profesora Stanisława Gąska, by Go pożegnać i złożyć Mu ostatni hołd. Niektórzy przyjechali m.in. z odległej Zielonej Góry, Rzeszowa, Kielc czy Poznania.

Moja znajomość z Kolegą Gąską zaczęła się przed prawie sześćdziesięciu laty, gdzieś w 1951 lub 1952 r. Był moim starszym kolegą na studiach astronomicznych na UMK. Magisterium zdawaliśmy w odstępie kilku dni w czerwcu 1955 r. Później byliśmy kolegami w pracy w Obserwatorium Astronomicznym i w Instytucie Astronomii UMK, którym kierowałem przez kilkanaście lat. W kwietniu 1971 r. kol. Stanisław, już w randze docenta i prodziekana, przewodniczył posiedzeniu Rady Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UMK, na którym odbywała się moja habilitacja.

Stanisław Gąska urodził się 23 lipca 1929 r. w miejscowości Sielc Nowy w powiecie Maków Mazowiecki w rodzinie rolniczej. Przed wojną zdążył ukończyć 3 klasy szkoły powszechnnej. Po wojnie edukację uzupełniał w Kwidzynie (1 rok) i w Szczytnie, gdzie ukończył LO i zdał maturę w 1950 r. W tym samym roku rozpoczął studia astronomiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, które ukończył w 1955 r., wykonując pracę magisterską pod opieką profesora Władysława Dziewulskiego. Ta praca wytyczyła Jego późniejsze zainteresowanie naukowe w dziedzinie mechaniki nieba. Pod kierunkiem tego samego opiekuna, byłego Rektora Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie i pierwszego prorektora UMK, wykonał i obronił w 1960 r. pracę doktorską pt. *Perturbacje wiekowe małej planety Kepler wywołane działaniem dziewięciu wielkich planet*. Była to trzecia obrona doktorska astronoma na UMK. Habilitację uzyskał w 1967 r. na podstawie rozprawy pt. *Statystyczne badania elementów orbit małych planet z uwzględnieniem ich pocho-*

*dzenia*. Ta rozprawa utrwała na następne lata Jego zainteresowania badawcze na problemach dynamiki małych ciał Układu Słonecznego, stabilności orbit tych ciał i statystycznych zależności między różnymi elementami ich orbit. Dodatkowo w tej tematyce specjalizował się na Uniwersytecie im. M. Łomonosowa w Moskwie na stażu pod kierunkiem wybitnego specjalisty w dziedzinie metod badawczych mechaniki nieba, profesora Georgija Nikołajewicza Duboszina, późniejszego doktora honorowego UMK. I tę tematykę wprowadził, jako główny problem badawczy, do Zakładu Mechaniki



Nieba Instytutu Astronomii UMK, którego był organizatorem od 1968 r. i kierownikiem przez kolejnych 26 lat. Do końca życia nie przestał interesować tymi problemami.

Stanisław Gąska w roku 1953, jeszcze w czasie studiów, został zatrudniony w obserwatorium astronomicznym na etacie zastępcy asystenta w katedrze astronomii kierowanej przez prof. Wł. Dziewulskiego. I od tego momentu był etatowo związany z UMK przez następnych 41 lat, zajmując kolejne stanowiska asystenta, adiunkta i docenta. Aktywnie współtworzył toruński ośrodek astronomiczny, nie tylko rozwijając nową tematykę badawczą i opiekując się pracami magisterskimi i doktorskimi w dziedzinie mechaniki nieba, ale też pomagając w budowie nowych pawilonów i instalacji teleskopów, tworzeniu

parku wokół pawilonów obserwacyjnych, budowie drogi dojazdowej, linii energetycznej itp. W latach 1970–1980 przez 3 kadencje docent Gąska był prodziekanem Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemicznej UMK.

W latach 1968–1979 docent Stanisław Gąska był dodatkowo zatrudniony w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Bydgoszczy, gdzie opiekował się wieloma pracami magisterskimi matematyków i fizyków. W roku 1994 zaproponowano mu etat profesorski w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Rzeszowie, z czego, w obliczu niejasnych wówczas perspektyw zmian organizacyjnych w astronomii toruńskiej, skorzystał i został profesorem Instytutu Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego przez następnych 10 lat.

Profesor Stanisław Gąska był opiekunem siedmiu rozpraw doktorskich. Czterech promowanych przez Niego doktorów uzyskało habilitację (wszystko na UMK), a trzech stanowiska profesorskie. Swoją toż UMK przekazał swemu wychowankowi i następcy na stanowisku profesora w Uniwersytecie Rzeszowskim. Jego wychowankowie pracują na różnych uniwersytetach i w szkołach wyższych w całej Polsce.

Profesor Gąska był członkiem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Od roku 1968 był członkiem Wydziału III Towarzystwa Naukowego w Toruniu. Przez jedną kadencję był członkiem Komitetu Astronomii PAN. Ministerstwo Oświaty i Szkół Wyższych nagrodziło Go nagrodą III stopnia w 1970 r., a Ministerstwo Nauki Szkolnictwa Wyższego i Techniki nagrodą II stopnia w 1979 r. Został też odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski i Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Był człowiekiem prawym i towarzyskim. Garnęli się do Niego studenci. Miał wielu przyjaciół.

W Toruniu, w dniu 5 marca 2010 r. odszedł od nas jeden ze świadków i współtwórców Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Będziemy o Nim pamiętać.

Andrzej Woszczyk



F.P.U.H. Astrokrak ul. Mogilska 51 31-545 Kraków  
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - www.astrokrak.pl  
tel. (12) 413 55 26 sklep czynny : pon.-pt. 9-17, sob. 10-14

**DOŁĄCZ DO GRONA ODKRYWCÓW. Już siódma supernowa została odkryta naszym teleskopem!**

## Sky-Watcher

Synta Sky-Watcher DOB 6"	869 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8"	1329 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10" ... 1999 zł	
Synta Sky-Watcher DOB 12" ... 2999 zł	
Synta Sky-Watcher DOB 8" rozuwany... 1449 zł	
Synta Sky-Watcher DOB 10" rozuwany... 2149 zł	
Synta Sky-Watcher DOB 12" rozuwany... 3599 zł	
Synta BKP13065 EQ2... 769 zł	
Synta SK1309 EQ2... 599 zł	
Synta BKP1507EQ3-2... 1249 zł	
Synta BKP2001EQ5... 2199 zł	
Synta 809AZ3... 599 zł	
Synta 909... 399 zł	
Synta 1021EQ3-2... 1649 zł	
Synta 1206EQ3-2... 1949 zł	
Synta BKMAK102... 749 zł	
Synta BKMAK127... 1299 zł	
Synta BKMAK150... 2549 zł	
Synta MAK180... 3599 zł	



Lornetka Nikon Action VII 8x40	240 zł
Lornetka Nikon Action VII 7x50	290 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	305 zł
Lornetka Nikon Action VII 12x50	340 zł
Lornetka Nikon Action VII 16x50	390 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x35	460 zł
Lornetka Nikon Action EX 8x40	500 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x50	535 zł
Lornetka Nikon Action EX 10x50	565 zł
Lornetka Nikon Action EX 12x50	630 zł
Lornetka Nikon Action EX 16x50	680 zł



## MEADE

Meade LightBridge 8" Pyrex De Lux.	2295 zł
Meade LightBridge 10" Pyrex De Lux.	2995 zł
Meade LightBridge 12" Pyrex De Lux.	3895 zł
Meade LightBridge 16" Pyrex De Lux.	9899 zł
Meade LX200 ACF 8"	15999 zł
Meade LX200ACF 10"	18999 zł
Meade LX200ACF 12"	26999 zł
Meade LX200ACF 14"	39999 zł
Meade LX200ACF 16"	84999 zł
Meade" SN LXD-75 6"	4999 zł
Meade" SN LXD-75 8"	6299 zł
Meade" SN LXD-75 10"	6999 zł
Meade ETX 80 AT	1299 zł
Meade ETX 90 PE	2799 zł
Meade ETX 125 PE	4199 zł

## LUMICON



Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 1,25"	375 zł
Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 1,25" ... 375 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 2" ... 730 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 1,25" ... 375 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 2" ... 730 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 1,25" ... 375 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 2" ... 730 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 1,25" ... 375 zł	
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 2" ... 730 zł	

## GSO

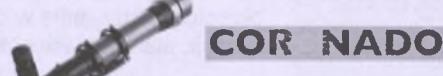
Crayford 2" do Newtona CRF001	349 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF086...	549 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF230...	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-SCT001...	459 zł
Tuba optyczna GSO MT-800	1999 zł
Tuba optyczna GSO MT-1000	1999 zł
NLA001 Newtonian Kolimator 1.25"	199 zł



Okular W-O SWAN 9 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 15 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 20 mm 1,25"	309 zł
Okular W-O SWAN 25 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 33 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 40 mm 2"	459 zł

## SKY PUBLISHING

Starry Night Enthusiast 6.0	399 zł
Starry Night Pro 6.2	650 zł
Starry Night Pro Plus 6.2	1050 zł
Pocket Sky Atlas	79 zł
Sky Atlas 2000.0 - wersja deluxe	219 zł
Sky Atlas 2000.0 Field - laminowany	269 zł



## COR NADO

Teleskop słoneczny "Coronado" SolarMax 40/10	9999 zł
Teleskop słoneczny "Coronado" PST	2999 zł



## Astrokrak

### Złączki i redukcje

Redukcja M42x1 / Canon EOS	49 zł
Redukcja M42x1 / Nikon	49 zł
Redukcja M42x1 / Sony Alpha	49 zł
Redukcja M42x1 / Olympus	49 zł
Redukcja M42x1 / Penlax	49 zł
Redukcja T2 / Canon EOS	49 zł
Redukcja T2 / Nikon	49 zł
Redukcja T2 / Minolta AF	49 zł
Redukcja T2 / Olympus	49 zł
Redukcja T2 / Pentax	49 zł
Redukcja SCT / M42x1	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	79 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do Newtona	149 zł
Złączka 2" / M42x1 z gwintem filtrowym	59 zł
Złączka 1,25" / M42x1 z gwintem filtrowym	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	59 zł
Redukcja 1,25" / WEB do SPC900	49 zł
Redukcja 23,2mm / WEB	39 zł
Redukcja 23,2mm / WEB do SPC800	39 zł
Złączka okularowa M42 / 2" z Clamping ringiem	69 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do refraktora	149 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do refraktora	159 zł
Wyciąg przesuwny 2" do Newtona	199 zł
Wyciąg przesuwny 2" do refraktora	219 zł



## Vixen



### Okulary NPL

Plössla "Vixen" NPL 6mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 10mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 15mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 20mm	135 zł
Plössla "Vixen" NPL 25mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 30mm	165 zł
Plössla "Vixen" NPL 40mm	165 zł

### Okulary NLV

Lantanowy NLV 2,5mm	519 zł
Lantanowy NLV 4mm	489 zł
Lantanowy NLV 5mm	449 zł
Lantanowy NLV 6mm	429 zł
Lantanowy NLV 9mm	449 zł
Lantanowy NLV 10mm	429 zł
Lantanowy NLV 12mm	449 zł
Lantanowy NLV 15mm	449 zł
Lantanowy NLV 20mm	519 zł
Lantanowy NLV 25mm	519 zł



### Okulary LVW

Lantanowy LVW 3,5mm	879 zł
Lantanowy LVW 5mm	879 zł
Lantanowy LVW 8mm	819 zł
Lantanowy LVW 13mm	849 zł
Lantanowy LVW 17mm	879 zł
Lantanowy LVW 22mm	879 zł
Lantanowy LVW 42mm	1289 zł

Niniejszy cennik nie stanowi oferty w myśl przepisów prawa handlowego

## Lipiec

### Słońce

W lipcu deklinacja Słońca z dnia na dzień maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. 6 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  $18^{\text{h}}29^{\text{m}}$ . W lipcu Słońce wstępuje w znak Lwa.

11 lipca wystąpi całkowite zaćmienie Słońca, niewidoczne w Polsce.

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
VII 1	-2,76	2,85	164,13
3	-1,85	3,07	137,65
5	-0,94	3,28	111,18
7	-0,04	3,50	84,71
9	0,87	3,70	58,24
11	1,77	3,91	31,78
13	2,66	4,11	5,31
15	3,56	4,31	338,84
17	4,44	4,50	312,38
19	5,31	4,69	285,91
21	6,18	4,87	259,45
23	7,04	5,04	232,99
25	7,89	5,21	206,53
27	8,72	5,38	180,07
29	9,54	5,54	153,62
VII 31	10,35	5,69	127,16

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

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

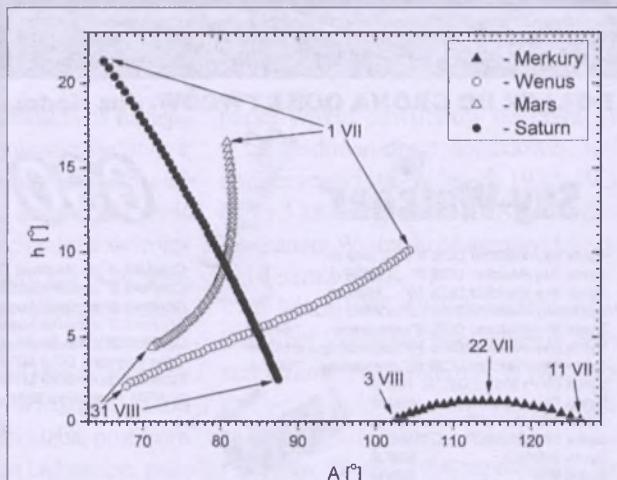
13<sup>d</sup>09<sup>h</sup>38<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0°.

### Książyc

Bezksiążycowe noce będziemy mieli w pierwszej połowie miesiąca, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $4^{\text{d}}14^{\text{h}}35^{\text{m}}$ , now 11<sup>d</sup>19<sup>h</sup>40<sup>m</sup>, pierwsza kwadra  $18^{\text{d}}10^{\text{h}}11^{\text{m}}$  i pełnia  $26^{\text{d}}01^{\text{h}}36^{\text{m}}$ . W apogeum Księżyc znajdzie się 1 lipca o  $10^{\text{h}}13^{\text{m}}$ , w perigeum 13 lipca o  $11^{\text{h}}22^{\text{m}}$  i ponownie w apogeum 28 lipca o  $23^{\text{h}}51^{\text{m}}$ .

### Planety, planety karłowate i planetoidy

W drugiej połowie miesiąca wieczorem, bardzo nisko nad zachodnim horyzontem pojawi się **Merkury**, jednak jego maksymalna wysokość, mierzona pod koniec zmierzchu cywilnego, wyniesie jedynie nieco ponad 1°, co sprawi, że jego dostrzeżenie w blasku zorzy wieczornej, przy jasności 0<sup>m</sup>, będzie praktycznie niemożliwe. Również wieczorem nad zachodnim horyzontem, nieco powyżej Merkurego, możemy obserwować **Wenus**. W dostrzeżeniu planety powinna pomóc jej duża jasność, wynosząca  $-4,1^{\text{m}}$ . Wysokość planety nad horyzontem, mierzona godzinę po zachodzie Słońca, maleje od 10° na początku lipca, do 6°

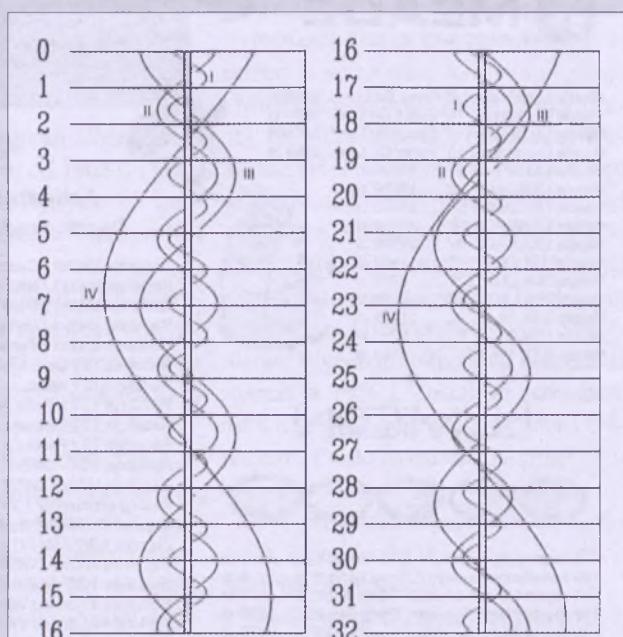


Rys. 1. Merkury, Wenus, Mars i Saturn nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w lipcu i sierpniu 2010 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

pod koniec miesiąca. W związku ze zbliżaniem się od Ziemi, średnica tarczy Wenus rośnie w tym okresie od 15° do 20°, przy fazie zmierzającej od „pełni” do „kwadry”.

Wieczorem, niedaleko Wenus można odnaleźć **Marsa**, świecącego z jasnością  $+1,4^{\text{m}}$ . Warunki obserwacji planety z dnia na dzień pogarszają się — o ile na początku lipca, pod koniec zmierzchu cywilnego, można go dostrzec na wysokości 17° nad horyzontem, o tyle 31 lipca wysokość ta wyniesie już tylko 8° i planeta zacznie niknąć w blasku zorzy wieczornej.

W drugiej połowie nocy możemy obserwować **Jowisza**, świecącego w gwiazdozbiorze Ryb z jasnością  $-2,7^{\text{m}}$ . Po okresie przebywania w części ekiptyki o najmniejszej deklinacji, planeta wznowi się już po niej powoli coraz wyżej,



Rys. 2. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lipcu 2010 r. (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

w związku z czym w momencie górowania znajdziemy ją na wysokości  $38^\circ$  nad południowym horyzontem (w 2008 r. wysokość górowania Jowisza wynosiła jedynie  $15^\circ$ ).

Wieczorem, w gwiazdozbiorze Panny, znajdziemy **Saturna**, świecącego z jasnością  $+1,1^m$ . W ciągu miesiąca warunki widzialności planety znacznie się pogarszają — jej wysokość nad horyzontem, mierzona pod koniec zmierzchu cywilnego, zmniejsza się od  $21^\circ$  na początku lipca do  $10^\circ$  pod koniec miesiąca.

**Uran i Neptun** są widoczne w drugiej połowie nocy w odległości  $33^\circ$  od siebie, w gwiazdozbiorach odpowiednio Ryb i Wodnika.

Planeta karłowata (**134340**) **Pluton** jest widoczna w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Strzelca, jednakże jej jasność wynosi jedynie  $14,1^m$  i do jej zaobserwowania jest niezbędny teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 20 cm.

Planeta karłowata (**1**) **Ceres** widoczna jest przez całą noc w gwiazdozbiorze Wężownika jako „gwiazda” o jasności malejącej od  $7,5^m$  do  $8,1^m$ : 10 VII:  $17^\circ 29,4'$ ,  $-26^\circ 23'$ ; 20 VII:  $17^\circ 22,9'$ ,  $-26^\circ 42'$ ; 30 VII:  $17^\circ 18,8'$ ,  $-26^\circ 59'$ .

W lipcu w pobliżu opozycji nie znajduje się żadna jasna planetoida (jaśniejsza od  $9,0^m$ ).

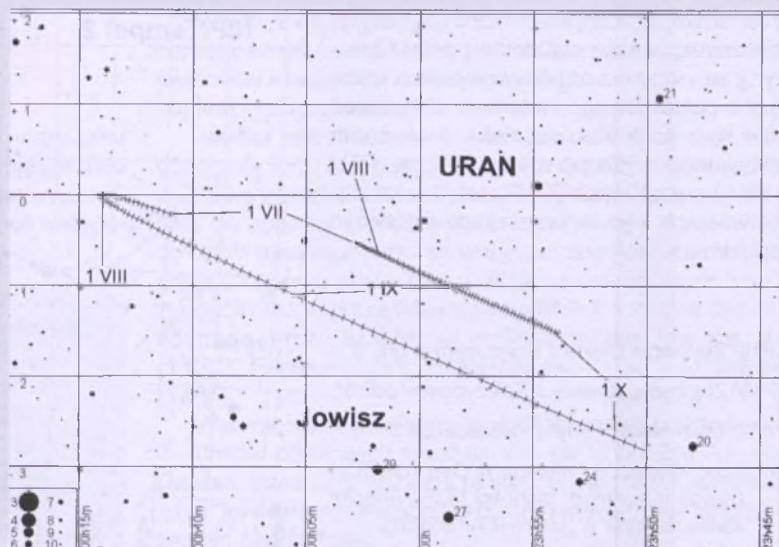
## Komety

W lipcu, nad ranem, w gwiazdozbiorze Wieloryba będzie można przy pomocy lornetek obserwować kometę krótkookresową **10P/Tempel 2**, która przez cały miesiąc, na dwie godziny przed wschodem Słońca, będzie widoczna na wysokości ponad  $20^\circ$ : 7 VII:  $0^\circ 03,1'$ ,  $-7^\circ 01'$ ,  $8,2^m$ ; 17 VII:  $00^\circ 29,3'$ ,  $-7^\circ 39'$ ,  $8,1^m$ ; 27 VII:  $0^\circ 52,4'$ ,  $-8^\circ 44'$ ,  $8,2^m$ . Przewidywana średnica głowy komety wynosi  $11'$ , czyli około jedną trzecią średnicy tarczy Księżyca.

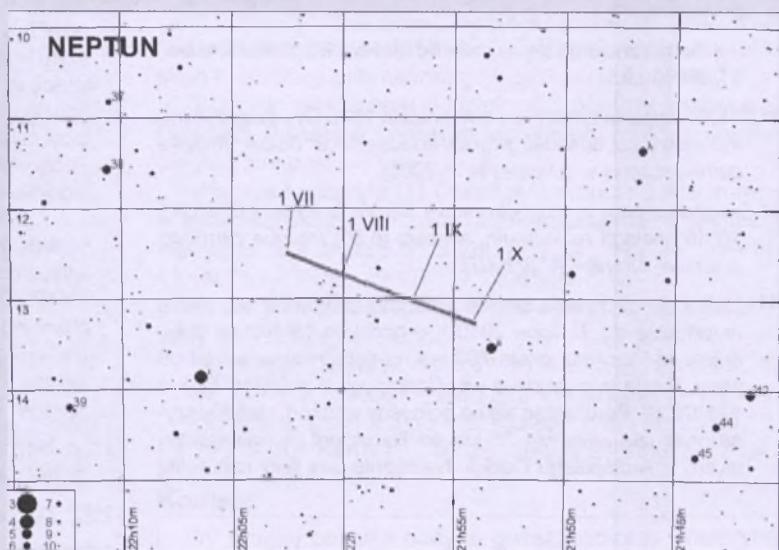
Należy pamiętać, że położenie komety, a zwłaszcza jej jasność, mogą się nieco różnić od przewidywanych. Zaleca się podejmować próby jej dostrzeżenia z dala od miasta, najlepiej w okresie nowiu Księżyca, czyli nad ranem około 11 lipca.

## Meteory

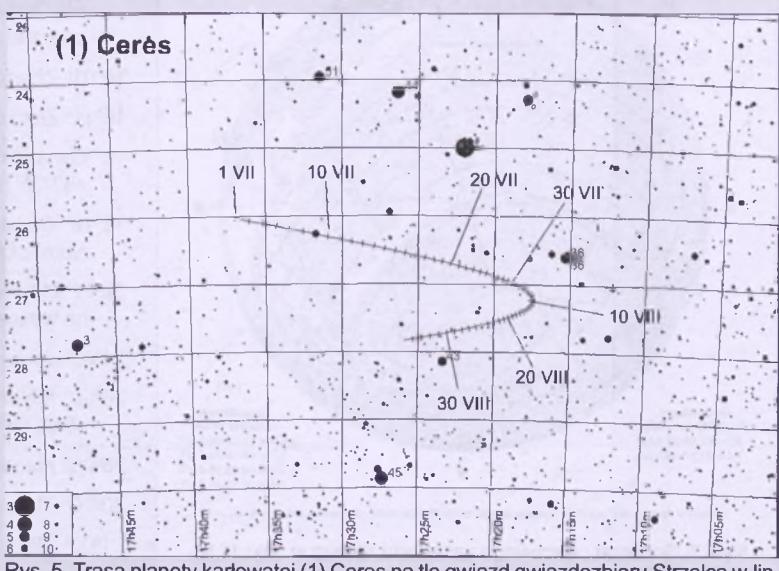
W drugiej połowie lipca można obserwować meteory z kompleksu Akwarydów/Kaprikornidów: **Piscis Austrinidy (PAU)** ( $22^\circ 44'$ ,  $-30^\circ$ ), **południowe delta Akwarydy (SDA)** ( $22^\circ 36'$ ,  $-16^\circ$ ) i **alfa Kaprikornidy (CAP)** ( $20^\circ 28'$ ,  $-10^\circ$ ). Roje te składają się ze słabych, stosunkowo wolnych meteorów, chociaż w skład CAP wchodzą też niekiedy bardzo jasne i powolne (a więc efektowne) bolidy. Piscis Austrinidy są rojem bardzo słabo



Rys. 3. Trasa planet Urana i Jowisza na tle gwiazd gwiazdozbioru Ryb w lipcu, sierpniu i wrześniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do  $10,5^m$ )



Rys. 4. Trasa planety Neptun na tle gwiazd gwiazdozbioru Koziorożca w lipcu, sierpniu i wrześniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do  $10,5^m$ )



Rys. 5. Trasa planety karlowatej (1) Ceres na tle gwiazd gwiazdozbioru Strzelca w lipcu i sierpniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do  $10^m$ )

zbadanym, o niskiej aktywności i wymagają obserwacji, z kolei południowe delta Akwarydy są jednym z najaktywniejszych rojów nieba południowego, natomiast aktywność alfa Kaprikornidów jest niska. Maksimum aktywności rojów przypada 28 lipca (PAU i SDA) oraz 30 lipca (CAP), toteż w ich obserwacjach będzie przeszkadzał Księżyce po pełni.

\*\*\*

3<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odł. 5°.

3<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 6°.

5<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Uran nieruchomy w rektascensji.

5<sup>d</sup>23<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

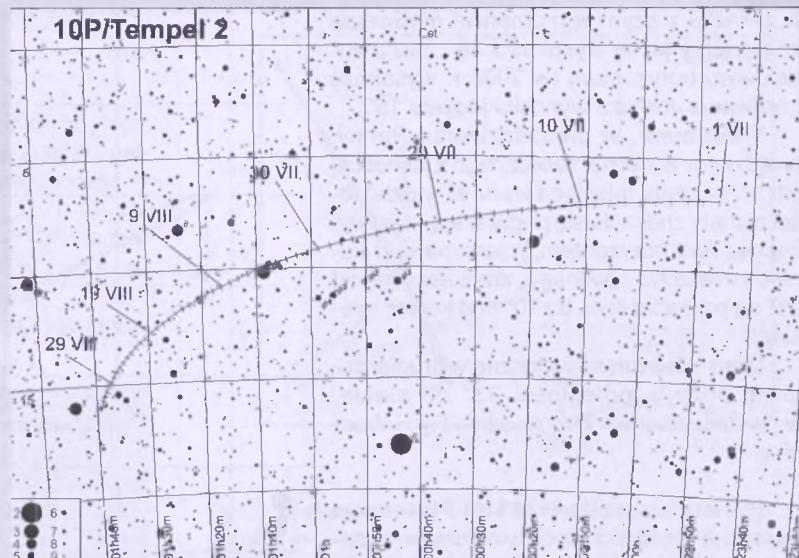
6<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (8,9°) w kierunku krateru Schickard (oświetlony).

6<sup>d</sup>12<sup>h</sup> W swoim ruchu po orbicie wokółsłończej Ziemia znajduje się najdalej od Słońca, w aphelium, w odł. 1,016666 j.a.

7<sup>d</sup>22<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

8<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa SS Vir (miryda) (12<sup>h</sup>25,3<sup>m</sup>, +0°46') osiąga maksimum jasności (6,8<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2007].

11<sup>d</sup> Całkowite zaćmienie Słońca. Pas fazy całkowitej zaćmienia rozpocznie się 11 lipca 2010 r. o godzinie 18<sup>h</sup>16<sup>m</sup> na południowym Pacyfiku, około 700 km na południowy-zachód od wysp Tonga w punkcie o współrzędnych  $\phi = 26^{\circ}18' S$ ,  $\lambda = 171^{\circ}09' W$ . Poruszając się na północny wschód, cień Księżyca przejdzie 25 km od Rarotongi — największej wyspy z Archipelagu Cooka. Następnie pas fazy całkowitej



Rys. 6. Trasa komety 10P/Tempel 2 na tle gwiazd gwiazdozbioru Wieloryba w lipcu i sierpniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do 9,5<sup>m</sup>)

przejdzie 20 km od południowego krańca wysp Tahiti. Pierwszym lądem, jaki napotka cień Księżyca, będzie Wyspa Wielkanocna, gdzie w jej stolicy, Hanga Roa, zaćmienie całkowite będzie trwało 4<sup>m</sup>41<sup>s</sup>. Na kontynent Ameryki Południowej pas fazy całkowitej wkroczy na wybrzeże południowego Chile. Zaćmienie zakończy się 11 lipca 2010 o godzinie 20<sup>h</sup>53<sup>m</sup> w południowej Argentynie, w punkcie o współrzędnych  $\phi = 50^{\circ}22' S$ ,  $\lambda = 71^{\circ}03' W$ . Centralna faza zaćmienia w średnie południe nastąpi 11 lipca 2010 r. o godzinie 19<sup>h</sup>33<sup>m</sup>31<sup>s</sup> na południowym Pacyfiku, w punkcie o współrzędnych  $\phi = 19^{\circ}44,9' S$ ,  $\lambda = 122^{\circ}09,1' W$ . Maksymalny czas trwania fazy całkowitej dla obserwatora na Ziemi będzie wynosił 5<sup>m</sup>20,2<sup>s</sup>, wielkość fazy maksymalnej F=1,058. Częściowe fazy zaćmienia będą widoczne w całej południowej i południowo-zachodniej części Ameryki Południowej. W Polsce zaćmienie niewidoczne.

12<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (3,0°) w kierunku Sinus Iridium (zacieleniona).

12<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 5°.

14<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 6°.

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Leo (miryda) (9<sup>h</sup>47,6<sup>m</sup>, +11°26') osiąga maksimum jasności (5,8<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 4/2009].

16<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odł. 6°.

16<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 8°.

18<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Aur (miryda) (5<sup>h</sup>17,3<sup>m</sup>, +53°35') osiąga maksimum jasności (7,7<sup>m</sup>).

18<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (9,0°) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

22<sup>d</sup>22<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Lwa, jego długość ekiptyczna wynosi wtedy 120°.

24<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Jowisz nieruchomy w rektascensji.

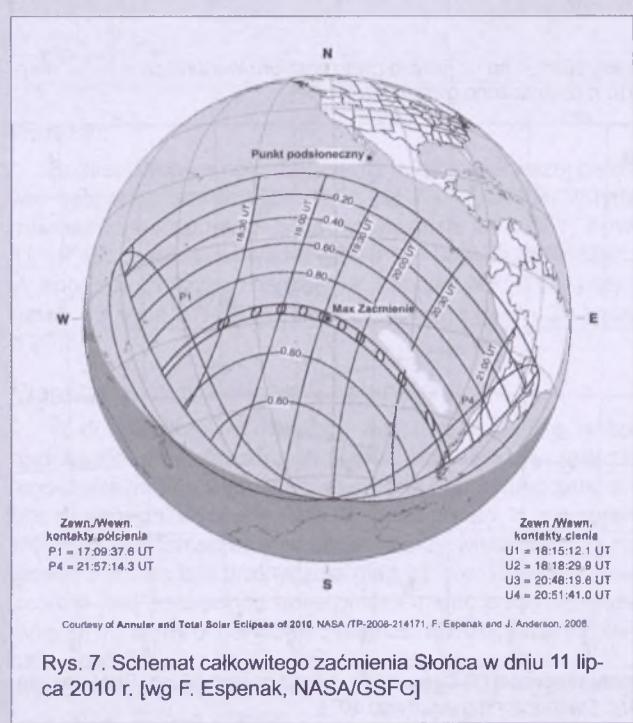
26<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (3,6°) w kierunku Mare Australe (oświetlone).

28<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł. 4°.

30<sup>d</sup>20<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odł. 5°.

31<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 6°.

31<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Saturnem w odł. 2°.



Rys. 7. Schemat całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 11 lipca 2010 r. [wg F. Espenaka, NASA/GSFC]

## Sierpień

### Słońce

W sierpniu deklinacja Słońca nadal maleje, w związku z czym dni są coraz krótsze. W Warszawie 1 sierpnia Słońce wschodzi o  $2^{\text{h}}56^{\text{m}}$ , zachodzi o  $18^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , a 31 sierpnia wschodzi o  $3^{\text{h}}45^{\text{m}}$ , zachodzi o  $17^{\text{h}}26^{\text{m}}$ . W sierpniu Słońce wstępuje w znak Panny.

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

Data 2010	P [ $^{\circ}$ ]	B <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]	L <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]
VIII 1	10,75	5,77	113,94
3	11,54	5,91	87,49
5	12,31	6,05	61,04
7	13,07	6,18	34,59
9	13,82	6,30	8,15
11	14,54	6,42	341,71
13	15,25	6,53	315,27
15	15,94	6,63	288,83
17	16,61	6,72	262,39
19	17,27	6,81	235,96
21	17,90	6,89	209,53
23	18,51	6,96	183,10
25	19,11	7,03	156,67
27	19,68	7,08	130,24
29	20,23	7,13	103,82
VIII 31	20,76	7,17	77,40

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

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

9<sup>d</sup>14<sup>h</sup>48<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

### Księżyc

Bezksiążycowe noce będącymi mieli w pierwszej połowie sierpnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $3^{\text{d}}04^{\text{h}}59^{\text{m}}$ , nów  $10^{\text{d}}03^{\text{h}}08^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $16^{\text{d}}18^{\text{h}}14^{\text{m}}$  i pełnia  $24^{\text{d}}17^{\text{h}}04^{\text{m}}$ . W perygeum Księżyca znajdzie się  $10^{\text{d}}17^{\text{h}}57^{\text{m}}$ , natomiast w apogeum  $25^{\text{d}}05^{\text{h}}52^{\text{m}}$ .

### Planety, planety karłowate i planetoidy

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

Wieczorem bardzo nisko nad zachodnim horyzontem można próbować dostrzec Wenus, jednak w ciągu miesiąca warunki jej obserwacji szybko się pogarszają. O ile na początku sierpnia w godzinę po zachodzie Słońca można ją znaleźć na wysokości  $6^{\circ}$  nad horyzontem, o tyle pod koniec miesiąca wysokość ta maleje do zaledwie  $2^{\circ}$  i planeta, pomimo swojej dużej jasności wynoszącej aż  $-4,5^{\text{m}}$ , zniknie w blasku zorzy wieczornej.

Również wieczorem, na podobnej wysokości nad horyzontem znajduje się Mars, jednak dostrzeżenie planety świecącej z jasnością zaledwie  $+1,5^{\text{m}}$  na tle zorzy wieczornej jest praktycznie niemożliwe.

Jowisz jest widoczny w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Ryb, osiągając pod koniec miesiąca największą w 2010 r. jasność  $-2,9^{\text{m}}$ . W związku ze zbliżaniem się planety do opozycji średnica jej tarczy wyniesie prawie  $50''$ , co ułatwi teleskopowe obserwacje szczegółów w atmosferze planety oraz zjawisk w układzie jej największych księżyców. Przez większe teleskopy amatorskie można będzie dostrzec tarcze księżyków galileuszowych Jowisza: Io ( $1,25''$ ), Europa ( $1,07''$ ), Ganimedes ( $1,80''$ ) i Callisto ( $1,65''$ ).

Warunki wieczornej obserwacji Saturna są podobne do warunków obserwacji znajdujących się w pobliżu Wenus i Marsa, toteż przy jasności planety wynoszącej zaledwie  $+1,1^{\text{m}}$  jej dostrzeżenie w blasku zorzy wieczornej jest praktycznie niemożliwe.

Sierpień jest bardzo dobrym miesiącem do obserwacji Urana ( $5,7^{\text{m}}$ ) i Neptuna ( $7,8^{\text{m}}$ ) w związku z ich przebywaniem w pobliżu opozycji. Do dostrzeżenia tarcz obu planet (o średnicach odpowiednio  $3,7''$  i  $2,3''$ ) jest niezbędny teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100 $\times$ .

Warunki wieczornej widzialności planety karłowatej (134340) Pluto w porównaniu z lipcem praktycznie nie ulegają zmianie.

Planeta karlowata (1) Ceres jest widoczna wieczorem w gwiazdozbiorze Wężownika jako „gwiazda” o jasności malejącej od  $8,3^{\text{m}}$  do  $8,6^{\text{m}}$ : 9 VIII:  $17^{\text{h}}17,4^{\text{m}}, -27^{\circ}14'$ ; 19 VIII:  $17^{\text{h}}18,7^{\text{m}}, -27^{\circ}28'$ ; 29 VIII:  $17^{\text{h}}22,6^{\text{m}}, -27^{\circ}42'$ .

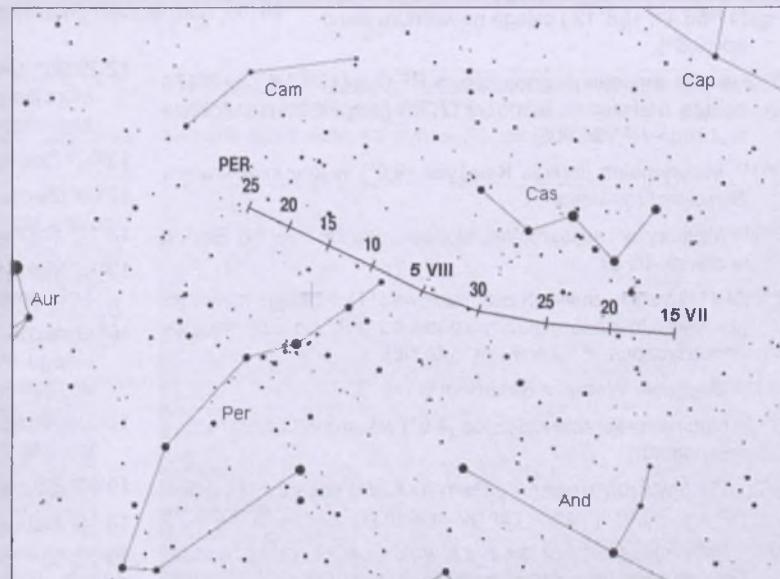
W sierpniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy (jaśniejsze od  $9,0^{\text{m}}$ ):

(6) Hebe, (jasność od  $8,5^{\text{m}}$  do  $8,0^{\text{m}}$ ): 9 VIII:  $0^{\text{h}}29,2^{\text{m}}, -7^{\circ}42'$ ; 19 VIII:  $0^{\text{h}}32,8^{\text{m}}, -9^{\circ}45'$ ; 29 VIII:  $0^{\text{h}}33,4^{\text{m}}, -12^{\circ}13'$ .

(8) Flora, (jasność od  $9,0^{\text{m}}$  do  $8,4^{\text{m}}$ ): 9 VIII:  $23^{\text{h}}50,1^{\text{m}}, -9^{\circ}20'$ ; 19 VIII:  $23^{\text{h}}48,1^{\text{m}}, -10^{\circ}35'$ ; 29 VIII:  $23^{\text{h}}43,0^{\text{m}}, -12^{\circ}04'$ .

### Komety

W drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Wieloryba



Rys. 8. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Perseidów (PER) w okresie od 15 lipca do 25 sierpnia

będzie można przy pomocy lornetek obserwować nadal kometę krótkookresową 10P/**Tempel 2**, która w drugiej połowie sierpnia górować będzie na wysokości prawie  $30^{\circ}$ : 6 VIII:  $1^{\text{h}}11,6^{\text{m}}$ ,  $-10^{\circ}14'$ ,  $8,2^{\text{m}}$ ; 16 VIII:  $1^{\text{h}}26,2^{\text{m}}$ ,  $-12^{\circ}07'$ ,  $8,4^{\text{m}}$ ; 26 VIII:  $1^{\text{h}}35,5^{\text{m}}$ ,  $-14^{\circ}13'$ ,  $8,6^{\text{m}}$ . Przewidywana średnica głowy komety wynosi  $12'$ , czyli około jedną trzecią średnicy tarczy Księżyca.

Należy pamiętać, że położenie komety, a zwłaszcza jej jasność, mogą się nieco różnić od przewidywanych. Zaleca się podejmować próby jej dostrzeżenia z dala od miasta, najlepiej w okresie nowiu Księżyca, czyli około 10 sierpnia.

### Meteory

Od 17 lipca do 24 sierpnia promienią słynne **Perseidy (PER)**, rój związany z kometą 109P/Swift-Tuttle, o najbardziej regularnej corocznej aktywności. Model struktury strumienia przewiduje w tym roku wystąpienie głównego maksimum w nocy z 12 na 13 sierpnia w godzinach od 23.30 do 2.00. W tym okresie radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt.  $3^{\text{h}}09^{\text{m}}$ , dekl.  $+59^{\circ}$ . Tegorocznym obserwacjom Perseidów nie będzie przeszkadzał Księżyca tuż po nowiu.

W okresie od 3 do 25 sierpnia możemy także obserwować bardzo wolne meteory z roju **kappa-Cygnidów (KCG)**. Maksimum aktywności roju przypada 18 sierpnia. Współrzędne radiantu wynoszą: rekt.  $19^{\text{h}}04^{\text{m}}$ , dekl.  $+59^{\circ}$ . Rój jest mało aktywny, mało znany i wymaga obserwacji. W tegorocznich obserwacjach w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyca po pierwszej kwadrze.

\*\*\*

**2<sup>d</sup>** Gwiazda zmienna długookresowa T Dra ( $17^{\text{h}}56,4^{\text{m}}$ ,  $+58^{\circ}13'$ ) osiąga maksimum jasności ( $9,6^{\text{m}}$ ).

**3<sup>d</sup>** Gwiazda zmienna długookresowa RT Cyg ( $19^{\text{h}}43,6^{\text{m}}$ ,  $+48^{\circ}47'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,3^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 3/2008].

**3<sup>d</sup>01<sup>h</sup>** Maksymalna libracja Księżyca ( $9,0^{\circ}$ ) w kierunku krateru Schickard (oświetlony).

**7<sup>d</sup>01<sup>h</sup>** Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości  $27^{\circ}$ .

**7<sup>d</sup>21<sup>h</sup>44<sup>m</sup>** 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” 1/2008].

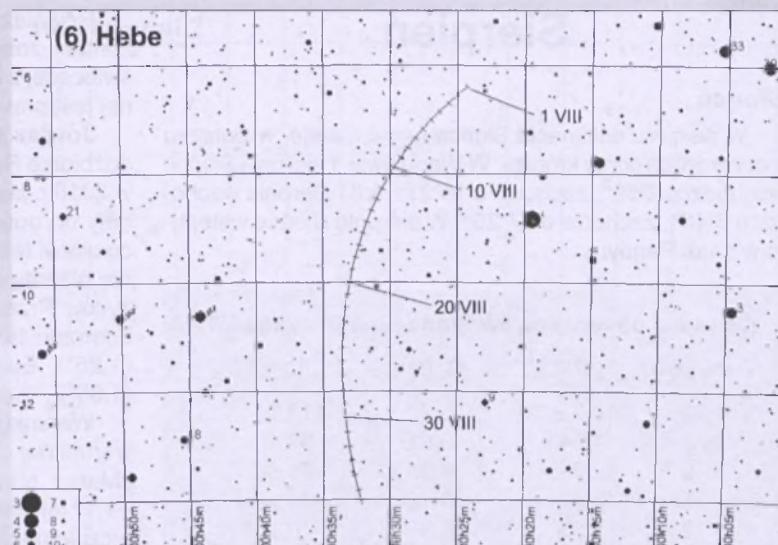
**8<sup>d</sup>10<sup>h</sup>** Złączenie Wenus z Saturnem w odl.  $3^{\circ}$ .

**9<sup>d</sup>13<sup>h</sup>** Minimalna libracja Księżyca ( $4,0^{\circ}$ ) w kierunku Sinus Iridium (oświetlona).

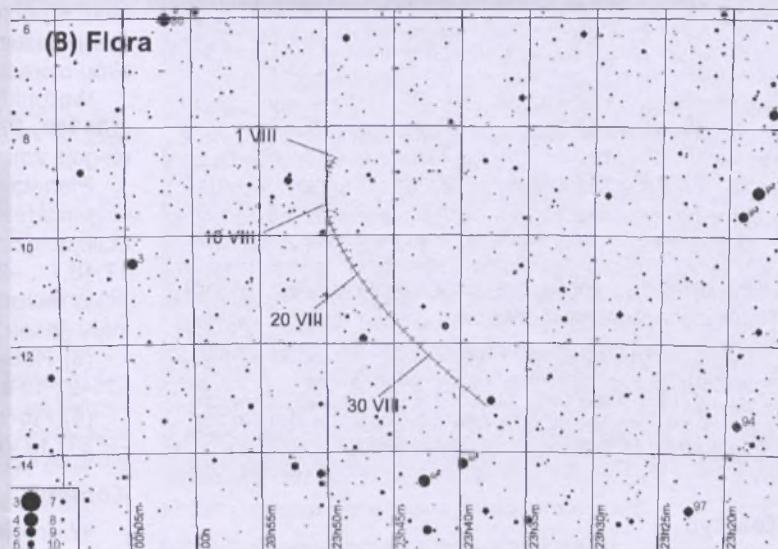
**9<sup>d</sup>20<sup>h</sup>15<sup>m</sup>** Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

**9<sup>d</sup>23<sup>h</sup>46<sup>m</sup>** Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

**12<sup>d</sup>00<sup>h</sup>** Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl.  $3^{\circ}$ .



Rys. 9. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbiorów Wieloryba w sierpniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do  $10^{\text{m}}$ )



Rys. 10. Trasa planetoidy (8) Flora na tle gwiazd gwiazdozbiorów Wodnika w sierpniu 2010 r. (zaznaczone gwiazdy do  $10^{\text{m}}$ )

**12<sup>d</sup>22<sup>h</sup>30<sup>m</sup>** 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” 1/2008].

**13<sup>d</sup>02<sup>h</sup>** Złączenie Saturna z Księżycem w odł.  $8^{\circ}$ .

**13<sup>d</sup>07<sup>h</sup>** Złączenie Wenus z Księżycem w odł.  $5^{\circ}$ .

**13<sup>d</sup>11<sup>h</sup>** Złączenie Marsa z Księżycem w odł.  $6^{\circ}$ .

**15<sup>d</sup>15<sup>h</sup>** Maksymalna libracja Księżyca ( $9,4^{\circ}$ ) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

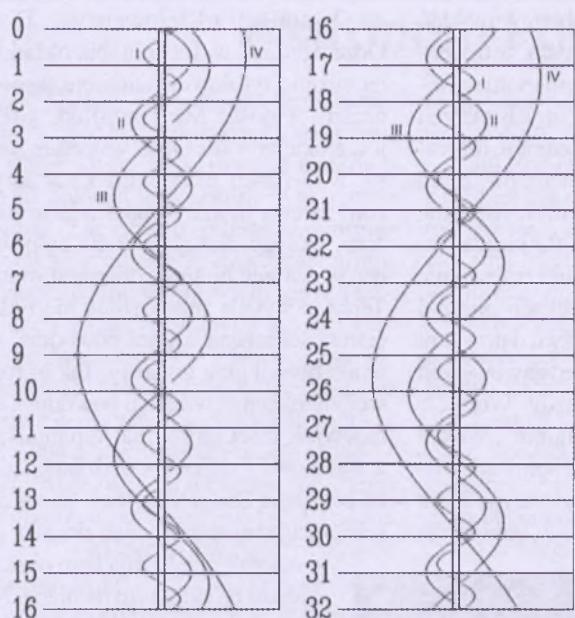
**16<sup>d</sup>** Gwiazda zmienna długookresowa W And ( $2^{\text{h}}17,6^{\text{m}}$ ,  $+44^{\circ}18'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,4^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2009].

**17<sup>d</sup>21<sup>h</sup>51<sup>m</sup>** Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

**19<sup>d</sup>05<sup>h</sup>** Złączenie Wenus z Marsem w odł.  $2^{\circ}$ .

**19<sup>d</sup>15<sup>h</sup>** Neptun w opozycji do Słońca.

**19<sup>d</sup>23<sup>h</sup>52<sup>m</sup>** Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].



Rys. 11. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w sierpniu 2010 r. (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

20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Wenus w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości 46°.

20<sup>h</sup>04<sup>m</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.

22<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Minimalna libracja Księżyca (4,3°) w kierunku *Mare Australiae* (oświetlone).

23<sup>h</sup>05<sup>m</sup>27<sup>s</sup> Słońce wstępuje w znak Panny, jego długość eklipsyczna wynosi wtedy 150°.

24<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Złączenie Neptuna z Księzcem w odł. 4°.

24<sup>h</sup>23<sup>m</sup>09<sup>s</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

27<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Złączenie Urana z Księzcem w odł. 5°.

30<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Maksymalna libracja Księżyca (8,4°) w kierunku krateru *Schickard* (oświetlony).

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

Aby otrzymać datę w obowiązującym w lipcu i sierpniu w Polsce „czasie letnim”, należy dodać 2 godziny.

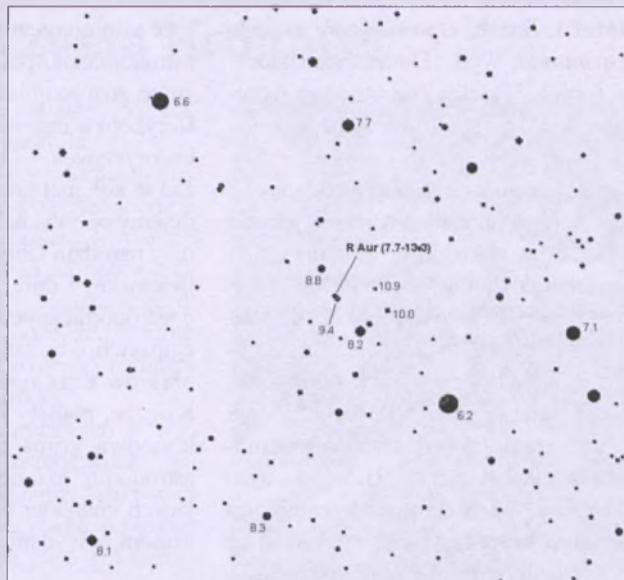
Momenty złączeń planet z Księzcem są podane dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

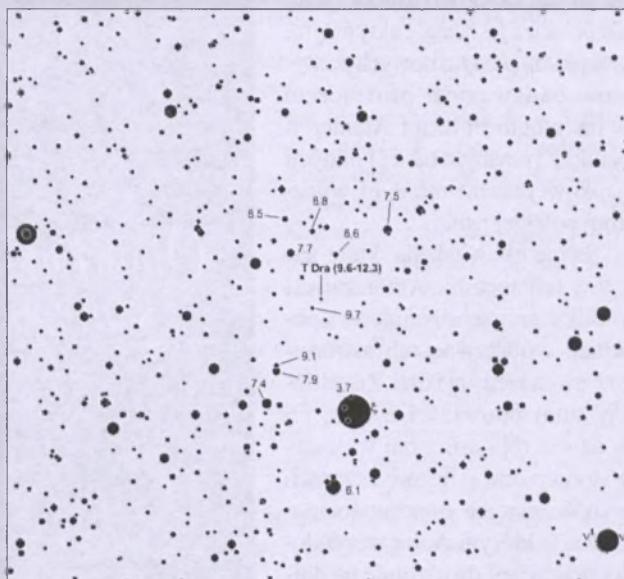
Opracował T. Ścieżor



Obok kadr zdjęcia powierzchni tarczy słonecznej z widoczną grupą plam, wykonanego 26 marca br. o godz. 15.56 za pomocą... Galileoskopu z okularowym filtrem słonecznym (aparat Olympus SP350, eksp. auto). Fot. Jerzy Puszcza, Lidzbark Warm.



Rys. 12. 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 u góry)



Rys. 13. Mapa gwiazdozbioru Smoka do obserwacji gwiazdy zmiennej T Dra ( $17^{\text{h}}56^{\text{m}}21.9^{\text{s}}$ ,  $+58^{\circ}12'54''$ ). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)



**Józef I. Smak, *Opowiadania starego astronoma*, Wyd. „Dom Organizatora” w Toruniu i Polskie Towarzystwo Astronomiczne, s. 190, Toruń 2010**

**O**mawiane tu „Opowiadania...” przeczytałem najpierw jeszcze w rękopisie. Czytałem je z wielką przyjemnością, a nawet zapartym tchem. Prawie każde z 22 opowiadań, z których składa się ta książka, wywoływało u mnie własne wspomnienia. Może dlatego, że jestem rówieśnikiem Autora i razem doświadczyliśmy warunków życia i pracy w PRL-u oraz byliśmy świadkami i współuczestnikami rozwoju astronomii w drugiej połowie XX wieku? Ale dlaczego Autor określa siebie jako „starego astronoma”? Co z tego, że już przeszło 50 lat jest czynnym astronomem, ale przecież jest ciągle aktywnym, krzepkim i pełnym nowych pomysłów badawczym profesorem w instytucie Polskiej Akademii Nauk! Życzębym takiej kondycji naukowej wielu młodym wilczkom polskiej nauki.

Swoje opowiadania, które nazywa felietonami, Autor zebrał w kilku grupach. Najpierw opowiada o obserwacjach astronomicznych wczoraj i dziś. Znajdziemy tutaj opowieści o tym, co w istocie robi astronom w obserwatorium oraz o historii i czasach współczesnych obserwatorium Licka, w którym Autor w młodości przebywał dwukrotnie na długich stażach naukowych. Możemy się dowiedzieć o odkryciach „astronomicznych” dokonanych dzięki paleniu papierosów w czasie obserwacji, o teleskopie globalnym i zastanowić nad tym, czy czasem Leonardo da Vinci nie był wynalazcą lunety. Dalej w rozdziale „Astronomia na serio” znajdujemy kilka felietonów o niektórych odkryciach astronomicznych XX w.: o tym, dlaczego Pluton przestał być planetą, o zagadce neutrin słonecznych, o błyskach gamma, dyskach akryjnych, o tym, jak astrofizyka sprawdza fizykę, o czarnej dziurze w środku Galaktyki i o Nowej Heweliusza. Kolejna grupa felietonów to „Astronomiczne przygody”. Autor wspomina swoje pod-

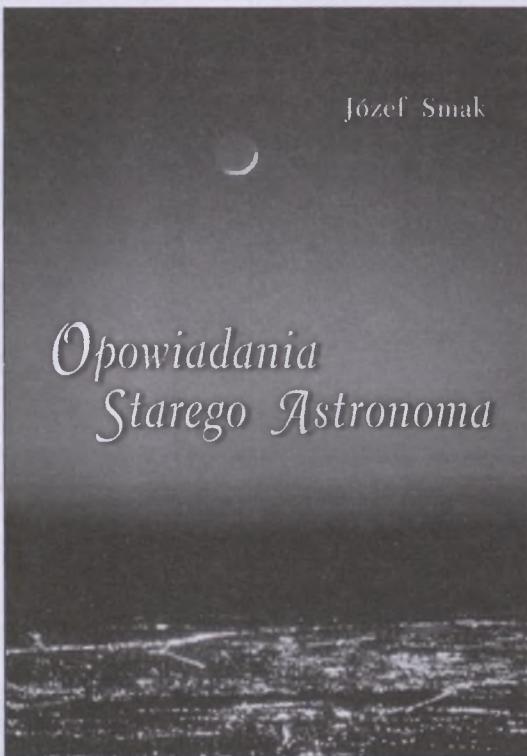
róże astronomiczne, problemy uwikładające astronomiczno-polityczne, astrocentury. Astronomia (czasem) pomaga historykom w datowaniu różnych zdarzeń historycznych — to przedmiot rozważań w kolejnej grupie felietonów. Znajdujemy opowiadanie o próbie ustalania daty narodzin Chrystusa (Gwiazda Betlejemska) i dnia Jego Ukrzyżowania, o astronomicznych zagadkach piramid egipskich, o maratonie czy o datowaniu obrazów Van Gogha przedstawiających Księżyce, planety i gwiazdy. Wreszcie końcowa grupa opowiadań „Wokół astronomii” to felietony o sprawach mających charakter publicystyczny, które czasem, w wydaniu mediów, bulwersują

go Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora” w Toruniu. Na okładce, na stronie tytułowej, widnieje współczesny widok z Mt. Hamilton, gdzie jest zlokalizowane Obserwatorium Licka, w kierunku zachodnim. Cały horyzont zalewa morze światła miasta San Jose, którego praktycznie nie było widać w czasach budowy obserwatorium. Teraz te światła rozświetlają nie tylko ciemności miasta, ale też powodują, że w ich blasku giną gwiazdy. Tak to rozwój ziemskiej cywilizacji powoduje, że człowiek traci chyba najwspanialszy z widoków — widok gwiaździstego nieba ze wstęgą Drogi Mlecznej. Na szczeble pracują teleskopy ponadziemską atmosferą i przekazują nam obrazy gwiazd na ciemnym tle nieba. Na ostatniej stronie okładki możemy podziwiać obraz małego fragmentu nieba uzyskany teleskopem Hubble'a. Doskonale widzimy, że gwiazdy są piękne i do tego kolorowe!

Okładka budzi we mnie jeszcze inne skojarzenie i po prostu zaprasza do zapoznania się z treścią książki: Oto zapadł zmierzch. Za chwilę Słońce zejdzie jeszcze głębiej pod horyzont, zgaśnie wieczorna zorza, zajdzie Księżyce i ukażą się gwiazdy. Czas więc otworzyć książkę i zagłębić się w rozważaniach o tym bezkresnym, tajemniczym świecie.

Uważam, że książka ta powinna się znaleźć nie tylko w rękach miłośników astronomii i PT Czytelników „Uranii”, ale każdego, kto choćby tylko raz ujrzał gwiazdy i pomyślał o tych bytach i tajemnicach, które tam mogą się znajdować.

*Andrzej Woszczyk*



szeroką publiczność. Są to „Sąd nad astrologią”, „W poszukiwaniu pozaziemskiej cywilizacji” czy „13 kwietnia 2029 roku”.

Przez wszystkie te opowiadania wyraźnie przewijają się, z jednej strony, wspomnienia i zainteresowania osobiste Autora oraz, z drugiej strony, opowiadania popularyzatorskie, mówiące o niektórych ważnych odkryciach lub dociekaniach astronomicznych XX w. Wszystkie czyta się gładko i z wielkim zainteresowaniem. Są wręcz urocze. Zostały wydane bardzo starannie przez Wydawnictwa Towarzystwa Naukowe-

Książkę można zamawiać bezpośrednio u wydawcy:

**DOM ORGANIZATORA**  
ul. Czerwona Droga 8  
87-100 Toruń  
telefon: (56) 622 38 07  
fax: (56) 622 31 23  
telefon kom.: 601 176 721  
e-mail: tnoik@tnoik.torun.pl

## Astronom i gitarzysta Królowej

**O** tym, że gitarzysta legendarnego brytyjskiego zespołu Queen, Brian May, uzyskał naukowy tytuł doktora astronomii, było swego czasu dość głośno. Niestety, pomimo wielkiej sympatii do twórczości grupy Queen, podobnie jak wielu innych słuchaczy zafascynowanych głosem nieżyjącego wokalisty i lidera zespołu, Frediego Mercury, ostentacyjnie nie zwróciłem uwagi na ich płytę nagraną w 2008 r. z wokalistą Paulem Rodgersem. Tym bardziej nie mogę sobie tego wybaczyć, iż tytuł płyty „Cosmos Rocks” i jej okładka w pewnym sensie nawiązują do... meteorytów, czyli kamieni z Kosmosu, a moje zainteresowania nimi nie są żadną tajemnicą.

Płyta, choć zaczyna się jakby kosmicznymi dźwiękami i żartobliwym nawiązaniem do przylotu na Ziemię rockandrollowych kosmitów, to zawie-

ra głównie rockowe ballady i rytmiczne, żywiołowe rockandrolle.

Paul Rodgers, znany z formacji Free a później członek zespołu Bad Company, nie stara się wchodzić w manierę wokalną Mercury'ego i na dobra sprawę można mieć tylko zastrzeżenie do członków zespołu Queen, że nie zmienili nazwy, dodając do niej np. członu w postaci rzymskiej dwójki.

Konieksji astronomicznych w warstwie słownej na „Cosmos Rocks” nie znajdziemy wiele. Jeśli już, są to nawiązania do Słońca i Księżyca na niebie oraz gwieździstego nieba jako elementów naszego naturalnego otoczenia. Szczególnie urokliwą jest ballada „Small”, gdzie mowa jest o miejscu, jakiego každy potrzebuje, by znaleźć trochę samotności i spokoju...

*I like to sit here by the fire's light  
the trees in the fields lie bed to the night  
the stars burn bright  
and dawn it make you feel small*

Z kolei w innym utworze („Through The Night”) słyszmy w refrenie:

*I wonder through the night  
All stars are shining bright  
searching for a guiding light  
I wonder through the night*

Choć całość płyty nie jest zbyt równa i trudno ją zaliczyć do kanonu, myślę, że każdy znajdzie na niej coś dla siebie. Ja znalazłem. Polecam.

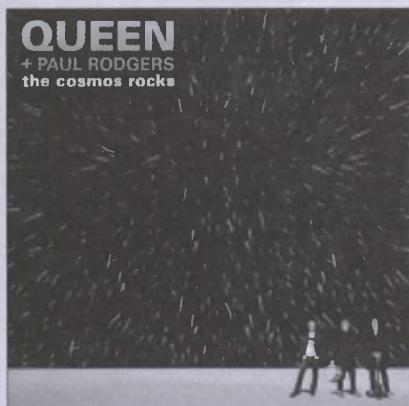
Jacek Drążkowski



Brian May podczas koncertu w Warszawie w 1998 r. Źródło: Wikimedia Commons

O karierze naukowej Briana Maya możemy przeczytać w Wikipedii:

*Brian May studiował fizykę w Imperial College London w Londynie. W pierwszym okresie działalności Queen dorabiał jako nauczyciel matematyki. W 2002 r. otrzymał doktorat honoris causa uniwersytetu w Hertfordshire. Jest współautorem (wraz z Patriciem Moore oraz Chrisem Linottem) traktującej o historii Wszechświata książki „Bang! The Complete History of Universe”. W roku 2007 obronił w Imperial College London pracę doktorską zatytułowaną „Prędkości radialne w zodiakalnej chmurze płyty kosmicznej”, przez co stał się doktorem astronomii (Ph.D.). W listopadzie 2007 r. został mianowany honorowym rektorem Uniwersytetu Johna Moore'a w Liverpoolu.*



### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2010 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 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:

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

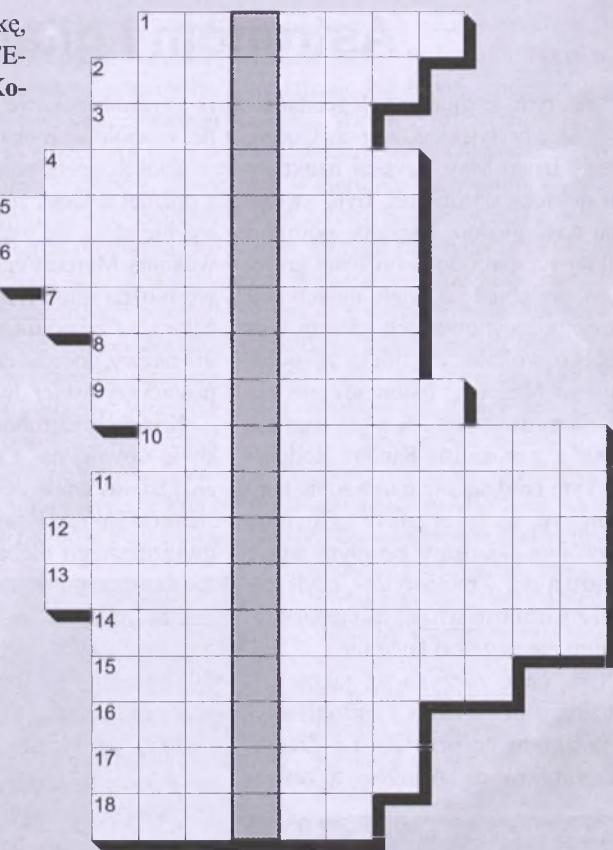
E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

**W** „Uranii-PA” nr 1/2010 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło NOWY RADIOTELESKOP. Nagrody książkowe wylosowali Piotr Kowalski ze Słupska i Radosław Macuski z Wrocławia.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązywania nowej krzyżówki:

- 1) Odkrywca okresowości aktywności Słońca
- 2) Środek roju meteorów
- 3) Jeden z odkrywców CMB
- 4) Autor pierwszej teorii heliocentrycznej
- 5) Inaczej planetoida
- 6) Astronom prowadzący badania m.in. nad dziełami Mikołaja Kopernika
- 7) Np. soczewkowanie grawitacyjne
- 8) Najobfitszy we Wszechświecie alkohol
- 9) Dzieło Ptolemeusza
- 10) Podstawa naszej wiedzy o Wszechświecie
- 11) Zakłócenia ruchu np. planet
- 12) Nazwa ostatnio odkrytego pierwiastka chemicznego
- 13) Gwiazda we wczesnym stadium rozwoju
- 14) Najnowszy moduł ISS
- 15) Zwycięzca tegorocznego OMSA
- 16) Efekt, który pozwala na wykrycie pola magnetycznego przy pomocy widma obiektu
- 17) Kraj, w którym znajduje się HESS
- 18) Gwiazdozbiór, w którym znajduje się mgławica Gum 19

Na rozwiązywanie czekamy do końca maja 2010 r. Osoby nie będące prenumeratormi „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązywania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną. Tym razem mamy do rozlosowania 2 książki o tematyce astronomicznej.



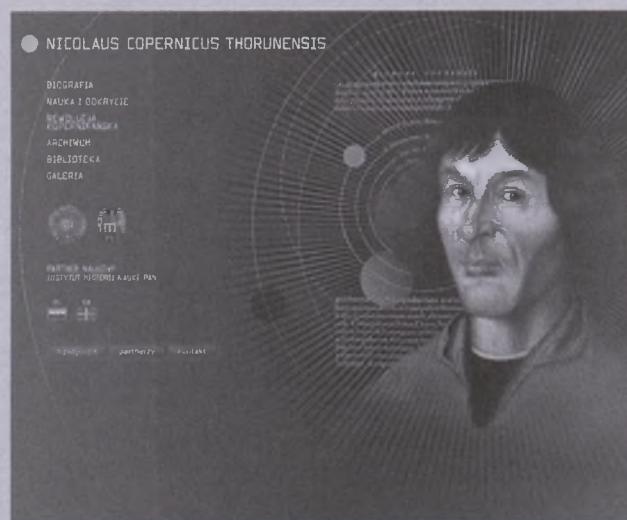
Słowa kluczowe do rozwiązywania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 1/2010: 1. Rekonstrukcja, 2. Koimogorow, 3. Dębowiec, 4. Boyle, 5. Hurnik, 6. Antares, 7. Davidson, 8. Zaćmienie, 9. Podolsky, 10. Centaur, 11. Genewa, 12. Kogler, 13. Precesja, 14. Effelsberg, 15. Astrokamera, 16. Chromosfera, 17. Ekliptyka.

### Ciekawe strony internetowe...

Dziś nie będziemy szukać daleko — proponuję zająć się pod adresem <http://copernicus.torun.pl/>. W kraju, gdzie od czasu do czasu wspomina się Kopernika, a jednocześnie astronomia po cichu znika z programów szkolnych, pojawił się portal próbujący zebrać w jednym miejscu informacje dotyczące tej tak ważnej dla powstania astronomii nowożytnej postaci. Portal dostępny od 19 lutego br. jest przedsięwzięciem rozwojowym (z przewidzianą wersją w języku angielskim). Jednak już teraz można znaleźć tutaj sporo ciekawych materiałów, zaczynając przede wszystkim od rękopisów pism

Kopernika i wydanych jego dzieł. Bardzo ciekawe są krótkie, syntetyczne teksty dotyczące różnych aspektów historii astronomii (tej przedkoperniakańskiej czy bliższej nam współczesnej), jak i odnoszące się do innych zainteresowań Kopernika (ekonomii czy medycyny). Jest tu jeszcze sporo miejsca na nowe materiały. Portal ma być w zamierzeniu autorów czymś w rodzaju internetowej encyklopedii — projekt jest realizowany przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu i Gminę Miasta Toruń we współpracy z Instytutem Historii Nauki PAN. Partnerami w przedsięwzięciu są też Muzeum Okręgowe w Toruniu, Muzeum Kopernika we Fromborku oraz Wojewódzka Biblioteka Publiczna — Książnica Kopernikańska w Toruniu (nie licząc kilkudziesięciu instytucji zagranicznych — muzeów, archiwów i bibliotek).

(rs)



# Galeria Uranii



Parametry zdjęć: 2010.03.15. Aparat Nikon D300, obiektyw Nikkor 3,5-5,6/16-85DX, (16mm, f3,5).

01. Światło zodiakalne. 19.32–19.48 CSE. ISO 2000. Eksp. 5×120 s. Horyzont zaczerpnięty z ostatniej ekspozycji.

02. Droga Mleczna. 20.02–20.14 CSE. ISO 1600. Eksp. 2×200 s. Horyzont z ostatniej ekspozycji.

Pozdrawiam serdecznie,

Mariusz Świątnicki

Witam,

cheiałbym przekazać do dyspozycji pracę o tyle ciekawą, że wykonaną zdalnym astrografem GRAS 13, TAK SKY 90. Jest to 2-min ekspozycja wykonana w ramach bezpłatnego dostępu. Teleskop jest zainstalowany w Australii w Moorook. Walory popularyzatorskie tego systemu są nieocenione. Miłośnicy astrofotografii mają tu do dyspozycji zaawansowany, precyzyjny sprzęt, jaki bardzo często jest poza zasięgiem finansowym amatora.

Praca na takim sprzęcie jest bardzo ciekawa. Mamy w pełni sterowalny zaawansowany sprzęt. Rezultaty pracy na nim mogą być rewelacyjne pod względem jakości, a na pewno nieocenione w popularyzacji astronomii.

Marek W. Szpak, Kłodzko

W ostatnich miesiącach pogoda nie rozpieszcza miłośników astronomii, mimo wszystko w poniedziałek 15 marca udało mi się wyrwać dwie godzinki przejrzystego nieba. Wybrałem się na Przełęcz Szklarską w Beskidzie Niskim. Bardzo przyjemne miejsce do obserwacji wizualnych, jednak matryca aparatu widziała dodatkowo inne „efekty”. Skażenie świetlne, praktycznie niewykrywalne gołym okiem, potęgował dodatkowo śnieg stanowiący biały ekran odbijający wszystko w górę (ciemne niebo w Europie zaczyna być na wagę złota!). Głównym celem sesji była rejestracja światła zodiakalnego, tym razem na prowadzeniu aparatu montażem paralaktycznym. Światło było widoczne doskonale gołym okiem, a na sfotografowanie przeciwblasku nie pozwoliły już lawice chmur. Druga fotografia przedstawia pożegnanie gwiazdистych piękności zimowego nieba z Orionem i Syriuszem na czele.



# Kosmiczna róża rozkwita nowymi gwiazdami (NGC 7822)



Obraz uzyskany podczerwonym teleskopem kosmicznym WISE (*Wide-field Infrared Survey Telescope*) opublikowany 16 marca 2010 r. Świecąca mgławica to pył otaczający gromadę gwiazd Berkeley 59. Pojedyncze gwiazdy tej gromady (niebieskie punkty) wyłaniają się z mgławicy (w której się uformowały) po prawej stronie obrazu. Są to młode (istniejące zaledwie kilka milionów lat), gorące gwiazdy, których energia rozgrzewa i rozświetla otaczający je pył i tworzy mgławicę przypominającą swym wyglądem pączek róży. Zielone „skrzydełka” utworzyły się na obrzeżach gęstej chmury pyłowej i pochodzą od aromatycznych węglowodorów, które znajdują się też na Ziemi, np. w pozostałościach po *barbecue*. Czerwonawy obszar wewnętrz zielonej otoczki to rezultat działalności tworzących się gwiazd drugiej generacji, które powstały w pierwotnej mgławicy na skutek działania młodszych gwiazd. Pozostałości supernowej znajdujące się w tym rejonie wydają się wskazywać, że co najmniej jedna gwiazda masywna już tu wybuchła, rozsypując wokół swój materiał.

Prezentowana mgławica znajduje się w Drodze Mlecznej, w gwiazdozbiorze Cefeusza, w odległości 3300 lat św. od nas. Jej podczerwone promieniowanie zostało w tym obrazie zakodowane w sposób następujący: promieniowaniu 3,4 mikrometra odpowiada kolor niebieski, promieniowaniu 4,6 mikrometra kolor cyjan, światłu 12 mikrometrów kolor zielony, a promieniowaniu 22 mikrometrów kolor czerwony.

Zdjęcie NASA/JPL/WISE Team

# Urania

## 4/2010 (748)

### Postępy Astronomii

tom LXXXI

lipiec—sierpień



- Współczesne badania Słońca i innych gwiazd  
*Wojciech Dziembowski*
- Gwiazdy pulsujące z katalogu ASAS  
*Dorota Szczygieł*
- Nowe perspektywy detekcji fal grawitacyjnych  
*Michał Dominik*
- RT90 w badaniach kosmologicznych  
*Bartosz Lew*
- Astronomia w Starożytnym Egipcie  
*Sławomir Jędraszek*

ISSN 1689-6009

07  
9 771689 600003

Cena 10,90 zł (0% VAT)

# LIII Olimpiada Astronomiczna Chorzów 11–14 marca 2010 r.



Od góry po lewej: zawodnicy przygotowują się do rozwiązywania zadania pod niebem planetarium; W imieniu PTA główne nagrody wręcza dr Krzysztof Ziolkowski; Laureaci LIII olimpiady Astronomicznej; Seria numizmatyczna „Systema Solare”, nagroda dla zdobywcy 2. miejsca w LIII Olimpiadzie Astronomicznej; Pamiątkowe zdjęcie uczestników uroczystości zakończenia LIII Olimpiady Astronomicznej. Fot. Gabriela Sowa

## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Czwarty, tegoroczny numer „Uranii” przynosi artykuły stanowiące szeroki przekrój współczesnej astronomii. Zaczyna się artykułem profesora Wojciecha Dziembowskiego o współczesnych badaniach Słońca i gwiazd. Jest to fragment Jego wykładu na inauguracji bieżącego roku akademickiego na Uniwersytecie Wrocławskim, w którym w sposób bardzo zwięzły omawia kilkadziesiąt lat badań, które doprowadziły do bardzo istotnego postępu rozumienia narodzin i ewolucji gwiazd i Słońca. Oczywiście pomógł w tym rozwój fizyki atomowej i jądrowej oraz narzędzi obliczeniowych.



Ten nurt rozoważań jest kontynuowany w kolejnym artykule, który dotyczy gwiazd pulsujących. Ich poznanie bardzo wiele wniosło do zrozumienia struktury wewnętrznej gwiazd i ich ewolucji oraz dostarczyło narzędzi do mierzenia odległości w naszej i do innych galaktyk. O najnowszych badaniach tych gwiazd pisze Dorota Szczygiel.

W kolejnym artykule dotykamy problemu fal grawitacyjnych. Ciągle tylko przybliżamy się do ich odkrycia i mamy nadzieję, że wkrótce to nastąpi. Pisze o tych problemach Michał Dominik.

Przez zawiłości współczesnej kosmologii w jej teoretycznym i obserwacyjnym aspekcie oraz o roli, jaką w tej dziedzinie astronomii mógłby odegrać planowany w Borach Tucholskich radioteleskop RT90, pisze Bartek Lew. Choć wiele już wiemy o narodzinach i „życiu” Wszechświata, jednak ciągle potrzebujemy nowych, bardziej dokładnych danych o różnych jego parametrach i coraz to odleglejszych obiektach. Wiele z tych danych mógłby pozyskać planowany polski wielki radioteleskop.

Zaprzyjaźniony z astronomami archeolog, Sławomir Jędraszek, przedstawia nam stan wiedzy astronomicznej w Starożytnym Egipcie. Czy rzeczywiście poziom tej wiedzy był tak wysoki, jak powszechnie wierzymy? A jak było z wiedzą astronomiczną w innych starożytnych państwach? Jakie były motywacje poznawcze i jakie zastosowania astronomii? O tym opowie nam Autor w kolejnych artykułach.

Bardzo polecam nauczycielom i uczniom licealnym lekturę raportu Henryka Chrupały z 53. już Olimpiady Astronomicznej w Chorzowie. Zapewne bardzo użyteczne będą zamieszczone tam zadania finałowe wraz z rozwiązaniami. Olimpiada Astronomiczna od przeszło pół wieku jest wstępny krokiem do rekrutacji przyszłych studentów i zawodowych kadr badawczych polskiej astronomii. Wielu współczesnych profesorów astronomii było jej uczestnikami.

Wiele się działało ostatnio w polskim życiu astronomicznym. Piszemy o niektórych tych wydarzeniach. Odnotowujemy, jak to uroczystym pochówkiem w katedrze fromborskiej zakończyła się peregrynacja domniemanych szczątków Kopernika po północnej Polsce. Piszemy o badaniach recepcji kopernikowskiego De Revolutionibus słowami Ovona Gingericha w Jego przemówieniu wygłoszonym z okazji odznaczenia Go prestiżowym medalem przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika. O wystawie meteorytów w Muzeum Techniki NOT w Warszawie pisze Andrzej Pilski, a o wizycie w Polsce ostatniej załogi misji STS-130 Endeavour Karolina Zawada. Odbyła się też Konferencja Naukowa Młodych „Astrophysica Nova” w Częstochowie.

Niewiele miejsca pozostało na Rozmaitości, ale piszemy o dwóch ważnych odkryciach: o unikalnym układzie gwiazd podwójnych i o utracie południowego pasa równikowego przez Jowisza.

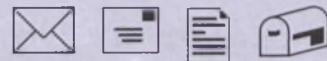
W Recenzjach przedstawiamy świeżo wydaną książkę zmarłego przed paru laty Kazimierza Schillinga „Patrząc na niebo Kopernika”.

Nie brakuje też innych, zwykłych pozycji „Uranii”: kalendarza astronomicznego, felietonu muzycznego, krzyżówki i rekomendacji ciekawych stron internetowych.

Dla PT Prenumeratorów w prezencie dołączamy uranijne „Rysunkowe astrożarty Jacka Drążkowskiego”, katalog wystawy, która gościła w kilku miastach w Polsce.

Życzę Państwu przyjemnej lektury

Toruń, w czerwcu 2010 r.



Witam,

Wydaje mi się że w numerze 3/2010 jest błąd dotyczący nazwy pierwiastka Copernicium. We wszystkich źródłach, jakie udało mi się odszukać w Internecie, pierwiastek ten funkcjonuje pod nazwą Copernicium. Niby niewielka pomyłka, ale przecież chodzi o nazwę nadaną na cześć dumy polskiego narodu, Mikołaja Kopernika. A może Copernicanum jest inną, co prawda mniej popularną, ale poprawną nazwą tego pierwiastka?

Pozdrawiam,

Piotr Adamczyk

**Red.:** Niestety, nasz Czytelnik ma całkowitą rację! Bezkrzytycznie przytoczyliśmy na naszych łamach notkę z błędą nazwą zamieszczoną na stronie internetowego serwisu PTA. Dziękujemy Panu Piotrowi za czujność i przesyłamy w podziękowaniu drobny upominek.

\*\*\*

Szanowna Redakcjo,

Rok 2010 dla astrofotografów nie jest zbyt łaskawy. Praktycznie nie było dnia, a raczej nocy, gdzie można by się oddać swojej pasji, a jak już była, to nie było czasu. Jednak 4 kwietnia dzień przyniósł tyle wrażeń, że na długo pozostaną w pamięci. Płyńce po niebie cirrusy dawały nadzieję, że coś może przypadkiem się wydarzy. I tak się stało. Pierwszy na niebie uwidocznił



Łuk okozenitalny i halo 22°.  
Fot. Krzysztof Janusz

się łuk okozenitalny z fantazyjnymi kolorami. Gdy Słońce zeszło trochę niżej, pojawiło się lekkie halo 22° ze słabymi słońcami pobocznymi. Czekając na rozwój sytuacji i fotografując, doczekałem się halo 46°, pierwsze jakie widziałem na mojej szerokości geograficznej! Zdjęcia były robione Canonem EOS 350D z Tamronem 28–80 mm.

Pozdrawiam

Krzysztof Janusz  
z Bożkowa

## **tu jest miejsce**

**na Twoją**

# **REKLAMĘ**

Kontakt: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl), tel. (56) 61130 14

**Zapraszamy na nasze łamy!**

Na zebraniu w Częstochowie w dniu 13 maja 2010 Zarząd Głównego Polskiego Towarzystwa Astronomicznego jednogłośnie podjął uchwałę popierającą projekt budowy dużego radioteleskopu na terenie Borów Tucholskich, następującej treści:

### **Uchwała**

Zarząd Główny PTA z zainteresowaniem śledzi projekt budowy dużego, 90–100-m radioteleskopu na terenie Polski, z prawdopodobną lokalizacją w Borach Tucholskich. Projekt ten w ogólnych zarysach został przedstawiony na XXXIV Zjeździe PTA we wrześniu 2009 przez prof. dr. hab. Andrzeja Kusa. Kolejne szczegóły projektu zostały zaprezentowane przez prof. Kusa w dniu 24 lutego 2010 części Zarządu (prezes, wiceprezes, skarbnik i członek zarządu) w Obserwatorium w Piwnicach (Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika). Po uzyskaniu tych informacji oraz zapoznaniu się z przedstawionymi szczegółami projektu, a także z opisanyimi w trzech artykułach opublikowanych w „Uranii – Postępach Astronomii” propozycjach programów naukowych, które będą mogły być realizowane przy pomocy tego radioteleskopu, **Zarząd zdecydowanie popiera ten projekt**. Jest to w tej chwili najbardziej zaawansowany projekt zwiększenia astronomicznej bazy obserwacyjnej, która może być zbudowana na terenie naszego kraju, awansującą natychmiast do światowej czołówki w dziedzinie radioastronomii obserwacyjnej (2. lub 3. pod względem wielkości instrumentu na świecie). Budowa instrumentu, oparta o innowacyjne technologie, będzie elementem napędzającym polską myśl techniczną i szansą prowadzenie nowatorskich badań na najwyższym światowym poziomie dla młodych, kształconych w polskich ośrodkach radioastronomów. Wielki, polski radioteleskop będzie jednym z głównych instrumentów światowej sieci radioteleskopów tworzących tzw. teleskop globalny o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami Ziemi. Polski ośrodek związany z konsorcjum zarządzającym radioteleskopem ma szansę stać się centrum współpracy międzynarodowej w tej dziedzinie.

Częstochowa, 13 maja 2010.

Za Zarząd Główny PTA  
Dr Adam Michalec  
Sekretarz

## **I Ogólnopolski Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”**

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii zapraszają do udziału w ogólnopolskim konkursie artystycznym o tematyce astronomicznej. W konkursie mogą wziąć udział wszyscy zainteresowani, a zwłaszcza młodzież szkolna i akademicka. Na konkurs można przesyłać wszelkie prace artystyczne o wydźwięku astronomicznym. Mogą to być utwory plastyczne, muzyczne, filmowe, literackie i inne. Mile widziane instalacje i wytwory modelarskie. Tzw. grafiki komputerowe, statyczne lub dynamiczne, mogą być w wersji 2D lub 3D (do wyświetlania na ekranie sferycznym).

Prace należy przesyłać do końca kwietnia 2011 roku na adres:

Astronomia Nova  
al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4001  
42-200 Częstochowa  
E-mail: [bogdan@ajd.czest.pl](mailto:bogdan@ajd.czest.pl)

Organizerzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i zostaną wykorzystane dla realizacji różnorakich celów propagujących astronomię w społeczeństwie

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” (ISSN 0032-5414) — 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 MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelny:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespół Redakcyjny:**

Marek Gołębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michalec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK 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) 611 30 08

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

**Adres WWW:**

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

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

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

Prenumerata w roku 2010 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty  
w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
ul. Bartycza 18, 00-716 Warszawa  
tel. (0-22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: pta@camk.edu.pl  
WWW: [www.pta.edu.pl](http://www.pta.edu.pl)  
Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

Numer zamknięto w czerwcu roku 2010

\* 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 *Współczesne badania Słońca i innych gwiazd*

Wojciech Dziembowski

W sposób bardzo związkły i klarowny Autor przedstawia tu problemy badania Słońca i gwiazd w ostatnich kilkudziesięciu latach. Pod koniec lat pięćdziesiątych XX w. stan badań był taki, jaki panował w biologii w epoce przed Darwinem. Dopiero następne lata przyniosły wiedzę na temat przeszłości i przyszłości Słońca i gwiazd. Pomógł w tym postęp rozwój fizyki atomowej i jądrowej oraz rozwój narzędzi obliczeniowych.

### 150 *Gwiazdy pulsujące z katalogu ASAS*

Dorota Szczygieł

Gwiazdy pulsujące, których istnienie udowodnił Harlow Shapley już prawie 100 lat temu, odgrywają bardzo ważną rolę w poznawaniu struktury wewnętrznej gwiazd i ich ewolucji oraz w badaniach budowy naszej Galaktyki i Wszechświata. Autorka przedstawia nam różne typy gwiazd pulsujących obserwowane w katalogu fotometrycznym jasnych gwiazd tworzonym w projekcie ASAS autorstwa prof. G. Pojmańskiego i wstępne wnioski wskazujące na zaskakującą historię naszej Galaktyki.

### 155 *Nowe perspektywy detekcji fal grawitacyjnych*

Michał Dominik

Choć teoria promieniowania grawitacyjnego została opracowana przez Alberta Einsteina już w roku 1916, dotychczas nie udało się bezpośrednio zaobserwować fal tego promieniowania. Pisaliśmy o tym problemie i perspektywach odkryć w „Uranii” nr 6/2001, a obecnie przybliżamy kolejny etap postępu badań zmierzających do odkrycia tych fal.

### 158 *Udział RT90 w badaniach kosmologicznych: teoria i obserwacje*

Bartosz Lew

Projektowany radioteleskop o średnicy czaszy 90 m (RT90) będzie miał wielorakie zastosowanie badawcze. Autor przedstawia tu jego zastosowanie do badań kosmologicznych. Choć już wiele wiemy o powstaniu Wszechświata i jego wczesnej ewolucji, to ciągle potrzebujemy nowych, bardziej dokładnych danych o różnych parametrach i coraz to odleglejszych obiektach Wszechświata. Po tych bezkresnych czeluściach Wszechświata oprowadza nas autor artykułu.

### 164 *Astronomia w Starożytnym Egipcie*

Sławomir Jędraszek

Opisany w powieści Bolesława Prusa „Faraon” incydent z przewidzianym przez kapłanów zaćmieniem Słońca to czysta fikcja literacka! Zdaniem współczesnych uczonych starożytni Egipcjanie nie byli zdolni wyliczyć momentów zaćmień. Niniejszy tekst rozpoczyna tryptyk poświęcony astronomii starożytnej widzianej okiem archeologa.

**w kolorze:** LIII Olimpiada Astronomiczna (o.III); Galeria Uranii (w.I, o.III); Pyłowe ślupy mgławicy w Kiliu (w.II–III); Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika (w.IV); Nowe Obserwatorium Dynamiki Słońca przesyła pierwsze obrazy (o.IV).

**w kraju i na świecie:** Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika (169); Kiedy umarł Kopernik? (169); Przemówienie z okazji otrzymania wyróżnienia Convallaria Copernicana (170); Kosmos w zasięgu ręki (172); II Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych (174); Załoga STS-130 z wizytą w Polsce (175)

**rozmaistość:** Herschel odkrył dziurę w Kosmosie (163); Uczniowie badają zderzenia galaktyk (163); Odkryto unikalny układ gwiazd podwójnych zaćmienniowych! (182); Jowisz stracił południowy pas równikowy (182)

**astronomia w szkole:** LIII Olimpiada Astronomiczna

**kalendарь astronomiczny 2010:** Wrzesień — październik

**recenzje:** Kazimierz Schilling, Patrząc na niebo Kopernika

**astronomia i muzyka:** Wszechświat w kieszeni Yello

**relaks z Uranią:** Krzyżówka

**ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Małgwica emisyjna Kocia Łapa (NGC 6334) w gwiazdozbiorze Skorpiona. Jej czerwona barwa pochodzi od świecącego zjonizowanego wodoru. Jest oddalona od nas o 5500 lat światlnych. Prezentowany tu obraz uzyskano w ramach Cyfrowego Przeglądu Nieba DSS2. Źródło: ESO, DSS2

# *Współczesne badania Słońca i innych gwiazd\**

**P**od koniec piątej dekady ubiegłego stulecia stan astrofizyki był podobny do stanu biologii przed Darwinem. Astronomowie dysponowali już bogatą wiedzą o gwiazdach, ale nie potrafili jeszcze uporządkować ich w hierarchii wieku. Nie znali też odpowiedzi na pytania o przeszłość i przyszłość Słońca, chociaż znana była już wtedy poprawna odpowiedź na pytanie o źródło jego energii.

W swym podstawowym kształcie teoria ewolucji gwiazd powstała w następnych dwóch dekadach. Pomógł w tym postęp w fizyce atomowej i jądrowej, a także w narzędziach obliczeniowych. Pojawiły się komputery, za pomocą których zaczęto konstruować numeryczne modele gwiazd. Opisane zostały kolejne fazy życia gwiazd, od ich uformowania się z obłoku materii do powolnego umierania jako stygające białe karły lub, przy dostatecznie dużych masach, wybuchu jako gwiazdy supernowe. Przy okazji udzielono odpowiedzi na pytanie o pochodzenie pierwiastków chemicznych, która w zasadniczej części pozostaje ważna po dziś dzień.

Stworzone zostały narzędzia do datowania gwiazd i systemów, w których występują. Osiągnięto bardzo wiele środkami, które z dzisiejszej perspektywy wydają się nader skromne. Wśród astronomów związanych z najważniejszymi dokonaniami tamtego dwudziestolecia jest doktor honorowy Uniwersytetu Wrocławskiego, profesor Bohdan Paczyński, autor m.in. klasycznych prac poświęconych ewolucji gwiazd w ciasnych układach podwójnych.

Od początku lat siedemdziesiątych trwa mozołne poprawianie i uzupełnianie teorii. Najważniejsze nieroziwiązane problemy teorii ewolucji gwiazd dotyczą procesów transportu produktów reakcji jądrowych. Odpowiedź jest ważna m.in. dla powiązania danych spektroskopowych o składzie chemicznym atmosfer z procesami zachodzącymi we wnętrzach. Standardowo, transport pierwiastków związany z przepływem gazu opisuje się w sposób przybliżony, nie wymagający odejścia od założonej symetrii sferycznej. Wpływ ruchu obrotowego i pola magnetycznego nie jest w ogóle brany pod uwagę. Cena rezygnacji z tych uproszczeń, wystarczających na pewnym poziomie dokładności, jest bardzo wysoka. Dopiero od niedaw-

\* Jest to fragment wykładu, jaki Autor wygłosił na uroczystej inauguracji roku akademickiego 2009/2010 na Uniwersytecie Wrocławskim.

na prowadzi się trójwymiarowe symulacje przepływu gazu we wnętrzach gwiazd. Obserwacje astronomiczne, a w tej dziedzinie nastąpił największy postęp, dostarczyły nam wskazówek dotyczących nieroziwiązanych problemów, ale też i nowych wyzwań dla teorii. Na przykład wiele danych dotyczących zmienności gwiazd ciągle czeka na interpretację.

Są też takie, dziś intensywnie badane problemy, nad którymi jeszcze do niedawna w ogóle się nie zastanawiano. Należy do nich ewolucja gwiazd neutronowych, powstała w wyniku wybuchu supernowych oraz ewolucja pierwszego pokolenia gwiazd tworzących z gazu, w którym nie było jeszcze ciężkich pierwiastków. Jest też zadanie dla fizyki gwiazd związane z najważniejszym bodaj pytaniem współczesnej astronomii i fizyki o naturę ciemnej materii, która stanowi ok. 80% całej materii Wszechświata. To zadanie polega na modelowaniu skutków rozpadu ciemnej materii we wnętrzach gwiazd.

Historia badań Słońca przebiegała inaczej niż innych gwiazd. Za jej początek można uznać odkrycie plam słonecznych przez Galileusza. Interpretacja tego zjawiska od samego początku wymagała odejścia od kanonów niezmienności i symetrii sferycznej. Plamy są jednym z przejawów aktywności magnetycznej, która, po dziś dzień, stanowi główny przedmiot badań heliofizyki. Pole magnetyczne ogromnie wzbogaca fizykę zjawisk makroskopowych i komplikuje ich modelowanie.

Rejestrowanie i interpretacja przejawów aktywności magnetycznej innych gwiazd to względnie nowa dziedzina badań, wiążąca się z przełomem w metodach pomiarów w astronomii, jaki dokonał się na początku lat siedemdziesiątych minionego stulecia. Dzięki tym badaniom dowiedzieliśmy się, że Słońce, chociaż zużyło dopiero mniej niż połowę swojego zapasu energii jądrowej, czas dużej aktywności magnetycznej ma już dawno za sobą.

Obserwacje ze sztucznych satelitów pozwoliły na usunięcie ograniczeń wynikających z nieprzezroczystości atmosfery ziemskiej dla promieniowania elektromagnetycznego w zakresie podczerwieni, nadfioletu i fal rentgenowskich. Elektroniczne detektory zastąpiły klisze fotograficzne i fotopo-

wielacze, co umożliwiło rejestrowanie zmian jasności gwiazd na poziomie ułamka promila. Spektrografy nowej generacji umożliwiły wyznaczanie ruchów o prędkościach rzędu centymetrów na sekundę. Mierzenie tak słabych sygnałów jest ważne dla sejsmicznego sondowania gwiazd, do czego wróć, i dla wykrywania obiegających je planet.

Dane o gwiazdach w nadfioletowej części widma spowodowały najważniejszą dotąd zmianę w teorii ewolucji gwiazd. Odkrycie szybkich wpływów materii z gorących gwiazd masywnych spowodowało konieczność odejścia od założenia o niezmienności ich mas. Ewolucja gwiazd masywnych jest stale bardzo aktualnym tematem badań. Takie gwiazdy wybuchają jako supernowe i dlatego decydują o ewolucji chemicznej materii we Wszechświecie. Z kolei obserwacje w dziedzinie podczerwieni pozwoliły na poznanie okoliczności tworzenia się gwiazd w gęstych obłokach materii międzygwiazdowej.

Dla badań aktywności magnetycznej Słońca najważniejsze stały się pomiary promieniowania w dziedzinie rentgenowskiej. Choć tylko znikoma część energii emitowanej przez Słońce przypada na tę część widma elektromagnetycznego, to jednak zmiany w niej zachodzące w 11-letnim cyklu aktywności są największe. Promieniowanie rentgenowskie powstaje w koronie, najbardziej zewnętrznej i niespokojnej części Słońca. Najwyższe temperatury osiągane są nie w jego centrum, gdzie w żółwim tempie zachodzą reakcje termojądrowe, ale w rozbłyskach korony.

O tym, że temperatura gazu w koronie słonecznej przewyższa znacznie temperaturę atmosfery, wiedziano od dawna i od dawna poszukiwano mechanizmu odpowiedzialnego za grzanie korony. Ten problem do dziś nie jest w pełni rozwiązany, ale nie ma wątpliwości, że pole magnetyczne jest ostatnim źródłem wydzielanego ciepła. Pole magnetyczne rządzi też wszystkimi gwałtownymi zjawiskami, które obserwuje się w koronie słonecznej, w tym rozbłyskami. Badanie tych zjawisk jest jednym z niewielu zadań współczesnej astronomii o praktycznym znaczeniu, a jego znaczenie poznawcze przekracza zakres heliofizyki. Podobne zjawiska obserwuje się bowiem w wielu innych

gwiazdach, a być może także w aktywnych jądrach galaktyk.

Niemal żadne promieniowanie elektromagnetyczne nie dociera do Ziemi z warstw Słońca leżących głębiej niż 1000 km pod atmosferą. Inaczej jest z neutrinami wytwarzanymi w procesach jądrowych, zachodzących w głębokim wnętrzu. Pomiar strumienia neutrin słonecznych był pomyślany jako krytyczny test teorii wewnętrznej budowy Słońca i podobnych mu gwiazd. Zmierzony na początku lat 70. strumień okazał się mniej więcej trzykrotnie niższy od przewidywanych przez modele. Ta rozbieżność, interpretowana przez niektórych jako porażka tej teorii, została wyjaśniona na początku lat 90. jako wynik zamiany neutrin elektronowych tworzonych w reakcjach jądrowych na inne, niewidoczne dla działających wtedy detektorów, rodzaje. Ostatecznie wynik pomiarów wszystkich trzech jego rodzajów oddziennie, ogłoszony w 2001 r., potwierdził poprawność teorii. Wczesniej model Słońca został zweryfikowany przez heliosejsmologię, czyli badania jego oscylacji akustycznych. Te badania doprowadziły do udokładnienia parametrów modelu i dostarczyły ważnych informacji o transporcie pierwiastków chemicznych we wnętrzu. Co może najważniejsze, tą metodą został wyznaczony przebieg prędkości kątowej obrotu wnętrza Słońca. Był to jedynie wynik istotnie różniący się od przewidywań.

Wiedza o rotacji wnętrza jest ważna dla teorii transportu momentu pędu i generacji pola magnetycznego w gwiazdach. Dziś metodami heliosejsmologii bada się przede wszystkim zjawiska związane z aktywnością magnetyczną. Do badania wnętrza innych gwiazd wykorzystuje się odpowiednik tej metody nazywany astrosejsmologią. Tą metodą uzyskano informacje o rozkładzie pierwiastków i szybkości rotacji we wnętrzach gwiazd pulsujących znajdujących się w różnych fazach ewolucji.

Autor jest profesorem astrofizyki w Centrum Astronomicznym PAN i Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego oraz członkiem Polskiej Akademii Nauk. Jego specjalnością są badania struktury wewnętrznej Słońca i gwiazd — jest współtwórcą astrosejsmologii

Dorota Szczygiel

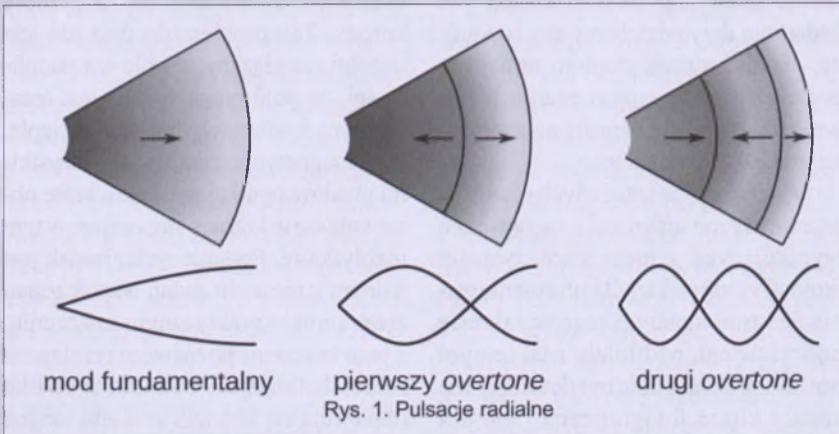
# Gwiazdy pulsujące z katalogu ASAS

Tekst opracowany na podstawie odczytu wygłoszonego na XXXIV Zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Kraków, 14–18 września 2009 r.

## Gwiazdy pulsujące

Gwiazdy zmienne są znane od stuleci. Już w 1596 r. Fabricius odkrył zmiennosć Miry (o Ceti), która regularnie pojawiała się na niebie i znikała, a cykl zmian jej jasności wynosił 11 miesięcy. Jednak dopiero pod koniec XVIII w., po skonstruowaniu przez Williama Herschela pierwszego teleskopu, zaczęto prowadzić systematyczne obserwacje gwiazd. W tym czasie odkryto wiele gwiazd zmiennych, w tym pulsujących, choć we wszystkich przypadkach zmiany jasności gwiazdy były tłumaczone zaśmienia-

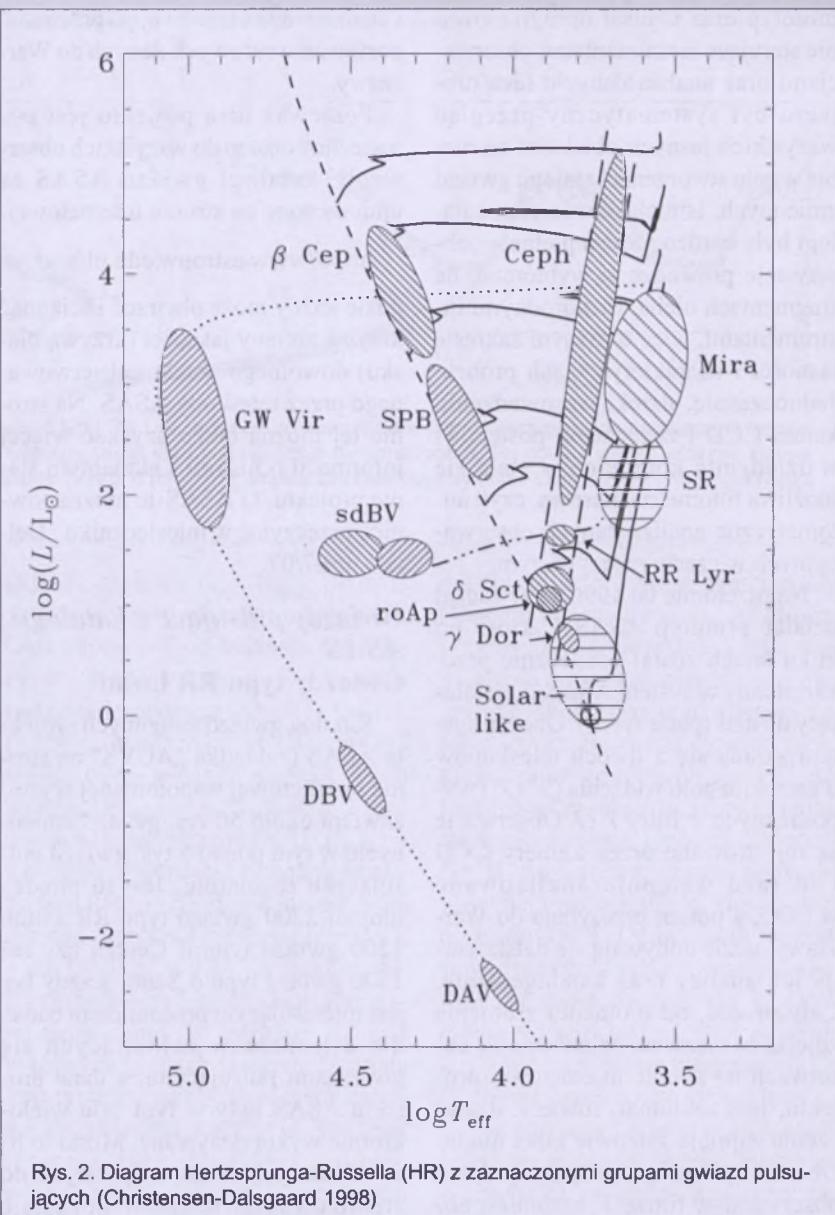
mi gwiazd w układach podwójnych lub rotacją pojedynczych gwiazd. Po myśl, że gwiazdy pulsują, po raz pierwszy pojawił się w 1879 r., jego autorem był August Ritter, ale dopiero w 1914 r. Harlow Shapley pokazał, że pulsacje są najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem zmiенноściami gwiazdy δ Cephei. Od tego czasu gwiazdy pulsujące są cennym narzędziem służącym między innymi do wyznaczania odległości we Wszechświecie, testowania modeli ewolucyjnych gwiazd oraz badania wnętrz gwiazdowych.



Co astronomowie mają na myśli, mówiąc, że gwiazda pulsuje? Jako że gwiazdy to wielkie „kule gazowe” złożone głównie z wodoru i helu, ich pulsacje polegają na rozszerzaniu i kurczaniu się tworzącego je gazu, co powoduje zmiany rozmiarów lub kształtu gwiazdy, a co za tym idzie, również jej jasności. W pulsacjach udział biorą jedynie zewnętrzne warstwy gwiazdy, a jej centralne części zupełnie nie odczuwają ich wpływu. W zależności od tego, w jaki sposób odbywa się kurczanie i rozszerzanie, gwiazdy pulsujące dzielimy na kilka podtypów.

Najprostszy rodzaj pulsacji to **pulsacje radialne**, polegające na sferycznie symetrycznym rozszerzaniu się i kurczaniu zewnętrznych warstw gwiazdy. Ponieważ zmiany odbywają się tylko wzdłuż promienia, można sobie wyobrazić, że cała gwiazda puchnie i maleje jak balonik, do którego na przemian wpuszczamy i wypuszczamy powietrze. Gdy wszystkie warstwy biorące udział w pulsacji rozszerzają się i kurczą razem, mówi się, że gwiazda pulsuje w modzie fundamentalnym lub podstawowym. Jeśli wewnątrz gwiazdy istnieje powierzchnia sferyczna materii, która się nie przemieszcza (tzw. węzeł), mówi się, że gwiazda pulsuje w pierwszym *overtone*. Wtedy warstwa ponad tą nieruchomą powierzchnią kurczy się, gdy warstwa poniżej się rozszerza i odwrotnie. Gwiazda pulsująca w drugim *overtone* posiada dwie takie nieruchome warstwy materii, w trzecim trzy, i tak dalej. Często ten typ pulsacji porównuje się do drgania struny i wtedy np. pierwszy *overtone* odpowiada sytuacji, gdy na strunie jest jeden węzeł. Rysunek 1 przedstawia schematycznie takie porównanie.

Drugi typ pulsacji to **oscylacje nieradialne** — mamy wtedy do czynienia nie tylko ze zmianami promienia, ale też kształtu powierzchni gwiazdy. Ten typ pulsacji jest dużo bardziej skomplikowany, gdyż materia może przemieszczać się w trzech kierunkach zamiast jednego. W efekcie powierzchnia gwiazdy jest podzielona na pola, z których każde dwa sąsiadujące drgają w przeciwnych fazach. Można to sobie wyobrazić poprzez porównanie do fal na powierzchni np. oceanów.



Rys. 2. Diagram Hertzsprunga-Russella (HR) z zaznaczonymi grupami gwiazd pulsujących (Christensen-Dalsgaard 1998)

W grupie obiektów pulsujących radialnie znajdują się gwiazdy o dużych amplitudach zmiany blasku: Miry, RR Lyrae i  $\delta$  Cephei. Pulsatory nieradialne charakteryzują się mniejszymi amplitudami i są to między innymi gwiazdy typu  $\delta$  Scuti,  $\beta$  Cephei czy  $\gamma$  Doradus. Rysunek 2 przedstawia diagram Hertzsprunga-Russella (HR) z zaznaczonymi typami gwiazd zmiennych pulsujących. Na osi pionowej znajduje się temperatura efektywna (powierzchniowa) gwiazdy, a na pionowej jej jasność względem jasności Słońca; obie osie są w skali logarytmicznej. Rysunek został zaczerpnięty ze strony internetowej duńskiego profesora astrofizyki, specjalisty w dziedzinie pulsacji gwiazdowych, Jørgena Christensa-Dalsgaarda\*.

### Projekt ASAS

ASAS (*All Sky Automated Survey*) jest zautomatyzowanym projektem prowadzącym regularny przegląd nieba z południowej stacji obserwacyjnej Obserwatorium Astronomicznego UW, w Las Campanas Observatory (LCO) w Chile. Jego głównym celem jest ciągłe monitorowanie około 15 mln obiektów jaśniejszych niż  $V = 14$  mag., w celu badania ich zmienności.

ASAS powstał w 1996 r. dzięki współpracy prof. Bohdana Paczyńskiego (Uniwersytet w Princeton), który był pomysłodawcą projektu, z dr. hab. Grzegorzem Pojmańskim (Uniwersytet Warszawski), który zbudował

\* [http://www.phys.au.dk/~jcd/HELAS/puls\\_HR/](http://www.phys.au.dk/~jcd/HELAS/puls_HR/)

prototyp oraz napisał oprogramowanie sterujące instrumentami, obserwacjami oraz analizą danych. Ideą projektu był systematyczny przegląd wszystkich jasnych obiektów na niebie w celu stworzenia katalogu gwiazd zmiennych. Istniejące wówczas katalogi były bardzo niekompletne — obserwacje prowadzono wybiórczo, na fragmentach nieba, różnorodnymi instrumentami, więc o różnym zakresie jasności i charakterystykach próbek. Jednocześnie, dzięki wprowadzeniu kamer CCD i znaczemu postępowi w dziedzinie komputerów stała się możliwa fotometria masowa, czyli automatyczna analiza danych obserwacyjnych w czasie rzeczywistym.

Na przełomie lat 1996/1997 zaczął działać prototyp ASAS-1, który po kilku latach został ostatecznie przekształcony w system ASAS-3, działający do dziś (patrz rys. 3). Obecny system składa się z dwóch teleskopów o szerokim polu widzenia ( $9^\circ \times 9^\circ$ ) wyposażonych w filtry  $V$  i  $I$ . Obserwacje są rejestrowane przez kamery CCD i od razu wstępnie analizowane w LCO, a potem przesyłane do Warszawy, gdzie odbywają się dalsze etapy ich analizy oraz katalogowanie. Cały proces, od momentu zrobienia zdjęcia do momentu pojawiienia się obserwacji na stronie internetowej projektu, jest zautomatyzowany, dzięki czemu zajmuje zaledwie kilka minut. Obecnie system ten obsługuje jedynie obserwacje w filtrze  $V$ , natomiast obserwacje w filtrze  $I$  są redukowane

i analizowane okresowo, po przetransportowaniu surowych danych do Warszawy.

Ponieważ ideą projektu jest poważny dostęp do wszystkich obserwacji, katalogi gwiazd ASAS są umieszczone na stronie internetowej:

<http://www.astrouw.edu.pl/asas>

gdzie każdy może obejrzeć i ściągnąć krzywą zmiany jasności (krzywą blasku) dowolnego obiektu obserwowanego przez teleskopy ASAS. Na stronie tej można także uzyskać więcej informacji o historii i aktualnym stanie projektu. O ASAS-ie można również przeczytać w miesięczniku „Dela”, nr 07/07.

### Gwiazdy pulsujące z katalogu ASAS

#### Gwiazdy typu RR Lutni

Katalog gwiazd zmiennych projektu ASAS (zakładka „ACVS” na stronie internetowej wspomnianej wyżej) zawiera około 50 tys. gwiazd zmiennych, w tym ponad 5 tys. gwiazd pulsujących regularnie. Jest to między innymi 2200 gwiazd typu RR Lutni, 1200 gwiazd typu δ Cephei czy też 1300 gwiazd typu δ Scuti. Każdy typ jest interesującym przedmiotem badań dla astronomów zajmujących się gwiazdami pulsującymi, a dane projektu ASAS były w tym celu wielokrotnie wykorzystywane. Mimo to lista ciekawych (i często prostych do zrealizowania) tematów pozostaje wciąż niewyczerpana. Jednym z przy-

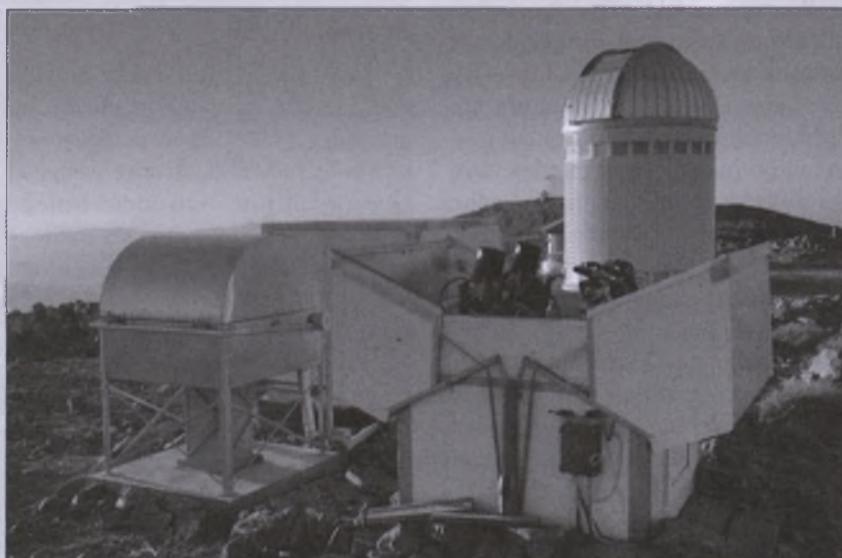
kładow może być użycie gwiazd typu RR Lutni do badania historii tworzenia się naszej Galaktyki. Jest to projekt, który kilka miesięcy temu zrealizowaliśmy wspólnie z Grzegorzem Pojmańskim i Bogumiłem Pileckim, a wynikom poświęczę dalszą część tego artykułu.

Na początek kilka słów o samych gwiazdach typu RR Lutni, zwanych najczęściej gwiazdami typu RR Lyrae (w skrócie RR Lyr). Są to jedne z najwcześniej poznanych i najczęściej badanych gwiazd pulsujących. Ich okresy pulsacji zawierają się w przedziale 0,2–1,2 dnia, a amplitudy zmiany jasności wynoszą od 0,2 do 1,6 mag. w filtre V. Tak szybkie i duże zmiany jasności sprawiają, że obiekty te są łatwe do zaobserwowania. Dodatkowym atutem są bardzo charakterystyczne krzywe blasku, dzięki którym trudno jest je pomylić z innym typem gwiazd zmiennych.

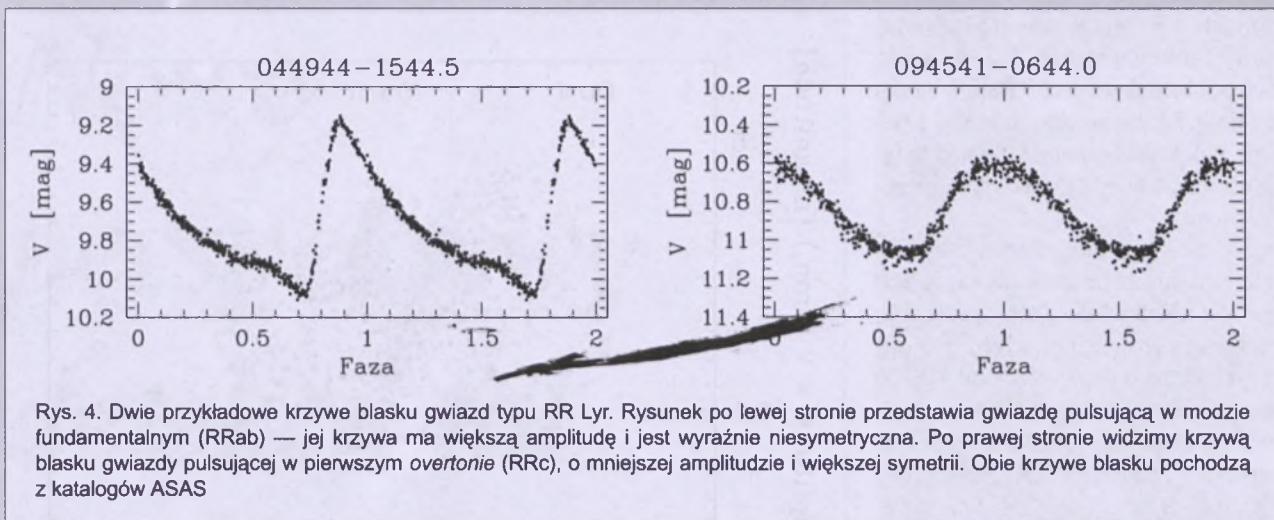
Gwiazdy typu RR Lyr pulsują radialnie, głównie w modzie fundamentalnym (nazywamy je wtedy RRab) lub w pierwszym overtone (RRc), choć obserwuje się również obiekty pulsujące w obu modach jednocześnie. Dwie przykładowe krzywe blasku (RRab i RRc) zostały przedstawione na rys. 4.

Średnia jasność absolutna gwiazdy typu RR Lyr jest w pierwszym przybliżeniu stała i wynosi około  $V \approx 0,6$  mag. Dzięki temu są one wykorzystywane jako tzw. „świece standarde” przy wyznaczaniu odległości do gromad kulistych, Centrum Galaktyki czy też do pobliskich systemów gwiazdowych.

Jeśli chodzi o właściwości fizyczne, gwiazdy z grupy RR Lutni to obiekty mało masywne (około  $0,7 M_\odot$ ) i dość chłonne, o temperaturach efektywnych w granicach 6000–7500 kelwinów. Promień takiej gwiazdy wynosi około  $4–6 R_\odot$ , przy czym większa część masy gwiazdy jest skupiona w niewielkim jądrze o promieniu w przybliżeniu równym promieniowi Ziemi ( $R_Z \approx 0,009 \times R_\odot$ ). Są to obiekty bardzo stare — ich wiek jest rzędu 10–12 miliardów lat — więc ich skład chemiczny odpowiada składowi wcześniego Wszechświata, a właściwości dynamiczne dostarczają informacji o rozkładzie i kinematyce starych populacji gwiazdowych. Można powie-



Rys. 3. Zdjęcie teleskopów projektu ASAS w LCO w Chile. Wysoki budynek w tle to kopuła warszawskiego projektu OGLE („Urania-PA”, nr 1/2007). Co prawda ASAS jest projektem zautomatyzowanym, jednak w przypadku awarii niezbędna jest interwencja człowieka. W takich przypadkach nieoceniona jest pomoc członków zespołu OGLE



Rys. 4. Dwie przykładowe krzywe blasku gwiazd typu RR Lyr. Rysunek po lewej stronie przedstawia gwiazdę pulsującą w modzie fundamentalnym (RRab) — jej krzywa ma większą amplitudę i jest wyraźnie niesymetryczna. Po prawej stronie widzimy krzywą blasku gwiazdy pulsującej w pierwszym overtonie (RRc), o mniejszej amplitudzie i większej symetrii. Obie krzywe blasku pochodzą z katalogów ASAS

dzieć, że gwiazdy te pamiętają początki Wszechświata oraz powstawanie naszej Galaktyki.

Gwiazdy typu RR Lyr są obiekta mi populacji drugiej, czyli tworzą podsystem sferyczny Drogi Mlecznej (w przeciwnieństwie do młodych gwiazd populacji pierwszej, które znajdują się głównie w dysku Galaktycznym, np. typu δ Cephei) i po raz pierwszy zaobserwowano tego typu gwiazdy właśnie w gromadach kulistych Galaktyki.

Podsumowując: łatwość zaobserwowania, prawie stała jasność absolutna (czyli dość dobrze określona odległość) oraz zaawansowany wiek pozwalający poznać wczesne stadium formowania galaktyk sprawiają, że gwiazdy typu RR Lutni są chętnie badaną grupą gwiazd pulsujących.

Bogatym źródłem informacji o gwiazdach typu RR Lyr, wraz z odnośnikami do odpowiednich prac, jest książka pt. *RR Lyrae Stars* (Horace A. Smith, 1995).

### Gwiazdy typu RR Lutni a dychotomia Oosterhoffa

Początki badań nad gwiazdami typu RR Lyr są związane z odkryciem gwiazd zmiennych w gromadach kulistych (początek XX w.). Zauważono wtedy, że gromady kuliste naszej Galaktyki dzielą się na dwie wyraźnie różne grupy, a przynależność gromady do jednej z grup jest określana na podstawie właściwości gwiazd typu RR Lutni w tej gromadzie. Właściwości te to średni okres pulsacji oraz stosunek liczby gwiazd pulsujących w pierwszym overtonie (RRc) do pulsujących w modzie fundamentalnym

(RRab), czyli  $N = N_{RRc}/N_{RRab}$ . Te dwie grupy zostały nazwane grupami Oosterhoffa I i II od nazwiska odkrywcy, Pietera Oosterhoffa i dla wygody będą dalej nazywane „Oo I” i „Oo II”. I tak w gromadach kulistych typu Oo I średni okres pulsacji gwiazd RRab wynosi  $\langle P_{RRab} \rangle = 0,55$  dnia, a w gromadach kulistych typu Oo II  $\langle P_{RRab} \rangle = 0,64$  dnia. Natomiast stosunek liczby gwiazd RRc do RRab jest mniejszy dla gromad typu Oo I i wynosi  $N = 0,17$ , a dla Oo II  $N = 0,44$ . W trakcie dalszych badań nad gromadami kulistymi zauważono, że gwiazdy RR Lyr w różnych grupach Oosterhoffa mają inne metaliczności (miarą metaliczności gwiazdy jest najczęściej stosunek ilości żelaza do ilości wodoru w gwiazdzie —  $[Fe/H]$ , względem  $[Fe/H]$  słonecznego, wyrażony w logarytmie). Mianowicie, gromady typu Oo I okazały się być bogatsze w metale niż Oo II.

Opisane wyżej zjawisko nazywane „dychotomią Oosterhoffa”, jest ono najlepiej widoczne i najczęściej prezentowane na tzw. „diagramie Baileya”, który przedstawia amplitudę pulsacji versus logarytm okresu pulsacji. Gwiazdy RR Lutni w gromadach, pulsujące w modzie fundamentalnym (czyli RRab), umieszczone na diagramie Baileya, układają się wzdłuż dwóch rozzielonych, w przybliżeniu równoległych linii tak, że gwiazdy o dłuższych okresach mają mniejsze amplitudy i dla zadanej wartości amplitudy gwiazdy RRab typu Oo II mają dłuższe okresy pulsacji (patrz rys. 5).

Już wielokrotnie podejmowano próby wyjaśnienia tego zjawiska i na-

dal nie ma w tej kwestii pełnej zgody. Obecnie uczeni uważają, że główną przyczyną charakterystycznego rozdzielenia grup jest różnica jasności gwiazd spowodowana różnym zaawansowaniem ewolucyjnym (wiekiem) poszczególnych gwiazd RR Lutni. Ścisłe, obiekty, które układają się wzdłuż relacji typowej dla grupy Oo II, są bardziej zaawansowane w swojej ewolucji niż te, które należą do grupy Oo I. Dodatkowo, na podstawie niezależnych informacji wykazano, że gromady typu Oo I i Oo II różnią się wiekiem — Oo I są około 2–3 mld lat młodsze niż gromady Oo II, co jest zgodne z powyższym.

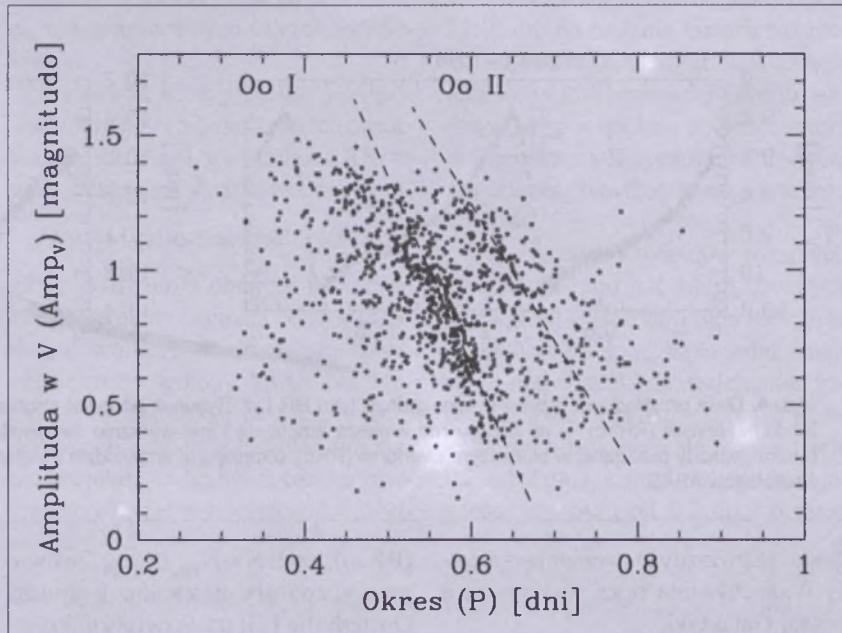
Tak wygląda sytuacja w gromadach kulistych naszej Galaktyki. Natomiast w przypadku gwiazd pola galaktycznego (niezwiązanych w gromadach) jest ona bardziej skomplikowana, gdyż nie ma zgody co do tego, czy dychotomia Oosterhoffa jest obecna wśród gwiazd pola czy też nie. Pierwsza wzmianka o jej istnieniu pojawiła się już 30 lat temu, choć praca była oparta o małą próbę gwiazd — zaledwie 170 obiektów z niektórych fragmentów nieba. Jednak w ostatnich latach dzięki systematycznym przeglądom nieba liczba znanych gwiazd RR Lutni w polu galaktycznym znacznie wzrosła. I tak przy pomocy danych projektu QUEST (około 400 gwiazd RRab w odległościach od 4 do 60 kiloparseków od Słońca) astronomowie wykazali, że dychotomii Oosterhoffa w halo galaktycznym nie ma (ścisłe, nie istnieje ona wśród gwiazd pola; wszyscy są zgodni, że istnieje w gromadach kulistych).

Kilka lat później (w 2006 r.) ukazała się praca na podstawie danych

projektu NSVS („Northern Sky Variability Survey”) zawierających około 600 pobliskich gwiazd RRab, w zasięgu do 4,5 kiloparseka, w której również nie potwierdzono istnienia grup Oosterhoffa wśród gwiazd pola galaktycznego.

Z kolei dwa lata później taki sam diagram skonstruowano dla około 800 gwiazd RRab z halo Galaktyki (z wyłączeniem gromad kulistych), znajdujących się na odległościach od 4 do 20 kiloparseków, na podstawie danych zebranych przez projekt „Lowell Observatory Near Earth Objects Survey Phase I” (LONEOS-I). W tym przypadku wynik jest zupełnie różny — większość gwiazd RR Lutni grupuje się w obszarach odpowiadających typom Oosterhoffa I i II obserwowanym dla gromad kulistych, szczególnie w rejonie okupowanym przez gwiazdy typu Oo I. Wynik ten jest bardziej wiarygodny niż wynik projektu QUEST, gdyż bazuje na większej liczbie gwiazd i bardziej jednorodnym ich rozkładzie na niebie. Podsumowując, według obecnego stanu wiedzy dychotomia Oosterhoffa, typowa dla gromad kulistych, jest obecna wśród gwiazd pola w halo galaktycznym, choć nie obserwujemy jej w bliskiej okolicy Słońca (do ~4 kpc).

Jakie to ma znaczenie i dlaczego jest interesujące? Otóż fakt ten ma znaczący wpływ na teorie tworzenia się i ewolucji naszej Galaktyki. Według ostatnich obliczeń, różnice wieku między typowymi gromadami Oo I i Oo II wynoszą 2–3 mld lat (Oo I są młodsze), co oznacza, że gromady te powstały w innym czasie. Dodatkowo, różnice zawartości metali między gromadami typu Oo I i Oo II sugerują, że mogły one powstać także w innych miejscach we Wszechświecie, a dopiero potem zostać włączone do halo naszej Galaktyki. Jedna z wiodących hipotez dotyczących powstawania halo Drogi Mlecznej zakłada właśnie, że halo naszej Galaktyki powstało poprzez akrecję fragmentów pobliskich galaktyk karłowatych. Jednak okazuje się, że wszystkie pobliskie galaktyki nie tylko nie wykazują dychotomii Oosterhoffa, ale też mają inną zawartość metali niż zmierzona dla grup Oo I i Oo II w Drodze Mlecznej. Wydawałoby się więc, że hipotezę o akrecji można by odrzucić, gdy-



Rys. 5. Diagram okres-amplituda (diagram Baileya) dla gwiazd RRab z katalogu ASAS. Przerwane linie to przybliżone zależności okres — amplituda dla gwiazd RR Lutni typu Oo I oraz Oo II, obserwowane w Drodze Mlecznej

by nie brak dychotomii Oosterhoffa w bliskiej okolicy Słońca (do około 4 kiloparseków), wykazany na podstawie danych projektu NSVS.

Okazuje się jednak, że wynik uzyskany przez zespół NSVS może być zweryfikowany na podstawie danych projektu ASAS, ponieważ oba projekty mają podobny zasięg, jeśli chodzi o obserwacje gwiazd typu RR Lutni (do około 4 kiloparseków), z tym że katalog ASAS zawiera ponad dwa razy więcej gwiazd RRab niż NSVS (1400 vs 600). W celu weryfikacji rezultatów skonstruowaliśmy diagram Baileya dla gwiazd RR Lutni z katalogu ASAS pulsujących w modzie fundamentalnym (rys. 5). Widzimy, że gwiazdy przyjmują różnorakie wartości okresów i amplitud, choć wyraźnie grupują się w obszarach typowych dla grup Oosterhoffa, przy czym większość znajduje się w rejonie grupy Oo I. Jest to wynik istotnie różny od rezultatów projektu NSVS, gdyż wykazuje istnienie dychotomii Oosterhoffa również w bliskiej okolicy Słońca.

Ciekawe, że mimo podobieństwa próbek ASAS i NSVS, otrzymaliśmy różne rezultaty. Wyniki szczegółowych badań wykazały, że rozbieżność ta wynika z błędnie wyznaczonych amplitud pulsacji gwiazd RR Lutni w katalogu NSVS. Powodem błędnych wartości amplitud jest najprawdopodobniej to, że obserwacje NSVS były prowadzone bez użycia filtrów, dopiero potem

przeliczane do wartości, jakie obserwowałibyśmy, używając filtra V.

Podsumowując, dane projektu ASAS pozwoliły ostatecznie ustalić, że dychotomia Oosterhoffa obserwowana jest nie tylko w dalekim halo Drogi Mlecznej, ale i w okolicy Słońca, czyli w całej naszej Galaktyce. Jest to ważny wynik, gdyż na jego podstawie można odrzucić teorię powstawania halo Drogi Mlecznej poprzez akrecję fragmentów pobliskich galaktyk karłowatych, ponieważ w naszej Galaktyce nie obserwuje się gwiazd (typu RR Lutni) o takiej zawartości metali, jaką mają gwiazdy w owych galaktykach. Z drugiej strony, istnienie dwóch populacji gwiazd RR Lutni o wyraźnie różnych zawartościach metali utwierdza nas w przekonaniu, że w historii powstawania Drogi Mlecznej musiały pojawić się ciekawe epizody (na przykład zderzenie z inną galaktyką czy też wręcz jej wchłonięcie), które wzmaciły naszą Galaktykę o dodatkową populację gwiazd.

*Autorka jest absolwentką studium doktoranckiego w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. Jej rozprawa doktorska dotyczyła analizy statystycznej gwiazd pulsujących w katalogu ASAS. Wykonala ją pod opieką twórcy katalogu prof. G. Pojmańskiego. Obecnie przebywa na stażu podkortorskim na Uniwersytecie Stanu Ohio w Columbus (USA)*

# Nowe perspektywy detekcji fal grawitacyjnych

Michał Dominik

**T**eoria dotycząca fal grawitacyjnych została opracowana w 1916 r. przez Alberta Einsteina. Ich istnienie jest konsekwencją rozważań równań pola w ogólnej teorii względności. Te zaburzenia czasoprzestrzeni, przemieszczające się z prędkością światła, dają szanse na otworzenie nowego okna na Wszechświat. Promieniowanie elektromagnetyczne może być pochłaniane przez napotkaną materię, gdy dla fal grawitacyjnych jest ona nienaturalnie przezroczysta. Umiejętność obserwacji tego rodzaju promieniowania pozwoliłaby ujrzeć trudne do uchwycenia obiekty, takie jak czarne dziury. Umożliwiłaby również spojrzenie w głęb cza su, do początków Wszechświata. Szerzy obraz fenomenu fal grawitacyjnych został przedstawiony we wcześniejszych wydaniach „Uranii” (patrz „Urania” 6/2001). Zamieszczono w nich informacje na temat własności fal oraz ich wpływu na materię. Wymienione są również potencjalne źródła.

Pomimo upływu niemal 100 lat od odkryć Einsteina, nie udało się jednak bezpośrednio zaobserwować fal grawitacyjnych. Eksperymentami mającymi dokonać pierwszej obserwacji tych fal

zajmują się instytucje naukowe w Europie, Stanach Zjednoczonych i Japonii. Czołowymi projektami dającymi największe nadzieje na detekcje są: amerykański LIGO i europejski VIRGO. Jeszcze w tej dekadzie powinno dołączyć do nich kosmiczne obserwatorium LISA, konstruowane przez NASA i ESA. Szczegóły działania grawitacyjnych teleskopów interferometrycznych zostały opisane we wcześniejszych wydaniach „Uranii” (patrz „Urania” 1/2002). Jest w nich przedstawiona krótka historia detekcji fal grawitacyjnych. Zaprezentowane są też współczesne teleskopy grawitacyjne oraz zasada ich działania.

Uważa się, że najbardziej obiecującymi źródłami fal grawitacyjnych są układy podwójne zbudowane z czarnych dziur (BH) i gwiazd neutronowych (NS) we wszystkich dostępnych kombinacjach. Oznacza to, że możemy mieć do czynienia z podwójnymi czarnymi dziurami (BH-BH), gwiazdami neutronowymi (NS-NS) oraz układami czarna dziura-gwiazda neutronowa (BH-NS). Te obiekty, obiegając wspólny środek masy, będą emitować promieniowanie grawitacyjne, przez co ich orbita będzie się

W przyszłości NASA oraz ESA planują wynieść w przestrzeń trzy statki tworzące obserwatorium fal grawitacyjnych LISA. Źródło: NASA



Francusko-włoski projekt Virgo koło Pisy to olbrzymi interferometr Michelsona o ramionach długości 3 km.  
Źródło: [www.virgo.infn.it](http://www.virgo.infn.it)

zacieśniać. Systematyczne zbliżanie ostatecznie doprowadzi do zlania się obu składników. W ostatnich chwilach przed zlaniem, zwanym również koalescencją, będą wyemitowane fale o największym natężeniu. Właśnie te momenty mają nadzieję uchwycić nasze teleskopy grawitacyjne. Szczegółowy opis ewolucji układu podwójnego znajduje się w „Uranii” nr 6/2002. Przedstawiono tam powstanie układu NS-NS z wyszczególnieniem kolejnych faz ewolucji.

Jednym z czynników wpływających na szansę detekcji sygnału grawitacyjnego jest oczywiście liczliwość układów o powyższym charakterze. Ta z kolei zależy od przebiegu ewolucji gwiazd podwójnych, które stworzą czarne dziury i gwiazdy neutronowe (przykład ewolucji w „Uranii” 6/2002). Jednym z parametrów najsilniej wpływających na zachowanie gwiazd pojedynczych i razem układów podwójnych, które tworzą, jest metaliczność. Ta wielkość przedstawia procentowy skład pierwiastków cięższych od helu do całkowitej masy gwiazdy. Oznaczamy ją literą „Z” i przykładowo dla Słońca  $Z = 2\%$ .

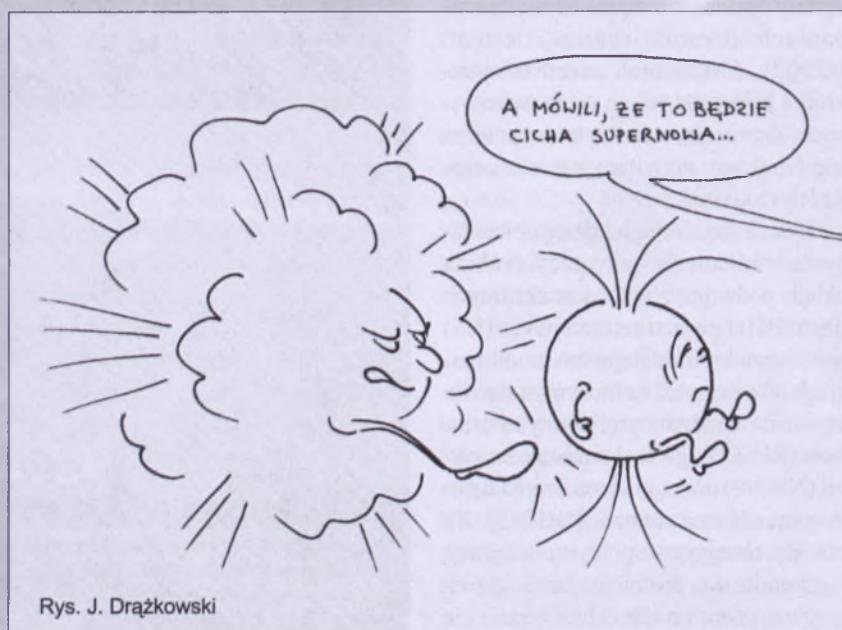
Wpływ metaliczności na gwiazdy może objawić się na wiele sposobów. Najbardziej wyraźnym jest utrata masy w wietrze gwiazdowym. Obecność metali (czyli pierwiastków składających się na liczbę „Z”) zwiększa absorbcję promieniowania pochodzącego z wnętrza gwiazdy. To powoduje, że cząsteczki na powierzchni gwiazdy są rozprzestrzeniane i unoszone w przestrzeni kosmicznej. Te wypływy silnie decydują o masie gwiaz-

dy w trakcie i pod koniec jej przemian. Od tego, jak masywny obiekt otrzymamy pod koniec ewolucji nuklearnej, zależy, jak spektakularnie zakończy on swoje życie. Ten widowiskowy finał to oczywiście wybuch supernowej. Następuje on, gdy reakcje termojądrowe w gwiazdzie ustają i zapada się ona do gwiazdy neutronowej lub czarnej dziury. Kiedy jądro gwiazdy przed wybuchem jest np. cztery czy pięć razy cięższe od naszego Słońca, gwiazda eksploduje pełnią sił. Wyzwolona przy tym energia jest porównywalna z tą wyścieconą przez Słońce w ciągu całego jego życia. Taka siła jest w stanie rozerwać układ podwójny. Odrzuć, którego dozna wybuchający składnik, oraz utrata masy spowodują, że gwiazdy oddalają się od siebie na tyle, aby już nigdy lub przez długi czas się nie zbliżyć. To oznacza, że nie dojdzie do koalescencji, a przynajmniej nie w czasie istnienia Wszechświata. Natomiast gdy jądro jest np. osiem razy cięższe do Słońca, dochodzi do tzw. „cichej supernowej” (z ang. *silent supernova*). Wtedy grawitacja jądra jest na tyle silna, że ściąga z powrotem materię wyrzuconą podczas wybuchu i zapada się do czarnej dziury. Oczywiście są też możliwe pośrednie scenariusze. Metaliczności niższe niż słoneczna sprzyjają supernowom o zmniejszonej sile. To z kolei zwiększa przeżywalność układów podwójnych, a więc również liczbę koalescencji.

Innym istotnym przejawem obecności metali w gwiazdzie są jej rozmiary. Ponownie zwiększoną metaliczność

powoduje, że promieniowanie jest absorbowane przez ciężkie pierwiastki. Ciśnienie wywierane przez fotony „rozmuchuje” gwiazdę. Jednak wraz ze wzrostem jej rozmiarów maleje gęstość. Dzieje się tak do momentu, w którym materia jest na tyle rzadka, że powyższy efekt słabnie i zostaje osiągnięta równowaga. Ten proces jest najlepiej widoczny w fazie ewolucji gwiazdowej zwanej „przerwą Hertzsprunga” (z ang. *Hertzsprung gap*, (HG)). Ten etap następuje tuż po zakończeniu syntez wodoru w jądrze. Na przerwie Hertzsprunga gwiazda o metaliczności słonecznej potrafi zwiększyć swoje rozmiary tysiąckrotnie. Taki sam obiekt o metaliczności dziesięciokrotnie mniejszej — tylko stukrotnie (jak na rysunku). W układzie podwójnym tak gwałtowna ekspansja decyduje o tym, kiedy rosnąca gwiazda znajdzie się w kontakcie z towarzyszem.

Jednym z przejawów takiego kontaktu jest tzw. „wspólna otoczka” (z ang. *common envelope*). Jest to etap, w trakcie którego dochodzi do gwałtownego przelania masy z rosnącej gwiazdy na towarzysza. Efektem tego przepływu jest uwspółnienie zewnętrznych warstw obu gwiazd. Towarzyszy temu zbliżanie się składników układu, a energia orbitalna przekazywana jest otoczce. Zakończenie tego etapu ma kluczowe znaczenie dla przyszłości układu podwójnego. Gdy gwiazda oddająca masę, zwana donorem, ma dobrze wykształconą strukturę jądro-otoczka (oraz dośćcznie dużo energii orbitalnej), odrzuca zewnętrzne warstwy i ewolucja postępuje dalej. Kiedy podział jądro-otoczka jest niewyraźny lub energii orbitalnej jest zbyt mało, może dojść do połączenia obu składników układu w jeden. Przykładowo, gdy składnik przyjmujący masę, zwany akretorem, jest gwiazdą neutronową, otrzymujemy obiekt Thorne-Żytkow. W jego centrum znajduje się gwiazda neutronowa posiadająca otoczke niczym zwyczajna gwiazda. Bez względu na dalsze losy takiego obiektu, jego istnienie przekreśla szansę na dalszą, efektywną emisję fal grawitacyjnych. Na podstawie modeli ewolucyjnych wynioskowano, że gwiazdy, które przechodzą etap wspólnej otoczki na przerwie Hertzsprunga, mogą nie przeżyć go jako układ podwójny ze względu na słabą strukturę jądro-otoczka. Znaczący wzrost rozmiarów gwiazd stwarzony jest dużą metalicz-



Rys. J. Drażkowski

nością sprzyja temu scenariuszowi. W wyniku tego uważa się, że przyszłe źródła fal grawitacyjnych będą wywodzić się z obiektów o metaliczności mniejszej niż słoneczna.

Najnowsze badania nad wpływem metaliczności na ewolucję gwiazd uwzględniają wszystkie powyższe efekty. Wynika z nich, że detekcja fal grawitacyjnych może być w zasięgu naszych możliwości technicznych w przeciągu kilku lat. Najlepiej przedstawia to zawartość tabeli.

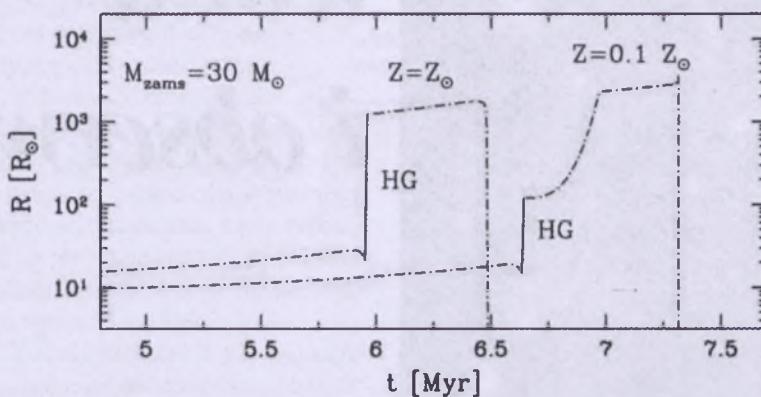
Tu zasięg oznacza dystans, z jakiego teleskop grawitacyjny może zobaczyć sygnał grawitacyjny od podwójnego układu gwiazd neutronowych o masie 1,4 masy Słońca każda. Znak „ $\odot$ ” oznacza wartość wielkości, przy której występuje, taką jak dla Słońca. Zamieszczenie ostatniej kolumny jest uzasadnione wynikiem najnowszych obserwacji dokonanych w ramach projektu SDSS. Zbadano w nich najbliższe nam galaktyki, w których mamy szanse obserwować koalescencje, tzn. takie, które formowały gwiazdy w ciągu ostatniego miliarda lat. Okazuje się, że badane obiekty formują gwiazdy o metaliczności słonecznej i o rząd wielkości mniejszej w proporcji 1:1.

18 Mpc (milionów parseków, 1 parsek  $\approx 3,3$  roku świetlnego) opisuje dostępny zasięg teleskopów grawitacyjnych LIGO. Założymy, że Wszechświat składa się tylko z gwiazd o metaliczności  $Z = 0,1 Z_{\odot}$ . Gdybyśmy dziś chcieli zaobserwować koalescencję układu NS-NS, musielibyśmy czekać 1000 lat, aby uzyskać jedną detekcję.

Bardziej realistyczny przypadek zakłada kompozycję najbliższego otoczenia taką, jak wynika z wyżej wymienionych obserwacji. Wyraźnie widać, że przy dzisiejszych możliwościach obserwacyjnych na pierwszą detekcję musielibyśmy czekać około 17 lat. Gdyby jednak zwiększyć zasięg teleskopu do 45 Mpc (co ma nastąpić w najbliższym czasie), otrzymalibyśmy pierwszą detekcję już po roku obserwacji. Z danych zawartych w przedstawionej tabeli wynika, że z dużym prawdopodobieństwem źródłem byłby układ podwójny czarnych dziur (0,82 detekcji na rok). Swój wkład do detekcji czarne dziury zauważają dwóm czynnikom. Jeden z nich to zwiększoną liczebność w porównaniu do pozostałych typów dla metaliczności  $Z = 0,1 Z_{\odot}$ . Drugim jest

### Przewidywana liczba obserwacyjnych koalescencji w ciągu roku

Zasięg	Typ układu	$Z_{\odot}$	$0,1 Z_{\odot}$	$Z_{\odot} + 0,1 Z_{\odot}$ (50% + 50%)
18 Mpc	NS-NS	0,003	0,001	0,002
	BH-NS	0,00002	0,02	0,01
	BH-BH	0,00005	0,1	0,05
	Łącznie	0,003	0,1	0,06
45 Mpc	NS-NS	0,05	0,01	0,03
	BH-NS	0,0003		0,3 0,15
	BH-BH	0,0007		1,6 0,82
	Łącznie	0,05	1,9	1,0



Na rysunku przedstawiono ewolucję promienia gwiazdy o początkowej masie 30 mas Słońca dla metaliczności słonecznej i rząd wielkości mniejszej. Na pionowej osi zaznaczany jest promień gwiazdy mierzony w promieniach Słońca. Na poziomej osi zaznaczany jest upływ czasu mierzony w milionach lat (Myr). „HG” oznacza ewolucję promienia na przerwie Hertzsprunga. „ $M_{\text{ZAMS}}$ ” oznacza masę gwiazdy na początku Ciagu Głównego Wieku Zeroowego

zwiększenie się masy czarnych dziur przy obniżaniu metaliczności gwiazd, z których powstają. Zauważmy też, że obiekty pochodzące z metaliczności  $Z = 0,1 Z_{\odot}$  dają największy wkład do detekcji.

Te wyniki są następstwem symulacji uwzględniających opisane wyżej mechanizmy wpływu metaliczności na ewolucję gwiazd i formację obiektów, takich jak czarne dziury i gwiazdy neutronowe w układach podwójnych. Nasze zrozumienie przemian zachodzących w gwiazdach nie jest jednak pełne. W miarę odkrywania nowych faktów powyższe wyniki mogą się zmienić, choć trudno przewidzieć, w jakim kierunku. Prace nad usprawnieniem teleskopów grawitacyjnych trwają i jeżeli

stan naszej wiedzy o Wszechświecie nie odbiega zbytnio od rzeczywistości, to możemy spodziewać się pierwszej detekcji w przeciągu kilku lat. Zaobserwowanie fal grawitacyjnych wiążałoby się z dużymi nadziejęmi na przyszłe perspektywy badania Wszechświata. Byłoby również kolejnym potężnym dowodem na słuszność ogólnej teorii względności. Brak detekcji również byłby istotną informacją, gdyż oznaczałby, że został popełniony błąd na poziomie eksperymentu lub nawet samej teorii. To jednak wydaje się mało prawdopodobne, gdyż jak mawiał sam Einstein: ...Moja teoria i tak jest słuszna.

\* Jest to tzw. „synteza populacji”. To metoda oparta na zasadzie Monte Carlo, pozwalająca śledzić ewolucję milionów gwiazd. Umożliwia ona badanie statystycznych właściwości pojedynczych obiektów jak i całych układów.

Autor jest studentem V roku astronomii Uniwersytetu Warszawskiego. Wykonuje swoją pracę magisterską w dziedzinie tu opisanej pod opieką dra Krzysztofa Belczyńskiego

# *Udział RT90 w badaniach kosmologicznych: teoria i obserwacje*

## *Wstęp*

Na przestrzeni ostatnich dwóch dekad, dzięki systematycznie wzrastających czułości odbiorników radiowych i mocy obliczeniowych komputerów, nasz obraz Wszechświata został zrewolucjonizowany. Eksperimentalne badanie Wszechświata stało się rzeczywiście. Spośród być może najbardziej spektakularnych odkryć, które zmieniły jego wizerunek, należy wymienić obserwacje supernowych typu Ia, które pozwoliły ustalić relacje pomiędzy odlegością jasnościową a przesunięciem ku czerwieni w skalach (współporuszającej się) odległości od zera do około 3,3 Gpc ( $z \sim 1$ ) i dostarczyły pierwszych dowodów popierających modele przyspieszającego Wszechświata z niezerowym członem kosmologicznym, czyli formą tzw. ciemnej energii. Ponadto systematycznie wzrastająca czułość pomiarów natężenia i polaryzacji fluktuacji promieniowania reliktowego (CMB), które zawierają ślady pierwotnych kwantowych fluktuacji przestrzeni oraz fizyki wczesnych oddziaływań ciemnej materii, plazmy i promieniowania, pozwoliła na niezależne potwierdzenie wyjaśniającego się u schyłku poprzedniego

wieku nowego modelu kosmologicznego LCDM (*Lambda Cold Dark Matter*), który zastąpił uprzednio faworyzowany płaski model CDM Einsteina-de Sittera lub otwarty model CDM. Pomiary fluktuacji CMB pozwoliły na oszacowanie parametrów kosmologicznych (modelu LCDM i różnych jego modyfikacji), otworzyły nową i bardzo obiecującą drogę testowania fizyki, która wykracza poza standardowe jednorodne i izotropowe rozwiązania równań Einsteina. Bogactwo obecnie dostępnych danych kosmologicznych i ogromna liczba działających i planowanych eksperymentów naukowych również pozwala testować zmodyfikowane modele grawitacji oraz wyznaczać parametry modeli inflacyjnych — jak dotąd najbardziej obiecujących modeli wyjaśniających powstanie pierwotnych fluktuacji gęstości materii o statystycznych własnościach zgodnych z obserwacjami. Stało się również oczywiste, że niezależne pomiary rozkładu przestrzennego galaktyk, skał i amplitudy oscylacji akustycznych w przestrzennym widmie mocy fluktuacji materii, pomiary silnego soczewkowania grawitacyjnego odległych kwasarów, słabego soczewkowania CMB na

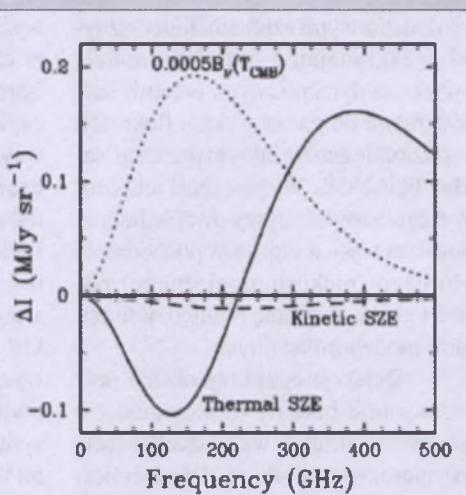
wielkoskalowych strukturach, pomiary tzw. *cosmic shear* (kosmicznego ściania — obserwowanej deformacji kształtu galaktyk poprzez słabe soczewkowanie na wielkoskalowych strukturach), pomiary stosunków i ilości pierwiastków chemicznych wzdłuż linii widzenia do odległych kwazarów, pomiary wielkoskalowych pól prędkości łącznie z teoretycznymi przewidywaniami i numerycznymi simulacjami wspólnie kładą bardzo silne i co najważniejsze zgodne ze sobą oszacowania parametrów kosmologicznych modelu  $\Lambda$ CDM i zbiegają się w ramach błędów wyznaczeń wokół wartości kilkunastu parametrów, które definiują nasz obecny standardowy model kosmologiczny (SM).

Dzięki niezależnym kontrybucjom od tak różnych od siebie metod obserwacji obecnie wiadomo, że na przykład krzywizna obserwowanej części Wszechświata jest bliska零. Wiemy, że zgodnie z SM Wszechświat zawiera dominujący (choć relatywnie od niedawna — od około 3,7 mld lat) składnik o ujemnym ciśnieniu i dodatniej gęstości energii zwany ciemną energią (około 72%), duże ilości słabo oddziałyujących nierelatywistycznych ciężkich cząstek zwanych ciemną materią (DM, około 23%) oraz niewielkie ilości materii

barionowej (około 5%), z której znaczna część (około połowa) istnieje w postaci gorącej plazmy wypełniającej przestrzeń międzygalaktyczną i promieniującą termicznie w zakresie miękkiego promieniowania X. Mimo że model ten dobrze pasuje do większości danych obserwacyjnych (zważywszy na niewielką liczbę wolnych parametrów), wciąż pozostaje marginesy niepewności w zakresie wyznaczenia parametrów wskażujących na konkretny model inflacyjny lub nawet rodzinę modeli. SM otwiera również nowe pytania dotyczące pochodzenia i fizycznych własności poszczególnych składników Wszechświata. Natomiast dane obserwacyjne zawierają cały zestaw intrygujących zbieżności i własności, których wyjaśnienie może wskazywać na problemy w teorii na poziomie bardziej fundamentalnym niż ten, z którego wywodzi się SM.

Obecnie niektóre z największych przedsięwzięć obserwacyjnej kosmologii następnej dekady to:

— Wyznaczenie parametrów kosmologicznych i inflacyjnych z bezpre-

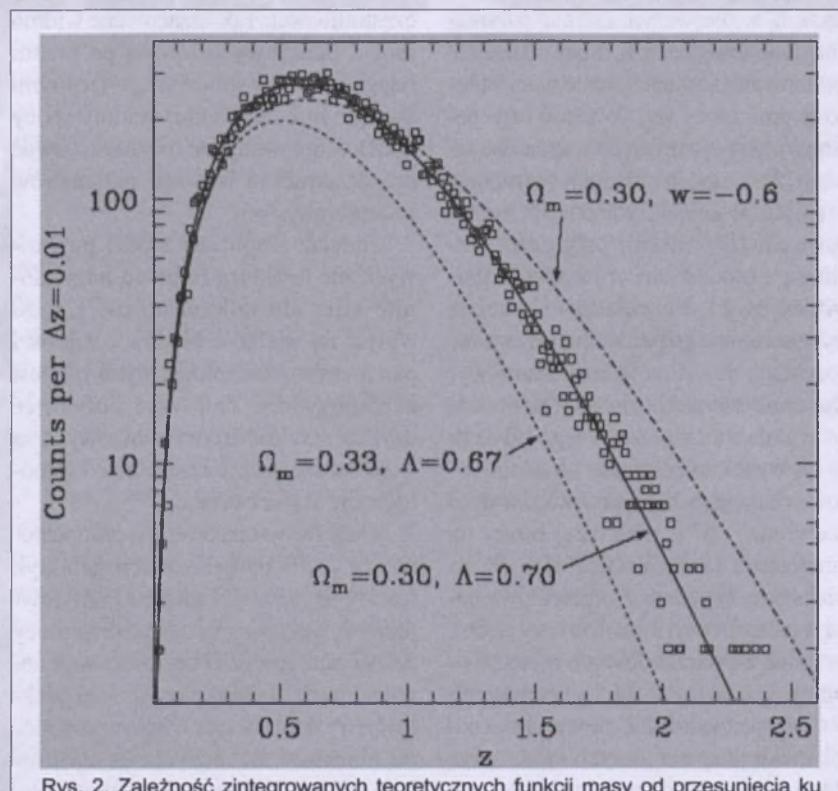


Rys. 1. Porównanie sygnatur widmowych termicznego i kinetycznego efektu S-Z oraz ich wielkości w porównaniu z widmem promieniowania tła

cedensową dokładnością. Poznanie równania stanu DE oraz eksperymentalne potwierdzenie lub odrzucenie, na kosmologicznych skalach odległości zmodyfikowanych modeli grawitacji (Planck, SDSS, DES, wiele szerokich i głębokich przeglądów supernowych, np. SNLS, przeglądy słabego soczewkowania i kosmicznego ściania, przeglądy efektu Sunyaeva-Zeldowicza: APEX-SZ, SPT oraz AMI — zob. dalej).

— Poznawanie fizyki bardzo wcześniego Wszechświata i testowanie modeli inflacyjnych poprzez bezpośrednią detekcję fal grawitacyjnych tła lub pośrednią detekcję tzw. modów B w polaryzacji fluktuacji promieniowania reliktyowego o określonych własnościach kątowego widma mocy. Kosmologiczne tlo fal grawitacyjnych jest typowym przewidywaniem modeli inflacyjnych — jak dotąd jedynych modeli generujących tego typu sygnał — tak więc ich detekcja byłaby bardzo silnym dowodem świadczącym o poprawności tej teorii. Co więcej, pomiar amplitudy modów tensorowych (fal grawitacyjnych) w CMB pozwoli na wyznaczenie typowej skali energii, na której zachodzi inflacja (misja Planck, CMBPol, LISA i rozwijała się BBO).

— Detekcja niegaussowości pierwotnych fluktuacji odbitych w CMB. Podczas gdy standardowe modele inflacji (z jednym polem skalarnym i potęgowym potencjalnym) przewidują niezauważalne odstępstwa od gaussowości, inne modele (np. ze zmodyfikowanymi



Rys. 2. Zależność zintegrowanych teoretycznych funkcji masy od przesunięcia ku czerwieni dla trzech różnych modeli kosmologicznych. Kwadratami zaznaczono dane obserwacyjne

lub dodatkowymi członami kinetycznymi w lagranżjanie pola lub modele z wieloma dynamicznymi polami) dają odstępstwa od gaussowskich fluktuacji na poziomie zauważalnym przez np. satelitę PLANCK. Wyznaczenie amplitudy niegaussowskości, przy uwzględnieniu niegaussowskich sygnałów pochodzenia wtórnego (niekosmologicznego) pozwoli znaleźć różnicę pomiędzy rodzinami modeli inflacyjnych.

Detekcja epoki rejonizacji oraz poznawanie historii formowania się pierwszych struktur we Wszechświecie jest nieroziązanym od dziesięcioleci ważnym problemem w kosmologii. Podczas gdy dane CMB jednoznacznie i z bardzo wysokim prawdopodobieństwem wskazują na istnienie epoki całkowitej jonizacji Wszechświata (oraz podają oszacowanie momentu jonizacji), przyszłe planowane, tomograficzne przeglądy poczerwienionej linii wodoru (21 cm) (LOFAR, SKA) oraz przeglądy na falach milimetrowych i submilimetrowych (ALMA) będą w stanie zaobserwować przebieg jonizacji oraz formowania się pierwszych struktur we Wszechświecie (gwiazd i protogalaktyk).

Każdy z wymienionych celów wymaga dużej liczby niezależnych obserwacji w zakresie od fal radiowych aż po fale X, gdyż w każdej obserwacji oprócz interesujących sygnałów, szum bądź sygnały tła, bądź nakładające się na tło emisje (tzn. pochodzące z mniejszych odległości, np. galaktyczne emisje termiczne, free-free, synchrotronowe, źródła punktowych, wirujących polarnych ziaren, termicznie oscylujących magnetycznie polarnych ziaren oraz rozciągłych nietermicznych emisji wiadomego i niewiadomego pochodzenia) zakłócą interesujący sygnał. Redukcja i analiza kosmologicznych danych obserwacyjnych wymaga więc bardzo zaawansowanych metod statystycznych oraz sporych ilości niezależnych obserwacji.

Planowany, nowoczesny, 90-m radioteleskop (RT90) będzie w stanie zaadresować niektóre z ważnych problemów dzięki dużej zdolności rozdzielczej (duża średnica teleskopu) oraz dużej ilości nowoczesnych i czułych odbiorników. Nowo powstające kompleksowe przeglądy emisji gromad galaktyk (np. poprzez pomiar efektu Sunyaev-Zeldowicza (SZE)) wymagają wielopasmowych obserwacji, które często trudno wykonać na pojedynczym teleskopie ze względu na ograniczoną liczbę systemów odbiorczych. Radioteleskopy ogólnego stosowania następnej generacji (takie jak RT90) będą wielowiązkowymi i wielozadaniowymi systemami pracującymi w zakresie częstotliwości od kilkunastu do kilkudziesięciu GHz.

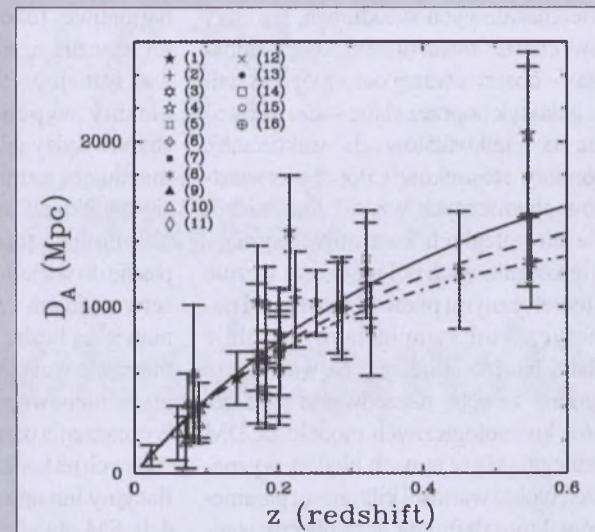
wych obserwacji, które często trudno wykonać na pojedynczym teleskopie ze względu na ograniczoną liczbę systemów odbiorczych. Radioteleskopy ogólnego stosowania następnej generacji (takie jak RT90) będą wielowiązkowymi i wielozadaniowymi systemami pracującymi w zakresie częstotliwości od kilkunastu do kilkudziesięciu GHz.

### Kosmologia z RT90: teoria

#### Emisja słabych źródeł punktowych

Kosmologiczna interpretacja zrekonstruowanego kątowego widma mocy fluktuacji CMB jest obarczona błędem, jeśli moc od słabych źródeł punktowych nie jest uwzględniona. Ponieważ chodzi o słabe radioźródła, które są mniejsze niż wiązka teleskopu, jedyna metoda ich uwzględnienia to statystyczna ocena mocy sygnału. Ponieważ źródła punktowe dodają mocy na małych skalach kątowych bardziej niż na dużych skalach, w pierwszym rzędzie parametrem kosmologicznym, który będzie źle oszacowany, jest nachylenie pierwotnego widma mocy ( $n_s$ ). Wartość tego parametru jest niezmiernie ważna dla selekcji klasy modeli inflacyjnych (modele o małych polach, dużych polach, hybrydowe modele inflacji) przy danej amplitudzie modów tensorowych (fal grawitacyjnych). Przykładowo, obecne wyznaczenia tego parametru jeszcze nie pozwalają nawet na jednoznaczne wykluczenie widma Harrisona-Zeldowicza — widma mocy niezależnego od skali — na wysokim poziomie ufności, aczkolwiek dane wskazują na tzw. „widmo czerwone”, tj. o mniejszej mocy na mniejszych skalach odległości niż na większych (zgodnie z przewidywaniami standardowych modeli inflacyjnych).

Jedną ze standardowych metod wyznaczenia mocy źródeł punktowych w CMB jest założenie pewnej zależności spektralnej dla jasnych źródeł oraz eksperymentalne oszacowanie wolnych parametrów (typowo strome widmo potęgowe temperatury antenowej o indek-



Rys. 3. Zależność odległości kątowej od przesunięcia ku czerwieni dla różnych modeli kosmologicznych, z naniesionymi danymi obserwacyjnymi

sie widmowym  $\sim -2$ ) a następnie założenie takiego samego widma dla źródeł słabych i dokonanie marginalizacji po składniku, który jest niezależny od częstotliwości, czyli po widmie mocy fluktuacji CMB. Ponieważ widmo mocy źródeł punktowych jest płaskie w zależności od rozmiarów kątowych (biały szum o znikomej kowariancji), jest ono zdefiniowane w ramach założonego modelu pojedynczą liczbą — amplitudą widma mocy dla danej referencyjnej częstotliwości. Tak oszacowane widmo źródeł punktowych można po prostu odjąć od zrekonstruowanego (różnymi dostępnymi metodami) widma mocy CMB, które następnie można stosować do oszacowania wartości parametrów kosmologicznych.

Chociaż amplituda źródeł punktowych nie jest duża (typowo na poziomie kilku do kilkunastu  $\mu\text{K}^2$ ), jego wpływ na wielkość błędów i wartości parametrów kosmologicznych nie jest zaniedbywany. Założenia dotyczące użytego modelu źródeł punktowych są więc bardzo ważne i mają swą kosmologiczne konsekwencje.

Rozległa dystorsja widma promieniowania CMB na gromadach galaktyk (efekt Sunyaeva-Zeldowicza (SZ)) również ma wpływ na kształt widma mocy źródeł punktowych (użyto typowej nomenklatury „widmo mocy źródeł punktowych”, które włącza wpływ również od obiektów rozciągłych — klastrów galaktyk). Kątowe widmo tego typu emisji nie jest już widmem płaskim, ma rozległe maksimum na skalach kąto-

wych kilku minut łuku. Amplituda fluktuacji generowanych przez SZ przewyższa amplitudę fluktuacji CMB właśnie na tych skalach kątowych. Systematyczne katalogowanie gromad SZ oraz źródeł tła w tych samych gromadach galaktyk jest również bardzo istotne dla niezależnego i niezawodnego wyznaczania parametrów kosmologicznych, poznania własności fizycznych gromad oraz kalibracji modeli formowania się struktur we Wszechświecie.

### Parametry kosmologiczne, powstawanie struktur i fizyka gromad galaktyk

W nierelatywistycznym przybliżeniu termiczny efekt SZ (SZE) obserwowany w CMB jest proporcjonalny do iloczynu tzw. parametru komptonizacji ( $y$ ) oraz funkcji definiującej zależność widmową  $f_v(x)$ :

$$\frac{\Delta T_{SZE}}{T_{CMB}} = f_v(x)y = f(x) \int n_e \frac{k_B T_e}{m_e c^2} \sigma_T dl$$

gdzie  $f(x) = x(\coth(x/2) - 4)$ ,  $x = h\nu/(k_B T_{CMB})$ ,  $h$  — stała Plancka,  $\nu$  — częstotliwość,  $k_B$  — stała Boltzmiana,  $T_{CMB}$  — temperatura CMB,  $\sigma_T$  — przekrój czynny na rozpraszanie Thomsona,  $m_e$  — masa elektronu. Ponieważ parametr  $y$  jest całką wzdłuż linii widzenia z gęstością elektronów  $n_e$  w gromadzie galaktyk oraz temperatury gazu  $T_e$ , mapowanie SZE stwarza możliwość pomiaru masy barionowej w gromadach galaktyk oraz rzutowanego profilu gęstości. Obecnie obie wielkości są słabo oszacowane eksperymentalnie.

Wiadomo również, że  $C_l^{SZ}$  (widmo mocy SZE) przy pewnych założeniach dotyczących modelu gromady jest bardzo czułą funkcją amplitudy fluktuacji materii  $\sigma_8$  (w skalach  $8\text{Mpc h}^{-1}$ ) oraz gęstości materii barionowej ( $C_l^{SZ} \sim \sigma_8^2 \Omega_b h^2$ ), gdzie  $h$  jest sparametryzowana stałą Hubble'a spełniającą zależność  $H_0 = 100 h \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ .

Ponieważ z teoretycznego punktu widzenia  $C_l^{SZ}$  zależy od funkcji masy gromad galaktyk  $dn(M,z)/dM$ , pomiary widma SZ oraz katalogi gromad galaktyk wykrytych metodą SZE pozwolą na oszacowanie kształtu funkcji masy i jej zależności od przesunięcia ku czerwieni. Funkcja masy jest nie tylko kluczem do normalizacji widma mocy fluktuacji materii (na odpowiadających skalach długości) i gęstości materii barionowej, lecz także pozwala na zmierzenie dyna-

micznej historii Wszechświata (w tym dynamiki DE i ewolucji parametrów równania stanu ( $w$  i  $w'$ ) (rys. 2)). Oszacowano, że dokładność wyznaczenia wspomnianych parametrów kosmologicznych z przeglądów SZE będzie porównywalna z dokładnością uzyskiwaną z innych obecnie dostępnych danych obserwacyjnych (CMB, SNIA, BAO, LSS i inne).

Inną ciekawą możliwość stwarzającą obserwacje strumieni SZE w połączeniu z obserwacjami strumieni od gromad galaktyk w zakresie X. Ponieważ strumienie te mają inną zależność od gęstości elektronów gazu gromadowego (liniową i kwadratową odpowiednio), stwarza to możliwość wyznaczenia „odległości rozmiarów kątowych” do gromady w oparciu o temperaturę gazu oraz rozmiary kątowe gromady (rys. 3). W połączeniu z pomiarami jej przesunięcia ku czerwieni, można wyznaczyć stałą Hubble'a w sposób niezależny od innych metod (np. SNIA). Porównanie kształtu teoretycznej zależności odległości kątowej z pomierzonymi wartościami umożliwia natomiast wyznaczenie wartości podstawowych parametrów kosmologicznych, od których zależy odległość rozmiarów kątowych.

Obecnie pracuje wiele dedykowanych teleskopów „budujących” katalogi SZE (jak np. SPT, ATC) na obiektach katalogowanych niezależnie przez inne przeglądy (np. DES) tak, by uzyskać informację o fotometrycznych przesunięciach ku czerwieni dla badanych gromad galaktyk.

Systematyczny ślepy przegląd lub dedykowane przeglądy wykonane przez RT90, którego czułość będzie porównywalna z czułością SPT (i lepsza od czułości satelity WMAP) w paśmie niskich częstotliwości (L, K, Ka) staną się cennym źródłem danych kosmologicznych, jeśli będą koincydować z pomiarami przesunięcia ku czerwieni, dokonanych np. w przeglądzie SDSS.

### Niegaussowskie fluktuacje z gromad galaktyk

Na przestrzeni ostatnich lat stało się jasne, że pomiary pierwotnej niegaussowości (NG) będą silnym narzędziem do wyróżnienia prawidłowych modeli inflacyjnych i w konsekwencji lepszego określenia teorii wyjaśniającej powstawanie pierwotnych fluktuacji materii. Jak dotąd najlepsze oszacowania

NG pochodzą z danych CMB. W przyszłości przewiduje się, że również silne ograniczenia przyjdą ze strony badań tomograficznych przestrzennego rozkładu poczerwienionej linii wodoru, z mapą satelity PLANCK, jak również zliczeń najmasywniejszych gromad galaktyk na dużych przesunięciach ku czerwieni ( $z > 2$ ).

Galaktyczne i pozagalaktyczne emisje (o których była mowa wcześniej) oczywiście nakładają się na mapy CMB i są one niegaussowskie. Szereg wtórnego anizotropii CMB, do których zalicza się również SZE, również generuje NG sygnały. Wszelka analiza mająca na celu wyznaczenie pierwotnej NG musi uwzględniać rodzaj i amplitudę NG sygnałów pochodzenia niekosmologicznego. Kompleksowa analiza NG od gromad galaktyk i źródeł punktowych z punktu widzenia przyszłych przeglądów SZ może być istotna dla wyznaczania poprawnej amplitudy pierwotnej NG.

Oprócz katalogowania gromad SZ, istotne dla takich analiz będą symulacje numeryczne N-ciały oraz symulacje grzania ośrodków międzygalaktycznego celem stworzenia symulowanych map parametru komptonizacji oraz w konsekwencji symulacji termicznego SZE. Statystyczna analiza gaussowości tak uzyskanych map będzie wymagać również implementacji odpowiednich symulacji map CMB z kontrolowaną amplitudą pierwotnych NG (generowanych w ramach danej klasy modeli inflacyjnych). Obecnie w Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (CA UMK) są prowadzone prace nad rozwojem odpowiedniego kodu do generacji takich symulacji.

### Obserwacje

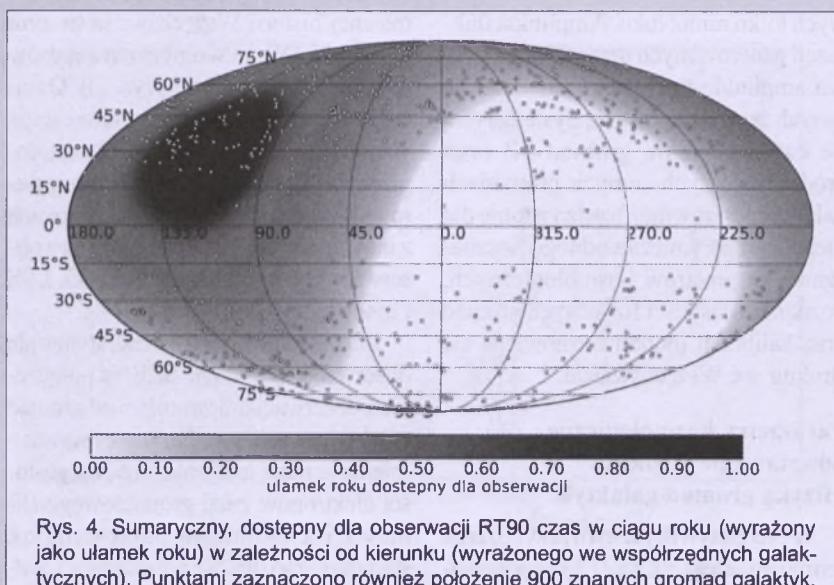
#### Przegląd źródeł punktowych na centymetrowych długościach fal

Nowe, masowe przeglądy nieba umożliwiają utworzenie katalogu punktowych radioźródeł przy wysokim limicie czułości (na poziomie kilku mJy) w pasmach L, K i Ka (pokrywających zakres częstotliwości od kilku do kilkudziesięciu GHz), skalibrowanie modeli populacji radioźródeł, wyznaczenie indeksów widmowych i w konsekwencji oszacowanie ich wpływu na wyznaczanie parametrów kosmologicznych.

Znaczna większość źródeł punktowych wykrytych przez satelitę WMAP

to źródła o strumieniu niezależnym od częstotliwości:  $S \sim \nu^{\alpha}$ ,  $\alpha \sim 0$ . Zdecydowana większość z nich to emisja od kwasarów (70%). Na drugim miejscu emisja radiogalaktyk i AGN-ów (20%), pozostałe źródła to obiekty typu BL Lac i sporadycznie mgławice planetarne. Katalog wykrytych źródeł punktowych zawiera obiekty różnych populacji, w większości o płaskim widmie. Jednakże są również obiekty o stromym, odwróconym widmie bądź obiekty typu GPS (z maksimum emisji na częstościach kilkunastu GHz) czy też obiekty posiadające kombinację widm stromych (na niskich częstościach) z płaskimi i odwróconymi widmami na wyższych częstościach. W celu wyznaczenia widma mocy źródeł punktowych poniżej progu detekcji można założyć model emisji (jak opisano wcześniej) lub model populacji radioźródeł (opisujący oczekiwany liczbę radioźródeł w danym przedziale strumienia) i skalibrować go obserwacjami z różnych częstotliwości. Katalog radioźródeł na częstościach kilkunastu GHz pozwoliłby połączyć te obserwacje z istniejącymi przeglądami na niższych częstościach i uzupełnić modele emisji od poszczególnych populacji radioźródeł. Wielowiązkowy system RT90 pozwoli na szybkie i efektywne tworzenie takiego katalogu.

Istotnym zadaniem obserwacyjnym byłoby poszukiwanie radioźródeł punktowych w polach gromad galaktyk. Badania tego rodzaju będą kluczowe dla redukcji błędów systematycznych wprowadzanych przez zmniejszenie obserwowanego strumienia SZ na gromadzie, co przenosi się na błędy systematyczne wyznaczania np. parametrów kosmologicznych z relacji „odległość rozmiarów



Rys. 4. Sumaryczny, dostępny dla obserwacji RT90 czas w ciągu roku (wyrażony jako ulamek roku) w zależności od kierunku (wyrażonego we współrzędnych galaktycznych). Punktami zaznaczono również położenie 900 znanych gromad galaktyk. (Założono ograniczenie obserwowałości danego źródła tylko dla momentów, gdy znajduje się ono powyżej 30 stopni od horyzontu i w odległości zenitalnej powyżej 10 stopni)

kątowych — przesunięcie ku czerwieni” (zob. poprzedni rozdział). Analiza kosmologiczna w oparciu o nowy przegląd radiowy najpewniej wymagałaby implementacji zaawansowanych algorytmów, metod Monte-Carlo-Markov-Chain, dla celów całkowania wielowymiarowych powierzchni rozkładów prawdopodobieństwa — standardowych technik wyznaczania parametrów. Metody te są obecnie dobrze ugruntowane i sprawdzone oraz stosowane w codziennej praktyce analizy danych kosmologicznych.

#### Katalog gromad galaktyk z SZE

Z planowaną czułością RT90 (około  $0,23 \text{ mK s}^{-1/2}$ ) i wielowiązkowym systemem powinno być możliwe efektywne poszukiwanie nowych gromad galaktyk w polach kilkudziesięciu stopni kwadratowych, metodą pomiaru SZE na częstościach pomiędzy 5—22 GHz. RT90 powiekszyłby tym samym katalogi budowane przez dedykowane teleskopy, takie jak SPT, ACT, AMI, APEX-SZ i inne. Ślepy przegląd kilkudziesięciu stopni kwadratowych w rozdzielcości poniżej minuty kątowej powinien dostarczyć detekcji dziesiątek, jeśli nie setek nowych gromad galaktyk. Obserwacje wybranej grupy gromad skatalogowanych przez przegląd, np. SDSS (rys. 4) były bezpośrednio użyteczny dla kosmologii. Przy rozdzielcości  $0,5'$  kątowej gromada galaktyk o fizycznych rozmiarach rzędu 180 kpc na przesunięciu ku czerwieni odpowiada-

jącym minimalnym możliwym rozmiarom kątowym (w standardowej kosmologii)  $z = 1,5$ , stanowiłby jeden radiowy piksel, jednakże większe gromady galaktyk i położone bliżej nadawałyby się do bezpośredniego mapowania metodą SZE. Przykładowo, słynna gromada Poćisk (*Bullet cluster*, niedostępna dla RT90 z powodu położenia geograficznego) o  $z = 0,3$  składałaby się z kilku radiowych pikseli. Analiza kosmologiczna danych z gromad SZ wymagać będzie szczegółowych symulacji numerycznych SZE, populacji źródeł punktowych, a także sygnałów nakładających się i generowanych w zmiennych warunkach atmosferycznych. Byłoby to znakomite połączenie prac teoretycznych z wynikami nowoczesnych technik obserwacji. Obecnie w CA UMK trwają prace nad rozbudową dedykowanego oprogramowania służącemu planowaniu takich przeglądów, generowaniu odpowiednich symulacji oraz kompleksowej redukcji danych obserwacyjnych.

\* \* \*

Niektóre ilustracje pochodzą z pracy John E. Carlstrom (Annu. Rev. Astron. Astrophys. 2002. 40:643–80).

*Autor jest doktorantem astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na kosmologii, a w szczególności na kształcie i początkowych etapach życia Wszechświata*

## NA ROZKŁADÓWCE

### Pyłowe słupy mgławicy w Kiliu

Obraz opublikowany w kwietniu 2010 r. przez NASA dla uczczenia dwudziestej rocznicy misji teleskopu kosmicznego Hubble'a. Pyłowo-gazowe kosmiczne słupy są rozświetlane i niszczone przez powstające w nich gorące gwiazdy. U szczytu obu słupów widać imponujące dżety tworzone przez nowo powstające gwiazdy (obiektu Herbiga-Haro).

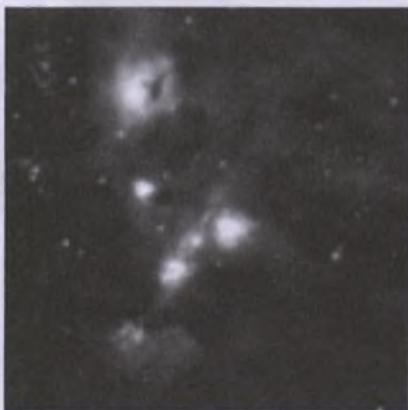
Źródło: NASA/ESA, STScI

## Herschel odkrył dziurę w Kosmosie

11 maja satelita Herschel Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) badający Wszechświat w podczerwieni dokonał nieoczekiwanej odkrycia. Zaobserwowana została dziura w Kosmosie, w bliskim otoczeniu miejsca, gdzie rodzą się nowe gwiazdy. Do tej pory nie było obserwacji, które dałyby tak wyrazisty wgląd w końcową fazę formowania się gwiazd.

Dzięki satelitie Herschel gwiazdy, które powstają w gęstych obłokach gazu i pyłu, mogą być teraz bardzo dokładnie badane. W przypadku młodych gwiazd często obserwuje się strugi oraz silne wywiewanie materii na zewnątrz, które oddziałuje na bliskie sąsiadztwo. Jednakże w jaki sposób młode gwiazdy rozmuchują i wyplątają się z obłoku, w którym powstały, było tajemnicą. Nadarzyła się nieoczekiwana okazja, aby przyrzyć się znacznie bliżej procesom towarzyszącym powstawaniu nowych gwiazd w oparciu o odkrycie Herschela.

**Odkryta dziura**, jawiąca się jako czarna plama, znajduje się w mgławicy refleksyjnej NGC1999 w gwiazdozbiorze Oriona, oddalonej od nas o 1500 lat św. Wiele takich plam jest znanych i uważa się je za gęste obszary pyłu i gazu, które blokują promieniowanie przez nie przechodzące, ale w przypadku tej jest inaczej. Herschel prowadził obserwacje pobliskich młodych gwiazd i natknął się na obszar wy-



NGC 1999 to jasna mgławica (u góry zdjęcia). Do niedawna widoczna na jej tle ciemna plama była uważana za gęsty, nie przepuszczający promieniowania obłok pyłowy. Obserwacje teleskopem Herschela pokazyły, że to... dziura w mgławicy! Zdjęcie jest złożeniem obserwacji instrumentu PACS satelity Herschel (70 i 160 mikrometrów) oraz kamery NEWFIRM (1,6 i 2,2 mikrometrów) umieszczonej na 4-metrowym teleskopie na Kitt Peak, USA.

Źródło: ESA/HOPS Consortium

glądarką jak czarna plama. Aparatura satelity jest doskonale przystosowana do badania takiego rodzaju gęstych, ciemnych obłoków. Coś jednak było nie tak — czy czarna plama jest aż tak niespotykane gęsta, czy mamy problem z instrumentami satelity?

Zaangażowano naziemne teleskopy, które potwierdziły obecność czarnej plamy. Co więcej, okazało się, że nie jest to wyjątkowo gęsty obszar, ale wręcz przeciwnie — zupełnie pusty! Musiał wystąpić jakiś proces, który wydmuchał dziurę w obłoku. Nikt do tej pory nie zaobserwował takiego pustego regionu w bezpośrednim otoczeniu młodych gwiazd.

Astronomowie uważają, że taka dziura może powstać dzięki wąskiej strudze gazu wyrzucanej przez małe gwiazdy, która przebiją tafłę gazu i pyłu rodzinnej mgławicy NGC1999. Dodatkowo silne promieniowanie pobliskich starszych gwiazd również może wspomóc wydmuchiwanie dziury w obłoku. Odkrycie dokonane przez Herschela z pewnością dostarczy niezwykle interesujących a dotychczas ograniczonych informacji o procesach zachodzących w regionach, gdzie tworzą się nowe gwiazdy.

Wojciech Jurusik

Źródło: [www.esa.int](http://www.esa.int)

## Uczeni badają zderzenia galaktyk

Naukowcy z Naval Research Laboratory (NRL) rozwiązały długotrwały problem dotyczący masy galaktyk biorących udział w zderzeniu, które świecą bardzo jasno w podczerwieni. Celem rozwiązania tego problemu Barry Rothberg i Jacqueline Fischer wykorzystali dane pochodzące z 8-metrowego teleskopu Gemini-South w Chile, a także wcześniej uzyskane wyniki z 10-metrowego W. M. Keck-2, 2,2-metrowego teleskopu Uniwersytetu na Hawajach oraz dane archiwalne z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a.

We Wszechświecie wyróżniamy dwa główne typy galaktyk: spiralne, jak np. nasza Droga Mleczna, oraz eliptyczne, w których gwiazdy poruszają się po przypadkowych orbitach. Największe galaktyki w Kosmosie posiadają eliptyczny kształt, dlatego też poznanie ich historii stanowi klucz do zrozumienia ewolucji Wszechświata trwającej blisko 15 mld lat. Obowiązująca od dłuższego czasu teoria zakłada, że większość galaktyk eliptycznych powstała w wyniku zderzenia, a później zlewania galaktyk spiralnych. Zawierają one znaczne ilości



NGC 1614 — oddziałująca galaktyka, obraz z teleskopu Hubble'a. NGC 1614 znajduje się 200 mln lat św. od nas w gwiazdozbiorze Erydanu. Źródło: NASA/ESA/Hubble Heritage (STScI/AURA)

chłodnego wodoru. W momencie kiedy dochodzi do zderzenia, piękna struktura spiralna zostaje zniszczona, a chłodny gaz zamienia się w małe gwiazdy oraz duże ilości pyłu. Pył podgrzewany przez małe gwiazdy wypromieniuje energię w zakresie fal podczerwonych.

Do niedawna uczeni uważali, że masa tych jasno świecących w podczerwieni galaktyk, które biorą udział w zderzeniu, jest niewystarczająca, aby mogły stać się prekursorem masywnej galaktyki eliptycznej. Konwencjonalna metoda wyznaczania masy tych obiektów opierała się na pomiarach wykonanych w bliskiej podczerwieni, ponieważ to światło łatwo przenika przez pył i pozwala zmierzyć przypadkowe ruchy starych gwiazd. Im bardziej przypadkowe ruchy, tym większa masa.

Gdy galaktyki spiralne się zderzają, z ich chłodnego gazu powstaje centralny wirujący dysk, w którym rodzą się nowe gwiazdy. Przyjmują one blaskiem w bliskiej podczerwieni swoje stare siostry i dlatego wydaje się, że stare gwiazdy mają mniejsze ruchy przypadkowe. Rothberg i Fischer wpadli na inny pomysł i zamiast tego obserwowały przypadkowe ruchy starych gwiazd na krótkich falach, tam gdzie pył skutecznie blokuje światło pochodzące z młodych gwiazd. Ich najnowsze wyniki pokazały, że stare gwiazdy w galaktykach, biorących udział w zderzeniu, posiadają duże ruchy przypadkowe, a to oznacza, że później obiekt ten może stać się masywną galaktyką eliptyczną.

Hubert Siejkowski

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

# Astronomia w Starożytnym Egipcie



Słynny motyw odnoszący się do zatmienia Słońca w powieści B. Prusa *Faraon* znamionuje kilka ciekawych cech. Jedną z nich jest niewątpliwie XIX-wieczne przeświadczenie dotyczące potęgi astronomicznej wiedzy w Starożytnym Egipcie, co poniekąd wynika z tradycji odnoszącej się do czasów Starożytnej Grecji i fascynacji antycznych Greków intelektualną potęgą Egiptu. Współczesna nauka wyklucza taką umiejętność. Starożytni Egipcjanie nie potrafili przewidywać zaćmień słonecznych

**S**tarożytny Egipt jednoznacznie kojarzy się nam z wielką cywilizacją, charakteryzującą się m.in. wspaniałą, monumentalną architekturą sakralną, uzupełniającą potęgę zarówno polityczną, jak i intelektualną mieszkańców nad Nilu, czy to w okresie Starego, Średniego, czy Nowego Państwa. Intelektualny potencjał Egiptu doby farańskiej objawia się nie tylko poprzez liczne zabytki kultury materialnej, ale także fascynuje umysłowymi osiągnięciami, do których zaliczyć możemy niewątpliwie ówczesną astronomię i astrologię, silnie zakorzenioną w religijnej rzeczywistości.

Największy rozwój badań nad zjawiskami astronomicznymi w Egipcie przypada bez wątpienia na okres hellenistyczny, tj. na czasy panowania dynastii Lagidów, i na okres supremacji rzymskiej, stanowiąc w tym kontekście spuściznę badań i obserwacji podejmowanych w hellenistycznej Aleksandrii, ówczesnym intelektualnym centrum świata, rozwijającym się pod mecenatem pierwszych Lagidów, którzy nie szczędzili środków na rozwój Musejoni<sup>1</sup>, tj. instytucji kosmopolitycznej,

z nazwy poświęconej muzom, boskim patronkom sztuki, która de facto stano-wiła instytucję badawczą, połączoną z jedną z największych wówczas bibliotek<sup>2</sup>.

Właśnie z tym miejscem są kojarzone prace związane z ówczesną, przedteleskopową astronomią genialnego Arystracha z Samos, który głosił, że Słońce jest nieruchome, natomiast Ziemia obraca się wokół niego po obwodzie koła, czy również genialnego matematyka i astronoma, rodaka Arystracha — Konona, czy prace wybitnego matematyka Apolloniusa z Perge.

Jednakże zainteresowanie nieboskłonem, zarówno dziennym, jak i nocnym, towarzyszyło Egipcjanom już na długo przed podbojem ich kraju przez Aleksandra III Makedońskiego, w swym pełnym triumfu pochodzie.

Aby przedstawić problem astronomii w Starożytnym Egipcie, nieco miejsca należy poświęcić matematyce, która oprócz nauki pisania i czytania stano-wiła kluczowy przedmiot w ówczesnych

<sup>1</sup> Znaleziska archeologiczne informujące nas o Musejoni (Muzeum) czy Bibliotece mają głównie charakter pośredni, zob. m.in. J.Y. Empereur, *Alexandria Rediscovered*, London 1998; B. Tka-czow, *Topography of Ancient Alexandria (An Ar- chaeological Map)*, Warszawa 1993.

<sup>2</sup> P.M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, Oxford 1972, 327; W.M. Ellis, *Ptolemy of Egypt*, London 1994, s. 54; A. Couat, *Alexandrian Poetry under the First Three Ptolemies 324–222 B.C.*, transl. J. Loeb, London 1931, s. 10 i; A.B. Lloyd, *The Ptolemaic Period (332–30 BC)*, [in] ed. I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*, Oxford 2003, s. 400; zob. również, ed. Chr. Jacob, F. De Polignac, *Alexandria, Third Century BC*, Alexandria, 2000.

szkołach, rozwijających się od okresu Średniego Państwa (2055—1650).

Nasza współczesna wiedza odnosząca się do tego zagadnienia bazuje w większości na materiale piśmiennym, tj. źródłach papirologicznych i innych artefaktach związanych z ówczesną ekonomią, szczególnie ukierunkowaną na kwestie związane z rozliczaniem przychodów i rozchodów m.in. świątyń. Dzięki wielu dokumentom administracyjnym jesteśmy w stanie prześledzić historię biurokracji, sięgającą III tysiąclecia przed Chr.

Egiptowska matematyka, będąc w głównej mierze ważną dziedziną administracji arytmetycznej, nie stawała sobie za cel abstrakcyjnych wyliczeń, pozostających w oderwaniu od ówczesnych realiów społeczno-gospodarczych, tym samym nie wypracowała odrębnych metod obliczeń astronomicznych<sup>3</sup>. Jedną z cech staroegipskiej matematyki było niezapisywanie ułamków, z wyjątkiem  $\frac{2}{3}$ , z licznikiem większym niż 1. Fakt ten nieco utrudnia współczesnym badaczom odczytywanie wartości liczbowych, i tak:  $\frac{3}{4}$  zapisywano jako  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ ;  $\frac{6}{7}$  jako  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{14} + \frac{1}{28}$ . Choć zapis ten wydaje się nam niewygodny i nieco anachroniczny, to należy podkreślić, iż egipscy pisarze posługiwali się nim niezwykle sprawnie<sup>4</sup>, tworząc nieraz długie ciągi liczbowe. Należy również zauważać, iż użytkownicy takiego systemu nie musieli znać podstaw mnożenia, jedynie należało znać wielkości uzyskiwane przez pomnożenie każdej liczby przez dwa, co w sumie stanowi dość ciekawą i innowacyjną technikę.

W Starożytnym Egipcie, jak łatwo się domyśleć, obowiązywał dziesiątkowy system liczenia; każda z pierwszych siedmiu potęg miała osobny znak: 1, 10, 100, 1000 itd. Co interesujące, nie istniał znak określający wartość zerową! Gdy chciano ją wyrazić, pozostawiano wówczas puste miejsce. Zapisując jakąś wartość — cyfrę, zaczynano od najwyższej rzędu, np. od rzędu tysięcy, kolejno rząd setek i dziesiątek, i na koniec jedności.

Egipcjanie mieli również istotne dokonania na polu geometrii, bowiem bar-



Współczesna Aleksandria. W okresie hellenistycznym to miasto stanowiło centrum intelektualne ówczesnego świata, tu rozwijała się m.in. astronomia. Fot. autor

dzo wcześnie zastosowano zasadę obliczania powierzchni koła za pomocą długości średnicy i ustaloną przybliżoną wartość  $\pi$  równą 3,16. Znamy również konkretne matematyczne zadania związane z obliczeniem ciężaru obiektu kamiennego, np. obelisku. Ponadto istniały zadania stawiające sobie za cel wyznaczenie objętości jakiejś figury geometrycznej czy obliczenia pola, co wiązało się zarówno z architekturą, jak i stawało się nieodzowne przy podziale gruntów uprawnych.

Egipcjanie przez długi okres czasu prowadzili przeróżne operacje gospodarcze, działając w ramach systemu niemonetarnego, co wiązało się m.in. z większą, bezpośrednią stycznością z prawdziwymi dobrami materialnymi, zdecydowanie szerszą niż ówczesnie, co miało również wpływ na ówczesne pojmowanie matematyki. Realia przeliczania i ważenia ilustrują nam w znakomity sposób m.in. wyobrażenia z grobów Starego, jak i Średniego Państwa.

Z powyższego dość skrótnego zarysu starożytnej matematyki kraju nad Nillem jednoznacznie możemy wnioskować, iż cywilizacja ta rozwinięła świetnie sztukę opisywania rzeczywistości za pomocą miar liczbowych, mając również wyobraźnię przestrzenną, znając także podstawy, jak dziś byśmy to nazwali, mechaniki i fizyki. By to sobie uświadomić, wystarczy choćby wymienić niezwykły twór architektoniczny występujący w największej z piramid na płaskowyżu Giza, tj. w piramidzie Chu-fu (Che-

opsa) i znajdującej się tam tzw. wielkiej galerii, czy właśnie monumentalność samej piramidy.

Co ciekawe, na gruncie astronomii — obserwacji nieba i ciał niebieskich, Egipcjanie nie dokonali jakiegoś ogromnego postępu, a sama ówczesna fascynacja niebem niewątpliwie nie może poszczycić się takimi osiągnięciami, jak choćby w Babilonii. To właśnie Babilończycy, wyznaczony przez Egipcjan rok liczący 365 dni podzielili na miesiące i tygodnie, wprowadzając także podział na doby, godziny i minuty. To również mieszkańców tego obszaru prowadzili stałe obserwacje zjawisk niebieskich i sporządzali z nich dokładne sprawozdania. Wystarczy tu nadmienić choćby o odnalezieniu w 1849 r. przez brytyjskiego archeologa w ówczesnej stolicy, Niniwie, szeregu raportów astronomicznych sporządzanych co dwa tygodnie, a pochodzących z biblioteki władcy Aszurbanipala.

Babilończycy umieli dokładnie wyznaczyć drogi pięciu planet, mogli również przewidzieć wiele zjawisk astronomicznych związanych z Księżycem i Słońcem.

W jednym z najpopularniejszych zbiorów, zajmujących siedemdziesiąt tabliczek, noszącym tytuł *Enuma Anu Enlil*<sup>5</sup>, znajdowały się wróżby związane z Księżycem, jego wyglądem, oraz inne spostrzeżenia oparte na obserwacji planet i gwiazd, a także i wiele odwołań do zjawisk atmosferycznych, m.in. błyśkawic czy chmur.

<sup>3</sup> O. Neugebauer, *The History of Ancient Astronomy Problems and Methods*, JNE 4, No. 1 (1945), s. 4.

<sup>4</sup> B.J. Kemp, *Starożytny Egipt. Anatomia Cywilizacji*, Warszawa 2009, s. 200.

<sup>5</sup> H. Hunger, D.E. Pingree, *Astral sciences in Mesopotamia*, Leiden 1999, s. 12 i n.

Takie podejście Egipcjan do świata obserwacji ciał niebieskich należy upatrywać w praktycznej potrzebie poznania, często ściśle powiązanej z religią i rytuałem, stąd też nie było istotne formułowanie wyników dociekań „astronomicznych” w postaci teoretycznych praw naukowych<sup>6</sup>.

W tym miejscu dochodzimy do istoty egipskiej astronomii; jej celem było bowiem określenie podziału czasu, co wiązało się żywotną potrzebą zarówno samego dworu, jak i aparatu gospodarczego, stając się ważnym elementem powiązanym z ówczesną religijnością. Astronomiczną podstawą w określeniu miesięcy były obserwacje faz Księżyca. Z racji niedokładności takiego kalendarza<sup>7</sup> zwrócono uwagę na powtarzający się z dużą regularnością coroczny wylew Nilu. Jednakże by wyznaczyć termin nowego roku, musiano dokonywać obserwacji wylewów przez wiele lat, co w konsekwencji doprowadziło zapewne do odkrycia dogodnego zjawiska astronomicznego, jakim jest tzw. heliakalny wschód gwiazdy Syriusz.

Do liczenia dwunastu godzin nocy, które oczywiście były znane (ich długość określano w zależności od pory roku), wykorzystywano gwiazdy, co niewątpliwie wiąże się z kontemplacją nocnego nieboskłonu. Ciała niebieskie miały również ogromne znaczenie symboliczne, były bowiem mocno osadzone w ówczesnej religijności. Ich znaczeniowość jest bardzo różnorodna i bogata, stanowiąc o koloryście interpretacji astronomicznych w kontekście m.in. religii czy rytuału, jak i wierzeń związanych ze światem pozagrobowym.

Już w „Tekstach piramid” widzimy króla pośród gwiazd na nieboskłonie: *Oto dusza (ba<sup>8</sup>) twoja jest gwiazdą żywą pośród braci swoich.* („Teksty piramid”

<sup>6</sup> A. Pannekoek, *A History of Astronomy*, Toronto 1961, s. 84.

<sup>7</sup> Na temat wykorzystania w chronologii Starożytnego Egiptu zob.: K.A. Kitchen, *The Chronology of Ancient Egypt*, World Archaeology 23, No. 2, 1991, s. 204. Z Egiptu doby farańskiej znany datę zaćmienia Słońca, zachowaną na jednym z demotycznych papirusów, przypadającą na 30 września 610 r. przed Chr.

<sup>8</sup> Ba stanowi jeden z najbardziej ruchliwych elementów autonomicznych osobowości człowieka. Zasadniczą cechą ba jest zdolność swobodnego poruszania się i przybierania rozmaitych form. Ba zamieszkujące w zabalsamowanych zwłokach wychodzi więc z grobu i podrózuje nieskrepowane, w najgłębszych otchłaniach krainy umarłych, czy wzbiając się ku niebu, by pozywić się ofiarami i porozumieć się z innymi duchami.

§ 904c)<sup>9</sup>. Natomiast w rozdziale 882 władcą utożsamiany jest z Syriuszem: *O królu, ty jesteś wielką gwiazdą, towarzyszem Oriona, który przemierza niebo wraz z Orionem.* Orion (eg. *Sahu*) to konstelacja, która w Starożytnym Egipcie utożsamiana była z Ozyrysem<sup>10</sup> i często występuje w tzw. „Tekstach piramid”<sup>11</sup>.

Sami mieszkańcy znad Nilu nazywali gwiazdy „jaśniejącymi”, „górnymi”, „żyjącymi” bądź też po prostu „lampami” i widzieli w nich ilustrację dzieci bogini nieba<sup>12</sup>. Ponadto na sarkofagach pochodzących z Pierwszego Okresu Przejściowego (2160—2055) widnieją ilustracje gwiazdy podbiegunowej, po spolu z Orionem i Syriuszem, stanowiące symboliczny wyraz nieba północnego i południowego.

Natomiast na sarkofagach z okresu XI dynastii znajdują się całe przedstawienia tabelaryczne informujące o pojawienniu się gwiazd dekanalnych na niebie w odpowiednim przedziale czasowym, dzięki czemu uzyskiwano swoiste zegary gwiazdne. Opis gwiazd położonych w pasie równikowym stanowił część treści tzw. „Księgi nocy”.

Czy starożytni Egipcjanie dokonywali obserwacji? Jeśli tak, czy mamy na to jednoznaczne dowody? Tu sprawa się nieco komplikuje, co jest uwarunkowane różnymi przyczynami, jednakże jedną z najważniejszych jest dyskusyjność w interpretacji i identyfikacji miejsc ówczesnych obserwatoriów astronomicznych. Niemniej jednak obserwacje takie były wykonywane, choćby z dachu budowli sakralnych, co zdaniami niektórych badaczy miało miejsce w ptolemejskiej świątyni w Kom Ombo<sup>13</sup>. Wcześniej podobne obserwacje mogły być dokonywane z dachu świątyni grobowej Ramzesa II, tj. w tzw. Ramzessem.

Faktem jest, iż Egipcjanie wykorzystywali obserwacje astronomiczne w różnych celach, m.in. inżynierycznych i religijnych. Świadczą o tym choćby

<sup>9</sup> M. Barwik, *Księga wyjścia za dnia. Tajemnice egipskiej Księgi Umarłych*, Warszawa 2009, s. 60.

<sup>10</sup> J.B. Sellers, *The Death of Gods in Ancient Egypt*, London 2003, s. 18.

<sup>11</sup> J.P. Allen, *Writings from the Ancient World. The Ancient Egyptian Pyramid Texts*, Atlanta 2005, s. 438.

<sup>12</sup> M. Barwik, op. cit., s. 60.

<sup>13</sup> R.S. Bianchi, *Kom Ombo*, [in:] ed. K.A. Bard, *Encyclopedia of the Archaeology of Ancient Egypt*, London 2005, s. 504.



2. Figurka brązowa, z Okresu Późnego, przedstawiająca Imhotepa, trzymającego na kolanach rozwinięty papirus. ©The Trustees of the British Museum



3. Wapienny relief przedstawiający faraona Achenatona, XVIII Dynastia. ©The Trustees of the British Museum

umiejętność określania kierunków kardynalnych i realne zastosowania tych zabiegów w odpowiednim ukierunkowaniu budowli o charakterze sakralnym i grobowym czy innych zespołach architektonicznych.

Nil, jak powszechnie wiadomo, miał niezmiernie istotne znaczenie dla ówczesnego Egiptu. Jego wylew miał zarówno swoją cechę religijną, jak i niezmiernie istotny wyraz społeczno-gospodarczy. To właśnie obserwacje astronomiczne ściśle wiążą się z pojawienniem się jednego z kalendarzy, wynikającego z obserwacji początków przyboru wód Nilu i ukazania się na horyzoncie Syriusa (gr. *Sotis*, eg. *Sopdet*) na krótko przed wschodem Słońca, którego wschód

identyfikowany był z ponownym stworzeniem, zachód natomiast wiązany był z odejściem do krainy umarłych.

Obserwacji wschodu Syriusa dokonywano, w opinii niektórych badaczy, na Elefantynie, tj. wyspie poniżej pierwszej katarakty. Prócz tego miejsca współcześni uczeni wskazują również na Memfis czy Teby jako punkty „państwowych obserwatoriów”. Właśnie tu miało określić fazy Księżyca i dokonywano obserwacji Słońca. Szczególnym miejscem do przeprowadzania obserwacji jego wschodów i zachodów mogły być świątynia w Heliopolis (współcześnie dzielnica Kairu), stanowiąca centrum kultu solarnego boga Re czy kompleksy religijne związane z panowaniem władców V dynastii, jak choćby solarny kompleks w Abu Gurab (w rejonie Memfis) ufundowany przez faraona Niuserre.

Innymi sprzyjającymi obszarami studiowania dziennego i nocnego nieba, pełnego pięknych pejzaży gwiazdowych, mogły być obszary pustynne, co sugerują odnalezione graffiti z rejonów Hierakonpolis<sup>14</sup>.

Interesującą kwestią pozostaje również odpowiedź na pytanie: jakie osoby predestynowane były do dokonywania obserwacji astronomicznych?

Dziś należy przypuszczać, iż zadaniami to powierzano osobom związanym z ówczesnymi świątyniami i aparatem władzy. Zapewne do takich osób należeli tzw. kapłani godzinowi (*unut*), którzy śledzili czas, obserwując m.in. gwiazdy<sup>15</sup>. Najprawdopodobniej jedną z takich osób mógł być słynny architekt faraona III dynastii Dżosera, Imhotep, który wzniósł dla swego króla piramidę złożoną z kolejno nakładanych na siebie mastab, współcześnie określana mianem piramidy schodkowej.

Niewątpliwie na gruncie Egiptu doby farańskiej rozwijała się astrologia rozumiana szeroko w kontekście teologicznym, stąd też wielokrotnie możemy spotkać odniesienia do bóstw zarówno żeńskich, jak i męskich, oraz

<sup>14</sup> B.M. Bryan, *The 18th dynasty before the Amarna Period (c. 1550–1352)*, [in:] ed. I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*, Oxford 2003, s. 216.

<sup>15</sup> A. Niwiński, *Bóstwa, kulty i rytuały starożytnego Egiptu*, Warszawa 2004, s. 309; Niwiński wspomina również o innym kapłanie, będącym zwierzchnikiem kapłanów powiązanych z kultem Słońca, mianowicie: „wielkim obserwatorze Atuma-Re w Tebach”.

## Chronologia

Okres Predynastyczny	ok. 5300—3000 przed Chr.
Okres Wczesnodynastyczny	ok. 3000—2686 przed Chr.
Stare Państwo	2686—2160 przed Chr.
Pierwszy Okres Przejściowy	2160—2055 przed Chr.
Średnie Państwo	2055—1650 przed Chr.
Drugi Okres Przejściowy	1650—1550 przed Chr.
Nowe Państwo	1550—1069 przed Chr.
Trzeci Okres Przejściowy	1069—664 przed Chr.
Okres Późny	664—332 przed Chr.
Okres Ptolemejski	332—30 przed Chr.
Okres Rzymski	30 przed Chr., — 395 po Chr.

Chronologia na podstawie: ed. I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*, Oxford 2003

ich asocjacji, np. z ciałami niebieskimi. Religia i religijność w kraju nad Nilem wypełniała zasadniczo każdą płaszczyznę życia, stąd nie powinno zdziwić, iż wiele ciał niebieskich czy innych elementów krajobrazu astronomicznego często miało wymowę religijną, odnoszącą się do różnorodnych aspektów życia ówczesnego człowieka i jego związków z ideą *Maat*, tj. boskim porządkiem świata, stanowiącym źródło prawdy i sprawiedliwości. Egipskie gwiazdozbiory są dla nas trudne do jednoznacznego określenia, ponieważ aktualnie przywykliśmy do ich babilońskich wariantów. Współcześnie najbardziej czytelna staje się dla nas egipska astrologia i interpretacja poszczególnych przedstawień zodiakalnych, pochodzących z okresu grecko-rzymskiego, a to dzięki ich silnemu nawiązaniu do tradycji greckiej. Jednakże należy podkreślić niezwykłą zbieżność zachodzącą również i we wzajemnych układach figur pomiędzy babilońskimi pierwotworami i ich odpowiednikami grecko-rzymskimi.

O szerokich kompetencjach egipskich kapłanów w dziedzinie astronomii świadczy w tym okresie dekoracja reliefowa w postaci znaków zodiaku w kaplicy Ozyrysa w Denderze.

W okresie hellenistycznym astrologów nazywano matematyками, a ich umiejętnością przypisywano charakter nauk ścisłych, stąd możemy wnioskować, iż ich nauka skierowana była do grona nielicznych osób.

W starożytnej egipskiej ikonografii bóstwem o silnych konotacjach astronomicznych była bogini nieba Nut, będąca matką Ozyrysa, która często jest ukazywana w malarstwie epoki faraonów w towarzystwie gwiazd. Rozgwiazdzone niebo zarówno jako element tła, jak i jego istotny emblemat wielokrotnie możemy odnaleźć w sztuce Egiptu. Na jednym z winiet papirusu Henuttawy, z XXI dynastii, ukazano uskrzydłonego węża (antropomorfizacja Atuma) na tle rozgwiazdzonego nieba<sup>16</sup>. Ilustracje gwiazd, w kontekście „bóstwa nocnego nieba”, widnieją również na sklepieniu grobowca Sennedżema (TT1) — robotnika z Deir el Medinny, z okresu panowania XIX dynastii.

Niebo miało również swoje bardzo bogate odzwierciedlenie w symbolice śmierci — pokrywy sarkofagowe stanowiły personifikację nieboskłonu, tj. bogini Nut. Boginię tę często również przedstawiano jako niebiańską krowę, na której grzbicie Słońce pokonywało nieboskłon.

W kontekście religijnym niezmiernie istotnym ciałem niebieskim pozostało zyciodajne Słońce, które szczególnie silne znaczenie odegrało podczas rządów faraona Amenhotepa IV (popularnego Achenatona), który przeprowadził zasadnicze, choć krótkotrwałe zmiany w teologii państwa na rzecz widzialnego Słońca (Atona — tarczy słończej z promieniami jako jedyne dopuszczal-

<sup>16</sup> M. Barwik, op. cit., s. 176.



4. Fragment fryzu świątynnego, w formie reliefu wapiennego pokrytego polichromią, przedstawiającego gwiazdę. XI Dynastia ©The Trustees of the British Museum

ne wyobrażenie bóstw), dokonując również przemian w symbolice władzy królewskiej.

Znakomite dokumenty o charakterze astronomicznym zdobią stropy grobowców z okresu Nowego Państwa. Z grobowca Senenmuta, architekta i poplecznika królowej — faraona Hatchepsut, pochodzi niezmiernie interesujące przedstawienie gwiazdowych diagramów, podobnie jak na suficie cenotafu Setiego I w Abysos oraz na sklepieniu grobowca Ramzesa IV i późniejszych władców<sup>17</sup> ukazana została kosmologia: drogi Słońca i gwiazd znajdują się na ciele bogini nieba Nut i w świecie podziemnym. Komentarzem ilustrującym treść tego przedstawienia jest tzw. papirus kosmologiczny Carlsberg 1, zawierający hieratyczną i demotyczną transkrypcję hieroglificznego tekstu, który towarzyszy temu przedstawieniu oraz stanowi jego opis w formie komentarza.

Istotnym źródłem, w kontekście kalendarza księżycowego, jest kolejny dokument, tzw. Carlsberg 9, objaśniający posługiwanie się tym rodzajem kalendarza.

Jak wiadomo, tzw. rok lunarny nie pokrywa się z tzw. rokiem słonecznym, który w Egipcie stanowił podstawę kalendarza cywilnego. Tak więc posługiwano się cyklem 25 lat cywilnych, z których każdy liczył po 365 dni, co w sumie daje 9125 dni, a to w dużym przybliżeniu odpowiadało trzystu dziewięciu miesiącom księżycowym; 309 miesięcy po 29,53059 daje 9124,95231 dni.

Źródła pochodzące z Egiptu pozostan-



5. Fragment dekoracji pochodzącej z grobowca Sennedżema ukazującego wraz z małżonką, oddającego cześć bóstwom nocnego nieba. Odrys

stają jednak w silnym kontraste ze stosunkowo obfitym materiałem mówiącym o fascynacji astronomią i astrologią z obszarów Miedzyczescza. Nie jesteśmy w stanie jednocześnie stwierdzić, czy powyższy fakt stanowi odzwierciedlenie procesu faktycznego czy może ilustruje stan badań. Tak czy inaczej, należy jednak stwierdzić, iż obserwacje w Egipcie stawiały sobie inne cele niż te przyswiecające choćby Babilonii.

Kwestią dyskusyjną jest oczywiście wpływ astronomii Miedzyczescza na dociekania kapłanów egipskich w tej materii. Jednakże należy raz jeszcze podkreślić, iż egipska kultura bardzo silnie zakorzeniona w tradycji religijnej wymagała poniekąd astronomicznych danych do zupełnie innych potrzeb niż cywilizacja nad Eufratem i Tygrysem. Nie wątpliwie jednak, tak jak współcześnie fascynuje nas nieboskłon, tak i wówczas Egipcjanie spoglądali na odległe światy, widząc w nich często religijną i mistyczną rzeczywistość, stanowiącą ilustrację ich ziemskiego życia.

## Literatura

J.P. Allen, *Writings from the Ancient World, The Ancient Egyptian Pyramid Texts*, Atlanta 2005.

M. Barwik, *Księga Wyjścia Za Dnia, Tajemnice egipskiej Księgi Umarłych*, Warszawa 2009.

R.S. Bianchi, *Kom Ombo*, [in:] ed. K.A. Bard, *Encyclopedia of the Archaeology of Ancient Egypt*, London 2005, s. 503-506.

B.M. Bryan, *The 18th dynasty before the Amarna Period (c.1550-1352)*, [in:] ed. I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*, Oxford 2003, s. 206-264.

A. Couat, *Alexandrian Poetry under the First Three Ptolemies 324–222 B.C.*, transl. J. Loeb, London 1931.

J.Y. Empereur, *Alexandria Rediscovered*, London 1998.

W.M. Ellis, *Ptolemy of Egypt*, London 1994.

P.M. Fraser, *Ptolemaic Alexandria*, Oxford 1972.

H. Hunger, D.E. Pingree, *Astral sciences in Mesopotamia*, Leiden 1999.

ed. Chr. Jacob, F. De Polignac, *Alexandria, Third Century BC*, Alexandria 2000.

B.J. Kemp, *Starożytny Egipt, Anatomia Cywilizacji*, Warszawa 2009.

K.A. Kitchen, *The Chronology of Ancient Egypt*, World Archaeology 23, No. 2, 1991, s. 201-208.

A.B. Lloyd, *The Ptolemaic Period (332-30 BC)*, [in:] ed. I. Shaw, *The Oxford History of Ancient Egypt*, Oxford 2003, s. 364-387.

B. Tkaczow, *Topography of Ancient Alexandria (An Archeological Map)*, Warszawa 1993.

O. Neugebauer, *The History of Ancient Astronomy Problems and Methods*, JNE 4, No. 1, 1945 s. 1-38.

A. Niwiński, *Bóstwa, kulty i rytuały starożytnego Egiptu*, Warszawa 2004.

A. Pannekoek, *A History of Astronomy*, Toronto 1961.

J.B. Sellers, *The Death of Gods in Ancient Egypt*, London 2003.

*Autor jest adiunktem, pracuje w Zakładzie Archeologii Antycznej w Instytucie Archeologii Uniwersytetu Gdańskiego. Zajmuje się archeologią Egiptu, szczególnie Okresu Północnego i Hellenistycznego. Jest również autorem ilustracji muzycznych do niektórych spektakli astronomicznych Toruńskiego Planetarium*

<sup>17</sup> O. Neugebauer, op. cit., s. 6.

# Galeria Uranii

Po prawej prezentujemy dwa zdjęcia wykonane przez Mariusza Świętnickiego w nocy z 17 na 18 kwietnia br. w ognisku głównym reflektora Newtona 250/1520, aparatem Nikon D300. Na pierwszym widzimy parę galaktyk M-51 i NGC-5195 Wir (eksp. 6×250 s, ISO 1600). Drugie ukazuje światło popielate Księżyca w fazie 3 doby i 6 godzin po nowiu (eksp. 3 s, ISO 320).

Niżejdzienny obraz Księżyca w chmurach (26.03.2010) oraz Merkury i Wenus nad Kłodzkiem (8.04.2010). Fot. Marek W. Szpak (Canon EOS 500D).

Autorem ostatniego zdjęcia jest Marcin Filipek. Przedstawia ono Księżyca i Wenus nad Babią Góra (17.04.2010)



# Pyłowe słupy mgławicy w Kili



Fot. NASA/ESA, STScI

Urania  
POSTĘPY ASTRONOMII

# Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika



Wystąpienie prof. Achremczyka nad trumną Wielkiego Astronoma



Kondukt w Lidzbarku z herbami biskupów warmińskich



Pożegnanie przez poczty sztandarowe szkół kopernikowskich



Wystawa 10 rękopisów Mikołaja Kopernika na olsztyńskim zamku



Fragment wystawy w kapitularzu fromborskiej katedry



Wystawa pamiątek po akcji harcerskiej  
„Frombork 1001”  
na Wieży Wodnej  
we Fromborku



Okienko z wglądem na trumnę Kopernika we fromborskiej katedrze

Fot. Jacek Drążkowski, Małusz, Front, Jerzy Puszcz

## Powtórny pochówek szczątków Mikołaja Kopernika

**20** maja w katedrze w Olsztynie odbyła się msza żałobna przy trumnie wielkiego Astronoma Mikołaja Kopernika. Dzień później kondukt żałobny wyruszył z Olsztyna do Fromborka, zatrzymując się w miastach, w których Kopernik jako kanonik warmiński przebywał. W kościele Piotra i Pawła w Lidzbarku Warmińskim również odprawiono mszę żałobną. Tam też pod Wysoką Bramą dzieci zorganizowały przedstawienie. Hołd Astronomowi oddali również mieszkańców Dobrego Miasta, Ornety, Pieniężna i Braniewa. Wieczorem kondukt wkroczył do katedry fromborskiej, gdzie odprawiono nabożeństwo żałobne.

Rano 22 maja w tym samym miejscu, w Bazylice Archikatedralnej Wniebowzięcia Najświętszej Maryi Panny i św. Andrzeja we Fromborku, nuncjusz apostolski arcybiskup dr Józef Kowalczyk odprawił mszę świętą.

Homilie wygłosił metropolita lubelski arcybiskup prof. Józef Zyciński. Następnie w uroczystej procesji przeniesiono trumnę Astronoma blisko ołtarza św. Krzyża, gdzie złożono ją pod posadzką u stóp 3-m nowoczesnego nagrobka z czarnego kamienia przedstawiającego model Układu Słonecznego. Jego fundatorem jest ks. Jan Górný, kanonik kapituły warmińskiej, który, jak kiedyś Kopernik, opiekuje się obecnie ołtarzem św. Krzyża. „Skoro jestem opiekunem tego samego ołtarza, którym zajmował się Kopernik, wypada, bym sfansosowało i to dziedzictwo” — powiedział ks. Górný, który jest również autorem wydanej w br. książek „Mikołaj Kopernik — kanonik warmiński”. Niewielki fragment płyty posadzki zastąpiono szklaną taflą, aby można było widzieć spoczywającą tam trumnę. Inskrypcja na płycie głosi: „Tu spoczywa Mikołaj Kopernik, astronom, twórca teorii heliocentrycznej, kanonik warmiński”.

Po południu w katedrze odbył się koncert w wykonaniu Toruńskiej Orkiestry Symfonicznej, Chóru Astrolabium Wyższej Szkoły Bankowej w Toruniu oraz solistów Teatru Wielkiego i Opery Narodowej w Warszawie, pod dyrekcją Krzysztofa Dębskiego i Piotra Sułkowskiego.

Szczątki Kopernika odnaleziono w 2005 r. obok ołtarza św. Krzyża, którym Kopernik się opiekował. Mimo rozległych badań genetycznych i historycznych oraz współpracy z naukowcami w Szwecji do dziś, niestety, nie mamy pewności, czy palisandrowa truma zaświatka Astronoma. Po zakończeniu badań w 2008 r. szczątki przechowywane były w kurii biskupiej w Olsztynie. 19 lutego br. z okazji 537 urodzin Kopernika trumnę przez jeden dzień wystawiono w Toruniu w katedrze św. Janów, przy chrzcielnicy, w której Kopernik był ochrzczony. Następnie dłuższy czas przebywała w katedrze św. Jakuba w Olsztynie, a później w olsztyńskim zamku.

Trumnę właściwą w postaci metalowej skrzyni umieszczono w Toruniu w większej urnie-sarkofagu zrobionej z palisandru wg projektu Andrzeja Ryczka. Znajduje się na niej portret uczonego oraz daty urodzin i śmierci. Pierwszy pogrzeb Kopernika na pewno był skromny. Astronom pieniądze, jakie miał, przeznaczył dla swoich krewnych i potrzebujących, nie zostawił żadnych instrukcji dotyczących swojego pochówku. Po 467 latach pochowano go po raz wtóry w sposób należny twórcy teorii heliocentrycznej.

(kz)



Na konkurs projektu nagrobka Kopernika przysłano 16 prac. W skład 9-osobowej komisji oceniającej wchodzili książe, historycy, architekci i konserwatorzy. Wygrała Polsko-Belgijska Pracownia Architektury „Projekt” z Warszawy. Fot. J. Drążkowski

## Kiedy umarł Kopernik?

**N**a pomniku ufundowanym Mikołajowi Kopernikowi przez jego fromborskiego następcę oraz na tabliczce umieszczonej przed trumną widnieje data śmierci Wielkiego Astronoma 21.05.1543 r. Jednak w większości źródeł podawana jest data 24 maja. Tak jest wciąż w internetowej wikipedii\*, tak jest w wydanej niedawno książce prof. Mikulskiego „Mikołaj Kopernik. Życie i działalność”.

Podczas sympozjum w Olsztynie 20 maja, a dzień później w lidzbarskiej farnie, ks. prof. Alojzy Szorc nie omieszał kilka razy mocno podkreślić, iż właśnie 21 maja obchodzimy rocznicę śmierci Mikołaja Kopernika.

Skąd ta rozbieżność? Otóż w czasie śmierci kanonika Mikołaja nikt z ówczesnych nie zadbał o zapisanie daty jego śmierci. Nie przywiązywano do tego wydarzenia jakiejś specjalnej wagi — śmierć jednego z 16 kanoników nie była ówcześnie czymś zasługującym na specjalny zapis w księgach. Dokument cytowany przez ks. prof. Szorca odnotowywał jedynie fakt przejęcia po zmarłym kanonikatu i prebendy przez następcę. Tak więc możemy mieć pewność, iż 21 maja Kopernik już nie żył. Mógł umrzeć i wcześniej. Przyjmuje się jednak, iż zapobiegliwa rodzina zadbała, aby młodzik koadiutor, Jan Loitz, był na miejscu odpowiednio wcześnie, jeszcze przy łóżu konającego, by natychmiast przejąć cieplą posadkę.

Pozostaje jeszcze pytanie: skąd w takim razie tak mocno utrwalona w tradycji data 24 maja? Otóż pochodzi ona z listu Tiedemana Giesegego, bliskiego przyjaciela Mikołaja. Jednak trzeba nam wiedzieć, iż w czasie śmierci Kopernika był on daleko, w Lubawie, a o fakcie dowiedział się... dwa miesiące później. Niektórzy historycy mniemali, jakoby pomylił datę śmierci z datą pogrzebu. Jest to jednak mało prawdopodobne, gdyż Roku Pańskiego 1543 na dzień 24 maja przypadało bardzo ważne święto w kościele katolickim — Boże Ciało!

(jd)

\* Stan na 10 czerwca 2010 r.

# Przemówienie z okazji otrzymania wyróżnienia *Convallaria Copernicana\**, Toruń, 19 lutego 2010 r.

**N**a korytarzu, obok mojego biura w Harvard Observatory, wiszący portret Kopernika. Obraz powstał w 1943 r., w czterechsetną rocznicę wydania *De revolutionibus* Mikołaja Kopernika, czas trudny dla całego świata, a dla Polski w szczególności. Ponieważ kraj w czasie II wojny światowej był okupowany, główne polskie obchody rocznicy kopernikańskiej odbyły się w Nowym Jorku pod auspicjami Fundacji Kościuszkowskiej. Wspomniany przez mnie obraz został wówczas przekazany Harvard Observatory jako wyraz uznania dla dużej pomocy udzielonej przez Harlowa Shapleya, wówczas dyrektora obserwatorium, a później najsłynniejszego amerykańskiego astronoma. Obraz namalowany przez Maxima Kopfa, artystę pochodzenia austriackiego, pokazuje Kopernika wskazującego na Słońce, serce jego świata, i trzymającego w prawej ręce konwalię, często postrzeganą jako symbol medycyny i oczywiście również symbol humanistycznych zainteresowań Kopernika. Wszak wiele jego najwcześniejszych portretów przedstawia go z tym delikatnym i aromatycznym kwiatem.

Tak więc w przeszłym tygodniu, kiedy wróć do mojego biura, zobaczę Kopernika i jego kwiat. Od tej pory obraz wiszący w obserwatorium będzie na zawsze przypominał mi nie tylko o tym odważnym pionierze i jego ulubionej konwalii, ale także o wyróżnieniu, jakie otrzymałem od tutejszego uniwersytetu — Convallaria Copernicana. Dziękuję wam z całego serca za to bardzo szczególne uznanie.

Wielu z was już wie o moim niezwykłym związku z Polską, który doprowadził do mojego głębokiego zainteresowania Kopernikiem. Tuż po zakończeniu II wojny światowej miałem wyjątkową okazję przyjechać do Polski jako jeden z 32 kowbojów na jednym z wielu tzw. statków bydlęcych organizacji UNRRA (United Nations Relief and Rehabilitation Administration),

\* Patrz „*Urania – Postępy Astronomii*” 2/2010

wysłanych w celu odbudowy rolnictwa w zniszczonej wojną Europie. Wyładowaliśmy w Nowym Porcie w lipcu 1946 r. z blisko 800 końmi. Nie będę opisywał ruin, które widziałem w Gdańsku, a które utrwały się w mojej pamięci. Ale oprócz sterty cegieł i gruzu, było tam wiele kwiatów stanowiących imponujące i niezapomniane świadectwo niezłomnego polskiego ducha starającego się znaleźć piękno nawet wśród tragedii i zniszczenia.

Wizyta w niewielkiej i dotkniętej wojną części Polski, w czasie gdy byłem młodym studentem, doprowadziła do poszerzenia mojej wiedzy o tym kraju i sympatii dla niego. Osiemnaście lat później, na międzynarodowym spotkaniu w Hamburgu, po raz pierwszy spotkałem Jerzego Dobrzyckiego, uczonego z Instytutu Historii Nauki w Warszawie. Gdy dowiedział się o mojej pierwszej wizycie w Polsce, namawiał mnie do ponownego przyjazdu w roku 1965 na zebrania Międzynarodowej Unii Historii Nauki, które miały miejsce tutaj w Warszawie i w Krakowie. W tym czasie polscy uczeni przygotowywali się do rocznicy pięćsetlecia urodzin Kopernika w 1973 r. Wkrótce również i ja zacząłem pracę w komitecie planującym międzynarodowe obchody. Był to początek regularnych wizyt w Polsce, a także bardzo zażytej przyjaźni z Dobrzyckim, który również był członkiem komitetu i został później jego sekretarzem.

Jako astronom rozwijający zainteresowania historią nauki, domyślałem się, że będę kilkukrotnie proszony o wygłoszenie przemówień o Koperniku w nadchodzący rok rocznicowy, ale wiedziałem również, że Kopernik to postać szczegółowo analizowana już od kilku stuleci. Jak zatem mógłbym powiedzieć o nim coś nowego? Ale miałem dużo szczęścia! Podczas mojej wizyty w Edynburgu w 1970 r. odkryłem w Royal Observatory pierwsze wydanie *De revolutionibus*, opatrzone od pierwszej do ostatniej strony licznymi komentarzami. Dowiedziałem się wówczas, że

wybitny pisarz Arthur Koestler w swoim bestsellerowym obrachunku z historią astronomii zatytułowanym *Lunacycy (The Sleepwalkers)* oskarżył Kopernika o napisanie książki tak technicznej i nudnej, że nikt jej nigdy nie przeczytał. Jeśli miała ona tak niewielu czytelników, to jakim cudem jeden z niewielu egzemplarzy, którego nigdy nie widziałem, został tak bogato skomentowany?

W końcu dowiedziałem się, że notatki na marginesie zostały dokonane ręką Erasmusa Reinholda, zasłużonego profesora astronomii na wiodącym uniwersytecie luterańskim w Wittenberdze. Nigdzie w całej książce nie zapisał on swojego nazwiska, ale na okładce były jego iniciały, udało mi się więc ustalić, że notatki były sporządzane przez niego. Na stronie tytułowej Reinhold podsumował książkę w sposób, który wydaje się najbardziej zaskakujący. Nie powiedział: „Ten szalony autor zatrzymuje Słońce i nadaje Ziemi oszałamiający ruch!”. Nie napisał również: „Ten geniusz właśnie wynalazł układ słoneczny”. Powiedział natomiast: „Ruch nieba jest jednolity i kolisty lub składa się z części jednolitych i okrągłych”. Czy to możliwe, że Reinhold po prostu nie zrozumiał, że układ heliocentryczny otwiera drogę rozwoju w astronomii? A jeśli było więcej takich jak on, to może właśnie dlatego Koestler myślał, że nikt nie czytał tej książki!

Wydawało się to tak ciekawe i interesujące, że zdecydowałem się poszukać dalszych egzemplarzy *De revolutionibus*, aby dowiedzieć się, co może być dopisane na ich kartach. Gdybym wtedy wiedział, że będę chciał zobaczyć wszystkie egzemplarze z XVI wieku, że trzeba będzie na to ponad trzydzieści lat, prawdopodobnie nie miałbym odwagi spróbować. Ale byłem naiwny, a zachęcony przez Jerzego Dobrzyckiego i jego kolegę Pawła Czartoryskiego wyruszyłem w tę niezwykłą podróż. W jej trakcie dowiedziałem się wielu rzeczy: o sprzedaży i dystrybucji książek w XVI wieku, o książkach zagubionych lub

zniszczonych, o tym, co osiągnął i czego nie zdołał zrobić kościół katolicki w zakresie cenzurowania tej książki w czasach Galileusza, o tym, że Kepler stał się posiadaczem używanego egzemplarza z wcześniejszymi adnotacjami, które okazały się przełomowe dla jego badań astronomicznych.

W szczególności dowiedziałem się, że prawie wszyscy czytelnicy w XVI wieku traktowali to wielkie dzieło głównie jako książkę zawierającą sposób obliczania pozycji planet, a wcale nie jako opis fizyczny budowy Wszechświata. Po prostu myśleли o Ziemi wirującej z zawrotną prędkością wydawało się zbyt niedorzecze. Jeśli Ziemia naprawdę wiruje wokół własnej osi, to znacznie trudniej byłoby iść na zachód niż na wschód. A jeśli Ziemia stale krąży wokół Słońca, to w jaki sposób może utrzymać przy sobie Księżyce? Dopiero kilka pokoleń po Koperniku Kepler i Galileusz zaczęli interpretować ruch Słońca jako prawdziwy opis fizycznego Wszechświata.

Kiedy już obejrzałem sto egzemplarzy pierwszego wydania, miałem wystarczająco dużo dowodów na to, aby uznać, że *De revolutionibus* nie było książką, której nikt nie czytał. Czyżby

nadszedł już wtedy czas, aby zaprzestać poszukiwań? Nadarzyła się jednak okazja do odwiedzenia Rzymu, gdzie, jak wiedziałem, jest więcej egzemplarzy książki Kopernika niż w jakimkolwiek innym miejscu, w którym jeszcze nie byłem. Szukałem zatem dalej i w Bibliotece Watykańskiej, dzięki sygnaturom otrzymanym od Dobrzyckiego, znalazłem wśród rękopisów — a nie starodruków — egzemplarz *De revolutionibus* z wieloma komentarzami, niemal równie interesujący, jak egzemplarz Reinholda. Podejrzałem, że może to być egzemplarz Christophera Claviusa, czołowego astronoma jezuickiego Collegio Romano, ale otrzymałem próbki jego pisma i stwierdziłem, że zapiski nie mogły być wykonane ręką Claviusa. Zastanawiając się nad zagadką wyjechałem z Rzymu na spotkanie kopernikańskie w Paryżu, gdzie otrzymałem prezent — faksymile książki znajdującej się w Pradze z zapisami wielkiego duńskiego obserwatora, Tychona Brahego. Myślałem, że serce zabiło mi kilka razy szybciej, gdy uświadomiłem sobie, że charakter pisma na faksymile odpowiadał temu, które wcześniej widziałem w Rzymie!

Jeszcze tego lata w Warszawie wygłosiłem wykład podczas Nadzwyczajnego Zgromadzenia Ogólnego Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Oczywiście identyfikacja adnotacji Tychona Branego na dziele Kopernika była najbardziej zajmującym punktem mojego wykładu. Ale niestety, ta identyfikacja okazała się błędna. Uczeni w Pradze popełnili błąd, przypisując charakter pisma w tej książce Tychonowi Brahemu. Brahe rzeczywiście posiadał ten egzemplarz, ale w notatki zaopatrzył ją poprzedni właściciel, ten sam, który pozostawił komentarze na kartach książki z Biblioteki Watykańskiej. Ostatecznie Robertowi Westmanowi i mnie zajęło kilka lat ustalenie, kto był prawdziwym autorem ad-

notacji — bardzo zdolny Paweł Wittich z Wrocławia, który nigdy nie publikował, a z tego powodu pamięć o nim nie ma zupełnie zanikła. Mogę w tym mieście dodać, że później przekonałem Romana Umiasowskiego, polskiego pułkownika na emigracji w Londynie, aby przekazać jeszcze inny egzemplarz z notatkami Witticha do Biblioteki Uniwersyteckiej we Wrocławiu, gdzie można go teraz studiować.

Osiem lat temu opublikowano moją pracę *Annotated Census of Copernicus De revolutionibus*. Opisałem w niej szczegółowo 277 egzemplarzy pierwszego wydania i 324 egzemplarze drugiego, praktycznie wszystkie, które osobiście badałem. Myślałem wówczas, że w swoich poszukiwaniach mogłem pominąć kilkanaście egzemplarzy każdego wydania. Jednak od czasu opublikowania „Spisu” w 2002 r. znalazłem tylko siedem egzemplarzy pierwszego wydania, za to bardzo pomyliłem się w sprawie drugiego. Do tej pory zlokalizowałem 31 kolejnych egzemplarzy drugiego wydania, o czym będę mówił na jutrzejszej sesji. Ale jeszcze bardziej satysfakcjonuje mnie fakt, że udało mi się zidentyfikować niektórych właścicieli, którzy w mojej książce byli jeszcze anonimowi. Nic jednak nie było bardziej ekscytujące niż odnalezienie egzemplarza opatrzonego komentarzami przez Jerzego Joachima Retyka, młodego nauczyciela z Wittenbergi, który przybył tu, do Polski, aby namówić Kopernika do opublikowania swojego traktatu.

Jak można się domyślać, mógłbym mówić o Koperniku i jego książce przez cały ranek. Zanim jednak skończę, muszę przyznać, że jest to szczególna data, a ja muszę koniecznie złożyć najbardziej znanemu polskiemu naukowcowi urodzinowe życzenia. Ale jako historyk nauki, czuję się zmuszony poinformować, że jedynym dowodem z czasów Mikołaja Kopernika, że urodził się on 19 lutego 1473 o 16.48 jest horoskop zachowany w Państwowej Bibliotece w Monachium! Szkoda, że nie urodził się we wrześniu!

Dziękuję wszystkim i życzę wszystkemu najlepszego w dniu urodzin Tobi, Koperniku!

Owen Gingerich



Portret Mikołaja Kopernika wiszący na korytarzu Obserwatorium Harwarda w Cambridge

## Kosmos w zasięgu ręki

**Z**a Księzcem, za Marsem, daleko od naszej planety, krążą wokół Słońca tysiące brył nazywanych małymi planetami, planetoidami, asteroidami, meteoroidami. Czasem zderzają się i rozbijają na mniejsze bryły. Pośzturchiwane przez krążącego za nimi Jowisza (astronomowie nazywają to perturbacjami grawitacyjnymi) niektóre stopniowo zaczynają krążyć bliżej Słońca, zbliżają się do naszej planety i w końcu następuje katastrofa. Jakie są skutki?

Mała bryłka, wpadając w ziemską atmosferę z prędkością od około 11 km/s do 71 km/s, rozgrzewa się, topi i wyparowuje, pobudzając do świecenia także powietrze na trasie przelotu. Powstaje zjawisko meteora, nazywane potocznie spadającą gwiazdą. Pozostaje po nim tylko pył meteorowy stanowiący później jądra kondensacji dla kropel deszczu.

Większa bryłka nie wyparuje i nie rozpyli się całkowicie i jej fragmenty spadną na Ziemię jako kamienie z nieba. Ponieważ spadają po zjawisku meteora, nazywamy je meteorytami. Większość spada do wody lub znika gdzieś w zaroślach. Niektóre udaje się odnaleźć i wtedy możemy obejrzeć z bliska fragmenty planetoid, które w innym przypadku oglądamy tylko przez teleskopy jako gwiazdki (dlatego nazwano je asteroidami). Te odnalezione fragmenty ciał niebieskich pokazujemy na naszej wystawie.

Jeszcze większa bryła tylko w niewielkim stopniu rozkruszy się w atmosferze i uderzy w Ziemię z całą siłą. Wtedy jest to katastrofa nie tylko dla bryły, która wyparowuje i rozpyla się przy zderzeniu, ale i dla Ziemi. Skały w miejscu zderzenia kruszą się, topią i rozlatują na wszystkie strony. Powstaje wielki krater, a stopione fragmenty ziemskich skał z miejsca zderzenia lądują daleko jako kawałki szkła zwane tektytami, które także pokazujemy na wystawie wraz z fragmentami zgruchotanych ziemskich skał z miejsca zderzenia.

W Polsce meteoryty nie mają szczęścia do instytucji. Najczęściej są skromnym dodatkiem do kolekcji minerałów, na powiększanie zbiorów brakuje pieniędzy, żadna instytucja nie zatrudnia specjalisty, którego podstawowym obo-

wiązkiem byłoby zajmowanie się meteorytami. W tej sytuacji ciężar popularyzacji wiedzy o meteorytach wzięli na siebie entuzjaści. W przeciwieństwie do zbiorów muzealnych, prywatne zbiory meteorytów zaczęły w naszym kraju gwałtownie rosnąć, dzięki czemu stało się możliwe tworzenie wystaw meteorytów znacznie bogatszych niż bazujące na zbiorach muzealnych.

Polscy zbieracze meteorytów nie są bogatymi osobami, więc nie stać ich na zbudowanie meteorytowego muzeum. Największy polski zbiór meteorytów jest prezentowany w postaci wirtualnej na stronie <http://www.woreczko.pl/meteorites/>. Na szczęście w Muzeum Techniki NOT w Warszawie pracuje miłośnik meteorytów, który zaproponował właścicielom kolekcji zrobienie wystawy w muzeum. Propozycja spodobała się i kolekcjonerom, i dyrekcji, dzięki czemu do końca sierpnia możemy oglądać największą wystawę meteorytów w Polsce, jak dumnie głosi baner nad wejściem do muzeum.

Wszystkie prezentowane na wystawie meteoryty pochodzą ze zbiorów prywatnych. Większość pochodzi z kolekcji twórców wystawy skrywających się pod pseudonimami Jan Woreczko & Wadi, ale zobaczyć można na wystawie także meteoryty z kolekcji Kazimierza Mazurka, Tomasza Jakubowskiego, Zbigniewa Gruby, Łukasza Smuły, Tomasza Kubalczaka, Marcina Cimały i autora tego tekstu. Okazy udostępnił także kurator wystawy, Paweł Żochowski.

Fakt, że astronomia jest nauką interdyscyplinarną i korzysta także z osiągnięć geologii, powoli dociera do świadomości miłośników astronomii, przyzwyczajonych do oglądania ciał niebieskich przez teleskopy. Z daleka widzimy przez teleskop całość ciała niebieskiego, ale nie możemy zobaczyć szczegółów. Często nie jesteśmy w stanie zobaczyć nawet tarczy i dostrzegamy obiekt tylko w postaci gwiazdy, czyli świecącego punktu. Na wystawie oglądamy natomiast z bliska szczegóły budowy planetoid, ale wyrwane z kontekstu; przeważnie nie wiemy nawet, z której planetoidy te kamienie pochodzą. Dla zrozumienia historii Układu Słonecznego ważne jest, z ja-

kich skał i minerałów składają się planety i planetoidy.

W publikacjach przedstawiających wyniki badań Układu Słonecznego przez sondy kosmiczne często padają nazwy minerałów. Na wystawie miłośnik astronomii może zobaczyć, jak te minerały wyglądają i w jakich skałach występują. Na przykład sonda Stardust wykazała, że w jądrze komety Wild 2 występują takie minerały, jak: oliwin, piroksen, troilit oraz wysokotemperaturowe minerały wapnia, glinu i tytanu, a także węgiel i związki organiczne. Te właśnie minerały wchodzą także w skład meteorytów nazywanych chondrytami węglistymi. Zbieżność składu nie daje nam jednak pewności, że oglądając na wystawie na przykład meteoryt Allende, widzimy, jak wygląda jądro komety, która wielokrotnie przelatując blisko Słońca, utraciła większość lotnych składników.

Pewność mamy natomiast w przypadku meteorytów z Księzycą i Marsa. Przywiezione z Księzycą fragmenty skał oraz wyniki analiz skał marsjańskich przez sondy umożliwiły wykazanie, że prezentowane na wystawie meteoryty z Marsa i Księzycą rzeczywiście pochodzą z tych ciał niebieskich. Nie było to łatwe, bo jak można zobaczyć na wystawie, skały z Marsa i Księzycą są bardzo podobne do ziemskich. Dlatego znajduje się je głównie na terenach pustynnych, gdzie ziemskie kamienie są rzadko spotykane. O ile wśród meteorytów z Księzycą spotykamy fragmenty skał i z księżycowych mórz, i z księżycowych lądów, to meteoryty z Marsa pochodzą głównie ze stosunkowo młodych terenów wulkanicznych. Wśród znalezionych meteorytów nie ma fragmentów marsjańskich skał osadowych, na które natrafiły wędrujące po powierzchni Marsa automatyczne sondy. Być może takie meteoryty też spadły na Ziemię, ale nie potrafimy ich odróżnić od ziemskich skał.

Jesteśmy prawie pewni, że meteoryty zebrane w gablocie stojącej niedaleko wejścia na wystawę przybyły z Westy. Ta planetoida wyróżnia się dość dużym albedo i charakterystycznym kształtem widma światła odbitego od jej powierzchni, odmiennym od widma

światła odbitego od powierzchni innych planetoid. Taki sam kształt widma ma światło odbite od sproszkowanych meteorytów tego samego typu, co pokazane w gablocie. Całkowitą pewność, że te kamienie przybyły z Westy, zyskamy za rok, gdy do tej planetoidy doleci sonda Dawn.

W sąsiedniej gablocie możemy zobaczyć kamienie z planetoidy Hebe. Spadają one na naszą planetę często i niejednokrotnie w postaci dużych, kamiennych deszczy, jak ten, który zasypał kamieniami pola koło Pułtuska 30 stycznia 1868 r. Co trzeci meteoryt, którego spadanie zaobserwowano, pochodzi najprawdopodobniej z tej planetoidy. Hebe jest dużo mniejsza od Westy i dlatego ma odmienną budowę. Westa była kiedyś gorąca i płynna; jej materia rozwarstwiła się na płaszcz, skorupę i jądro, podobnie jak materia naszej Ziemi. Dlatego kamienie z powierzchni Westy prawie nie zawierają metalu, bo ten spłynął do wnętrza. Natomiast kamienie z Hebe mają dużo ziaren metalicznego żelaza z niklem, bo nigdy nie doszło do stopienia i rozwarstwienia materii tej planetoidy.

Fakt, że planetoidy zderzają się ze sobą, nie jest dla miłośnika astronomii zaskoczeniem. Wszystkie planetoidy, które udało się sfotografować z bliska, mają powierzchnie pokryte kraterami wytwarzonymi przez uderzenia fragmentów innych planetoid. Na wystawie możemy jednak zobaczyć z bliska skutki tych zderzeń. Wiele meteorytów składa się z okruchów skalnych scemento-

wanych ze sobą. Za „klej” służą żyłki szokowe, czyli materia, która została stopiona lokalnie wskutek uderzenia i szybko zastygła, łącząc przylegające okruchy skał. Silniejsze zderzenia powodowały powstawanie na dnie kraterów lokalnych basenów stopionej materii skalnej, które szybko zastygały. Fragment materii z takiego basenu z planetoidy Hebe znajdziemy w gablocie z meteorytami żelaznymi pod nazwą Miles. Żelazo z niklem, które zebrało się na dnie krateru, zawiera liczne, kamienne okruchy.

Przekroje meteorytów żelaznych zauważają figurami powstały w wyniku krystalizacji minerałów żelaza i niklu, a uwidocznionymi przez trawienie powierzchni przekroju rozcieczonym kwasem azotowym. Prócz wrażeń estetycznych figury te informują, jak szybko stygły stop żelaza i niklu. Większość meteorytów żelaznych pochodzi z jader rozbitych planetoid podobnych do Westy. Znając tempo stygnięcia meteorytu, można ocenić, jak głęboko pod powierzchnią musiało być jądro, a więc jak duża była pierwotnie cała planetoida. Jest jednak grupa meteorytów żelaznych, która nie pochodzi z jader planetoid, lecz z dna dużych kraterów na planetoidach. W tych meteorytach są liczne wrostki grafitu, siarczku żelaza, fosforku żelaza, węglika żelaza i czasem krzemianów.

Aby poznać budowę meteorytu i zdobyć informacje o jego ciele macierzystym, trzeba meteoryt przekroić. Wiele meteorytów ma jednak efektowne zewnętrzne kształty. Aby umożliwić ba-

dania, ale zachować unikalny kształt, wykonuje się kopie meteorytu. Z tego powodu na wystawie jest kilka kopii, przede wszystkim meteorytów orientowanych, których kształt pozwala na łatwe rozpoznanie, którą stroną meteoryt leciał do przodu. Wszystkie kopie są oznaczone. Jeśli na etykietce nie ma napisu „kopię”, to możemy mieć pewność, że oglądamy prawdziwy meteoryt.

Zwróciłem uwagę na kilka elementów wystawy istotnych dla miłośnika astronomii. Są też liczne fragmenty wystawy istotne dla miłośników meteorytów: jak rozpoznać meteoryt, gdzie spadły meteoryty w Polsce, jak wygląda szukanie meteorytów (i jak wyglądają poszukiwacze), jakie skutki wywołują czasem spadające meteoryty, jak kolekcjonować meteoryty, gdzie można je kupić i za ile, jakie są książki i czasopisma o meteorytach...

Najlepsza odpowiedź na pytanie, jak rozpoznać meteoryt, brzmi: obejrzeć dokładnie jak najwięcej zbadanych meteorytów i szukać podobnych kamieni. Żaden opis nie zastąpi obejrzenia prawdziwego meteorytu i żadna relacja nie zastąpi obejrzenia wystawy osobiste. Zapraszam więc do odkrywania meteorytów. Na wystawie jest między innymi fragment planetoidy 2008 TC3, której zderzenie z Ziemią obserwowano 7 października 2008 r. Wystawę zwiększa się w ramach zwiedzania Muzeum Techniki NOT, więc jest dostępna wtedy, gdy jest ono czynne, czyli z wyjątkiem poniedziałków.

Andrzej S. Pilski



Po lewej: widok na część ekspozycji meteorytowej w Muzeum Techniki. Po prawej: autorzy wystawy na tle największego na świecie meteorytu w jednym kawałku — Hoba (zdjęcie oddaje autentyczną skalę rozmiaru). Fot. Woreczko

## II Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych „Astrophysica Nova”

**W**dniach 12–13 maja br. w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie odbyła się konferencja naukowa, na której młodzi adepci astronomii mieli okazję zaprezentować wyniki swoich pierwszych prac naukowych oraz wysłuchać kilku wykładów uznanych autorytetów nauki.

Wygłoszono następujące wykłady proszone:

Prof. Ivan Leonidowicz Andronov (Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie) — „Structure and Evolution of Cataclysmic Variable Stars”,

Prof. Bożena Czerny (CAMK PAN w Warszawie) — „Ewolucja aktywnych jąder galaktyk”,

Prof. Marek Biesiada (Uniwersytet Śląski) — „Soczewki grawitacyjne w kosmologii”,

Prof. Edwin Wnuk (Uniwersytet Poznański) — „Stan astronomii polskiej”,

Dr Marek Jamrozy (Uniwersytet Jagielloński) — „Najciekawsze jest to, czego nie widać — złoty wiek radioastronomii”.

Młodzi astronomowie przedstawili w sumie 9 wykładów i 3 postery:

Karolina Bąkowska (Uniwersytet Poznański) — „Gwiazdy kataklizmiczne — rezultaty dla V1113Cyg”,

Katarzyna Marciniak (AJD w Częstochowie) — „Orion w podczerwieni”,

Marek Morawski (AJD w Częstochowie) — „Przegląd optycznych linii atomowych i molekularnych pochodzenia międzygwiazdowego”,

Natalia Albertowna Virnina (Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie) — „Binary Systems with a „Direct Impact” Accretion Stream”,

Lidia Chinarova (Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie) — „Binary Stars and Evolution of Them”,

Joanna Kozakiewicz (Uniwersytet Jagielloński) — „Rezonanse Schumanne na Marsie”,

Joanna Kozakiewicz (Uniwersytet Jagielloński) — „Zodiak z Dendery”,

Michał Silarski (Uniwersytet Jagielloński) — „Poszukiwanie cząstek ciem-

nej materii w zderzeniach elektron — tarcza”,

Andrzej Szary (Uniwersytet Zielonogórski) — „Pulsar jako gwiazda neutronowa — procesy promieniowania”,

Agnieszka Debudej (AJD w Częstochowie) — „Obraz spektroskopowy środowiska międzygwiazdowego w kierunku  $\omega$  Ori”,

Agnieszka Kuźmicz (Uniwersytet Jagielloński) — „Międzygwiazdowe pasma rozmyte — ile ich jest?”,

Sylwia Kusiak (AJD w Częstochowie) — „Obraz spektroskopowy środowiska międzygwiazdowego w kierunku  $\epsilon$  Ori”.

Uczestnicy konferencji mieli nadto okazję zapoznać się ze stanem astronomii w Częstochowie (przedstawionym w wykładzie dr. Bogdana Wszoleka) oraz obejrzeć seans planetaryjny „Lodowe krainy”. Wielu z nich uczestniczyło też w regularnym spotkaniu częstochowskich miłośników astronomii, uświetnionym tym razem wykładami:

Prof. Ivan Leonidowicz Andronov (Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie) — „Astronomia amatorska w Ukrainie”,

Prof. Edwin Wnuk (Uniwersytet Po-

znański) — „Kosmiczne śmieci”.

Zwiedzano starą bibliotekę jasnowąską, a w Muzeum Częstochowskim wystawę „Od lunety Galileusza do teleskopów kosmicznych”. Udało się także wejść do „Multicentrum” powstającego w wieży odremontowanego starego częstochowskiego obserwatorium astronomicznego.

Akademia im. Jana Długosza użyczyła pomieszczeń, w tym pokoi gościnnych, koniecznych dla przeprowadzenia konferencji. Pokryła też konieczne wydatki. Uniwersytet Jagielloński dostarczył części materiałów konferencyjnych. W organizację konferencji zaangażowały się nadto: PTA, Częstochowski Oddział PTMA i stowarzyszenie Astronomia Nova. Szczególne podziękowania personalne za pomoc w organizacji i prowadzeniu konferencji należą się studentom: Agnieszce Kuźmicz, Katarzynie Marciniak, Agnieszce Debudej i Tomaszowi Szymańskiemu.

Przyczynki konferencyjne zostaną opublikowane w języku polskim w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2011.

Bogdan Wszolek  
(organizator konferencji)



Uczestnicy konferencji przy zegarze słonecznym Metlera w parku pod Jasną Górą.

Fot. B. Wszolek



## Załoga STS-130 z wizytą w Polsce

**W**lutym br. prom kosmiczny Endeavour wraz z 6-osobową załogą STS-130 szczególnie wyładował w Kennedy Space Center na Florydzie. Dwutygodniowa misja kończyła budowę trwającej 20 lat Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS). Astronauci umocowali na ISS moduł Tranquility wraz z kopułą widokową Cupola. Tranquility to teraz serce stacji z urządzeniami do kontroli środowiska, uzdatniania wody i przyrządami treningowymi dla załogi. Cu-

smicznego i przyszłości lotów kosmicznych.

Polskę odwiedziło pięcioro spośród 6-osobowej załogi:

Porucznik **George Zemka** — Amerykanin polskiego pochodzenia, jeden z pomysłodawców wyprawy STS-130 do Polski. Szef misji, instruktor pilotów, a od 1998 r. pilot NASA. W przestrzeni kosmicznej spędził 692 godzin.

Dr **Stephen K. Robinson** — specjalista misji. Od 1975 r. pracuje w NA-

Program wizyty był bardzo bogaty. Astronauci rozjechali się po Polsce i dotarli do kilkunastu miast i miasteczek, by spotkać się z dziećmi, młodzieżą i młodzieżą nieco starszą. Odwiedzili m.in. Warszawę, Gdańsk, Głuzyce, Niepołomice, Ziębice, Kraków, Toruń, Lubacz Dolny, Zamość. Na kilkudziesięciu spotkaniach, tak z dziećmi jak i dorosłymi, zasypywani byli pytania:

— Najważniejsza cecha charakteru astronauty? *Zawsze próbować dopiąć swego, a jak się nie uda, próbuj jeszcze raz.*

— W czym tkwi siła? *Pojedynczy człowiek niewiele zdziała zrobić, ale cały zespół może naprawdę wiele.*

— Czy łatwo się śpi na Stacji? *Trudno się przyzwyczaić, gdy nie ma grawitacji, dzięki której czujemy, kiedy leżymy, za to po powrocie na Ziemi, trudno wstać, gdy się tyle waży...*

Na koniec wizyty załoga pojedąła do Zamościa, gdzie na Rynku Wielkim wzięła udział w premierze widowiska muzycznego „Fryderyk Chopin — Kosmiczny Koncert”, według pomysłu i w reżyserii Adama Ustynowicza, w wykonaniu pianisty Karola Radziwonowicza i Orkiestry Symfonicznej im. Karola Namysłowskiego pod batutą Tadeusza Wicherka. Muzyka Chopina zabrzmiła również w czasie projekcji filmu „Największe wydarzenie muzyczne w Kosmosie” i stanowiła muzyczne tło sfilmowanego przez załogę STS-130 codziennego życia astronautów na stacji kosmicznej. Międzynarodowy Rok Chopinowski objął więc nie tylko całą kulę ziemską, ale i Kosmos.

Gdy załoga STS-130 kończyła wizytę w naszym kraju, do ISS lecieli już astronauci STS-132.

STS-132 to jednocześnie ostatnia załoga, która na Stację poleciła wahadłowcem Atlantis. Flotylla wahadłowców NASA powoli odchodzi na emeryturę. Astronauci m.in. zamontowali wewnętrzna antenę, poprawili okablowanie i wymienili zużyte baterie. Wrócili 26 maja. W tym roku również po raz ostatni wznowią się w przestrzeń promy Discovery oraz Endeavour.

(kz)



Spotkanie załogi STS-130 z młodzieżą i miłośnikami astronomii w auli I LO w Zamościu. Źródło: ZSMA. Więcej zdjęć na [www.zsma.pl](http://www.zsma.pl)

pola z 7 oknami daje możliwość bezpośredniego monitorowania pracy urządzeń zewnętrznych, a przy okazji pozwala na podziwianie przepięknych widoków. Astronauci zabrali ze sobą kopię rękopisu Chopina i nagrania jego muzyki, która rozbrzmiewała w trakcie ich pracy 340 km nad Ziemią.

W maju załoga STS-130 przyjechała do Polski na zaproszenie Polsko-Amerykańskiej Fundacji Wolności oraz Ambasady Stanów Zjednoczonych. Jak napisali organizatorzy:

„Głównym celem wizyty astronautów, obejmującej kilkadziesiąt spotkań, prelekcji i pokazów, jest inspirowanie uczestników, zwłaszcza dzieci i młodzieży z najmniejszych miejscowości, do podejmowania wyzwań, stawiania sobie ambitnych celów i wytrwałego dążenia do ich realizacji.”

Na spotkaniach astronauti opowiadali m.in. o pracy na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, o programach badawczych realizowanych przez NASA, o szkoleniu załogi promu ko-

SA. Uczestniczył w czterech misjach wahadłowców Discovery i Endeavour — w 1997, 1998, 2005 i 2010 r. Na orbicie spędził 1150 godzin, z czego ponad 20 w otwartej przestrzeni kosmicznej.

**Terry Virts** — pułkownik sił powietrznych Stanów Zjednoczonych, pilot F-16. W powietrzu spędził 3900 godzin na ponad 40 różnych typach samolotach. Od 2000 r. jest pilotem NASA.

**Kathryn P. Hire** — specjalista misji, kapitan marynarki wojennej USA, od 1989 r. inżynier wahadłowców kosmicznych. W przestrzeni spędziła 711 godzin. W 1998 r. jako członek STS-90 była również specjalistą misji.

**Dr Nicholas J. M. Patrick** — specjalista misji, inżynier. W powietrzu spędził ponad 1 800 godzin na ponad 20 typach maszyn, w tym 800 jako pilot-instruktor. Od 1998 r. jest astronautą NASA, zajmuje się opracowywaniem i rozwojem przyszłych pojazdów kosmicznych.

## LIII Olimpiada Astronomiczna

Kolejna Olimpiada Astronomiczna dobiegła końca. Szczęśliwie, bo jeszcze w lipcu ubiegłego roku nie znano jej „realizatora”, a mogła nim zostać instytucja nie mająca doświadczenia w prowadzeniu takiej wieloetapowej imprezy i w tak szybkim tempie. Łatwo sobie wyobrazić, jak w sierpniu, w środku szkolnych wakacji zebrać zespół, który opracuje i skompletuje zestawy zadań, stworzy wcześniej całe otoczenie prawne — opracuje regulamin i tematykę olimpiady, powoła Komitet Główny, biuro oraz przygotuje materiały, które już na początku września trzeba rozesłać szkołom.

Wszystko zaczęło się w momencie ogłoszenia przez Ministerstwo Edukacji Narodowej konkursu na realizatora... szkolnych olimpiad. Trudno to pojąć, mimo że od kilku lat ministerstwo przyzwyczajało do takiej myśli, rozważając możliwość zorganizowania przetargu na olimpiady, po zaleceniach Naczelnnej Izby Kontroli. Zakwestionowano w ten sposób dorobek wielu dotychczasowych organizatorów olimpiad, z dużym potencjałem merytorycznym i doświadczeniem organizacyjnym, kształconym w przypadku najstarszych polskich olimpiad przez dziesięciolecia. Konkurs rozstrzygnięto dopiero w sierpniu, powierzając Planetarium Śląskiemu zorganizowanie kolejnej olimpiady astronomicznej. Jako wieloletni organizator tej olimpiady, pracując odruchowo, tak jak przez pół wieku, byliśmy na taką ewentualność przygotowani — mieliśmy przygotowane zestawy zadań i opracowane inne materiały tradycyjnie rozsypane do szkół z początkiem roku szkolnego.

Wierni astronomii uczniowie odetchnęli z ulgą. Wreszcie, po codziennym sprawdzaniu czy w Internecie są już jakieś wiadomości o LIII Olimpiadzie Astronomicznej, na stronie Planetarium Śląskiego pojawiają się zestawy zadań olimpiady i informacje regulaminowe. LIII OA wystartowała. Za rok cała procedura ma się powtórzyć, bo rozstrzygniecie konkursu na realizację ogólnopolskich olimpiad ogólnokształcących dotyczyło tylko roku szkolnego 2009/2010...

W październiku, po upływie terminu przesyłania rozwiązań pierwszej serii zadań, wiedzieliśmy, że do olimpiady zgłosiło się 112 uczniów. Dużo to czy mało? Sądzę, że dużo. To przecież ponad stu uczniów przystąpiło do olimpiady, realizując swoją pasję poznawania Wszechświata z żadną lub niewielką tylko pomocą szkoły. Są bardzo konsekwentni w swoich przygotowaniach do olimpiady, o czym może świadczyć wielokrotny udział w olimpiadzie ponad połowy jej uczestników. Konkurują między sobą, ale też współpracują — korzystając z Internetu wiodą długie dyskusje na temat jak najlepszego przygotowania się do kolejnych etapów. Uczniowie docierający do finału mają wyróżniające się wiadomości z astronomii i spore umiejętności praktyczne. Korzystają z nich na olimpiadach międzynarodowych. Czternastu naszych laureatów uczestniczących w trzech Międzynarodowych Olimpiadach z Astronomii i Astrofizyki (IOAA) zdobyło 10 medali: 5 złotych, 4 srebrne i 1 brązowy. Pozostali zaś otrzymali wyróżnienia. Wśród medalistów znaleźli się nadto specjalnie wyróżnieni — jeden za najlepiej rozwiązane zadania teoretyczne, drugi — za najlepszą analizę danych.

### Końcowa klasyfikacja zawodów finałowych LIII Olimpiady Astronomicznej

L.p. Imię i nazwisko	Szkoła	Miejscowość	Nauczyciel	Miejsce
1 Damian Puchalski	ZSUMK Gimnazjum i Liceum Akademickie	Toruń	Mariusz Kamiński	1. L
2 Przemysław Mróz	LII LO im. Juliusza Słowackiego	Warszawa	Daria Świerczyńska	2. L
3 Jakub Bartas	I LO im. Bolesława Chrobrego	Pszczyna	Cezary Filipiuk	3. L
4 Maksymilian Sokołowski	I LO im. Mikołaja Kopernika	Krosno	Grzegorz Depczyński	3. L
5 Jakub Pajak	II LO z Oddz. Dwujęzycznymi im. Adama Mickiewicza	Siłusk	Jarosław Linder	4. L
6 Krzysztof Będkowski	XIII LO	Szczecin	Tomasz Skowron	5. L
7 Adam Tomaszewski	VI LO im. Wałęsa Sierpińskiego	Gdynia	Elżbieta Litkiewicz	6. F
8 Mateusz Dryzek	II LO im. Króla Jana III Sobieskiego	Kraków	Grzegorz Knapik	7. F
9 Tomasz Kępa	I LO im. Mikołaja Kopernika	Łódź	Andrzej Sperka	8. F
10 Jerzy Knopik	I LO im. Mikołaja Kopernika	Łódź	Andrzej Sperka	9. F
11 Marek Mysiorka	ZSO	Kamienna Góra	Apolinary Zieliński	9. F
12 Michał Głąbowski	I LO w ZSO im. Marcina Wadowity	Wadowice	Ewelina Machaj	10. F
13 Grzegorz Jakubiak	VI LO im. Jana Kochanowskiego	Radom	Marek Golka	11. F
14 Jakub Ząkiewski	I LO	Radzyń Podlaski	Leszek Szalast	11. F
15 Jakub Zaborowski	XIII LO	Szczecin	Tomasz Skowron	12. F
16 Jakub Klencki	I LO im. Mikołaja Kopernika	Łódź	Andrzej Sperka	13. F
17 Mirosław Jakubek	I LO im. Mikołaja Kopernika	Kołobrzeg	Marek Muciek	14. F
18 Jeremi Piotrowski	Gdańskie Liceum Autonomiczne	Gdańsk	Artur Ludwikowski	14. F

\* L — laureat, F — finalista



Ciekawa prezentacja nie pozwala jednak zapomnieć, że za chwilę nastąpi ogłoszenie wyników



Wyniki ogłasza prof. dr hab. Jerzy Kreiner, przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej

Liczba uczniów przystępujących do olimpiady zależy od kilku czynników, z których najistotniejszymi wydają się być parametry demograficzne. Z tego to głównie powodu liczba uczestników olimpiad astronomicznych w ostatnich latach wała się w granicach od 100 do 200. Dla tej grupy uczniów warto kontynuować tradycje olimpiad astronomicznych w kraju, w którym zlikwidowano astronomię jako osobny przedmiot nauczania, a ostatnio z nazwy przedmiotu „fizyka z astronomią” wymazano ostatni człon. Osiągnięcia polskiej astronomii, te w przeszłości i obecne, są wystarczającym argumentem za utrzymaniem w szkole ponadpodstawowej przy najmniej jednego elementu w pełni astronomicznego, właśnie w formie Olimpiady Astronomicznej. Piszę o tym (10 maja 2010 r.) wobec nie rozstrzygniętej jeszcze propozycji Ministerstwa Edukacji Narodowej połączenia olimpiad fizycznej i astronomicznej. Jeśli tak się stanie, praktycznie będzie to oznaczało likwidację olimpiady astronomicznej.

Do zawodów 2. stopnia LIII Olimpiady Astronomicznej, które przeprowadzono 18 stycznia 2010 r., zakwalifikowało się 66 uczniów. Zawody odbyły się w Katowicach, w pięknej auli VIII Liceum Ogólnokształcącego im. Marii Skłodowskiej-Curie, wielokrotnie już goszczącego zawodników 2. etapu oraz we Włocławku, w gościnnych progach I Liceum Ogólnokształcącego im. Ziemi Kujawskiej. Trudne zadanie z astronomii sferycznej, również zadanie, którego rozwiązań wymagało dobrego wyjściowego postawienia problemu przestrzennego oraz dwa zadania z astrofizyki — jedno dotyczące strumienia neutronów i drugie oparte o diagram H-R — stanowiły dosyć wysoką poprzeczkę dla uczestników 2. etapu.

Do finału LIII Olimpiady Astronomicznej zakwalifikowało się jedynie 18 uczniów. Odbył się on w Planetarium Śląskim w Chorzowie. W czwartek 11 marca zawodnicy uczestniczyli w konsultacjach dotyczących wyglądu sztucznego nieba planetarium, w trakcie których zaznajamiano ich z jego wyglądem, a szczególnie z różnicami, jakie występują między tym sztucznym a prawdziwym niebem. Różnice te trzeba później uwzględnić podczas rozwiązywania zadania opartego o wygląd sztucznego nieba. Piątek, 12 marca był dla

uczestników bardzo pracowy. Przed południem przez trzy godziny rozwiązywali dwa zadania teoretyczne, zaś późnym popołudniem dwa dalsze zadania: jedno pod sztucznym niebem planetarium, drugie praktyczne, przygotowane jako alternatywa do zadania obserwacyjnego, w przypadku złej pogody, która w tym roku nie dopisała. W sobotę, przed południem, rozwiązywanie dwóch ostatnich zadań teoretycznych kończyło intelektualny wysiłek zawodników, rozpoczętając intensywną pracę zespołu oceniającego, gdyż wyniki finału musiały być przedstawione zbierającemu się już w niedzielę 14 marca Komitetowi Głównemu. Tuż po obradach rozpoczyna się uroczystość kończąca LIII Olimpiadę Astronomiczną. Wyniki ogłasza Przewodniczący Komitetu Głównego Olimpiady Astronomicznej prof. dr hab. Jerzy Kreiner. Zawodnicy odbierają dyplomy i nagrody.

Wśród wręczanych zawodnikom nagród była luneta Celestron OMNI XLT 102 (102 mm/1000 mm) dla zwycięzcy tegorocznej olimpiady, ufundowana przez Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Towarzystwo ufundowało nadto 3 lornetki Titanium (9×63), astronomiczne kalendarze i cenną nagrodę w postaci rocznej prenumeraty czasopisma „Urania – Postępy Astronomii” dla wszystkich laureatów. Przyznało też wartościową nagrodę ufundowaną przez Skarbiec Mennicy Polskiej, jaką był, podobnie jak w ubiegłym roku, komplet numizmatów z serii „Systema Solare” wydanych w Roku Astronomii 2009. Tradycyjnie nagrody ufundował również Zakład Optyki Instrumentalnej „Uniwersał” z Żywca — w tym roku były to dwie lornetki. Finansowo zaś wsparli olimpiadę Komitet Astronomii PAN oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii.

Przed ogłoszeniem wyników przewodniczący oddał głos dyrektorowi Planetarium Śląskiego Jackowi Szczepanikowi, który w ciekowej prezentacji pokazał Teheran i okolice oraz migawki z zawodów widziane oczami uczestników 3. Międzynarodowej Olimpiady z Astronomii i Astrofizyki w Iranie. Warto przy tej okazji przypomnieć, że nasza czteroosobowa drużyna przywiozła z Iranu trzy medale: złoty, srebrny i brązowy oraz wyróżnienie.

*Henryk Chrupała*

### LIII Olimpiada Astronomiczna

#### Liczebność uczestników wg województw

Lp.	Województwo	Liczba uczestników eliminacji			Liczba finalistów	laureatów
		I stopień	II stopień	III stopień		
1.	Dolnośląskie	13	7	1	1	
2.	Kujawsko-Pomorskie	11	5	1		1
3.	Lubelskie	14	9	1	1	
4.	Lubuskie	0	0	0		
5.	Łódzkie	8	8	3	3	
6.	Małopolskie	9	4	2	2	
7.	Mazowieckie	4	2	2	1	1
8.	Opolskie	1	0	0		
9.	Podkarpackie	6	4	1		1
10.	Podlaskie	1	1	0		
11.	Pomorskie	10	6	3	2	1
12.	Śląskie	12	7	1		1
13.	Świętokrzyskie	3	1	0		
14.	Warmińsko-Mazurskie	1	1	0		
15.	Wielkopolskie	2	0	0		
16.	Zachodniopomorskie	17	11	3	2	1
	Razem	112	66	18	12	6

## Zadania finałowe z rozwiązaniami

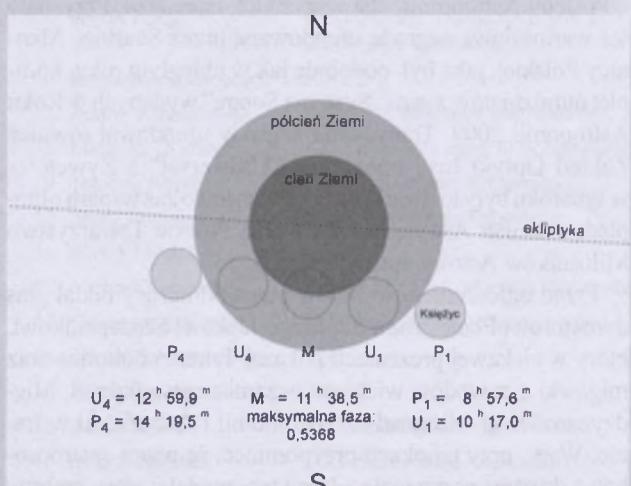
### Zadanie 1

W dniu 26 czerwca 2010 r. nastąpi częściowe zaćmienie Księżyca. Podstawowe parametry tego zaćmienia są zamieszczone na załączonym schematycznym rysunku.

Dla obserwatora znajdującego się w geometrycznym środku widocznej z Ziemi tarczy Księżyca oblicz:

- 1) momenty początku i końca fazy całkowitości tego zjawiska,
- 2) przybliżone momenty wschodu i zachodu Słońca na Księciu w miejscu obserwacji zjawiska.

W rozwiązyaniu pomyń efekty związane z libracją Księżyca i ziemską atmosferą, a także przyjmij, że orbita Księżyca jest okręgiem o promieniu 384400 km.



W obliczeniach użyj następujących danych:  
promień Ziemi 6 378 km

promień Księżyca

1 740 km

promień Słońca

696 000 km

odległość Ziemia–Słońce

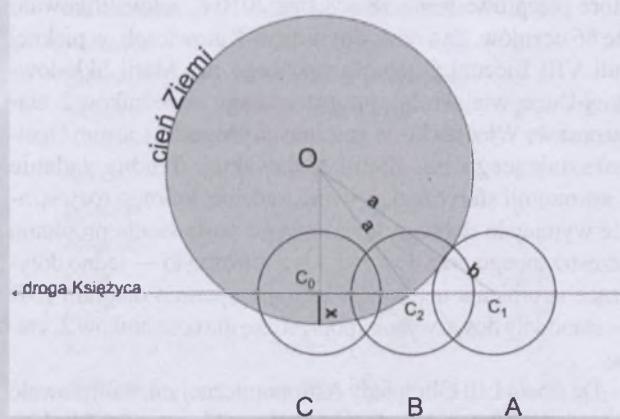
149 600 000 km

Rozwiązanie:

a - promień cienia Ziemi

b - promień Księżyca

x - odległość pomiędzy środkiem tarcz Księżyca i brzegiem cienia Ziemi w maksymalnej fazie



Dla obserwatora na Księciu będzie to zaćmienie Słońca. Ponieważ maksymalna faza zaćmienia częściowego wynosi 0,5368, więc w środku tarczy Księżyca będzie to zaćmienie całkowite o godzinie  $t_0 = 11.38$  UT.

Z prostych zależności geometrycznych obliczymy promień cienia Ziemi, który wynosi 4598 km.

Zadanie można rozwiązywać w układzie współrzędnych związanych ze środkiem cienia Ziemi, a droga środka Księ-

życia będzie cięciwą tego koła. Z danych wynika, że dla obserwatora na Ziemi początek fazy częściowej nastąpi o 10.17 UT. W zadaniu jednak należy obliczyć, kiedy środek tarczy Księżyca znajdzie się na brzegu cienia Ziemi. Wtedy zacznie się faza całkowita zaćmienia Słońca na Księżyca.

Przy maksymalnej fazie zaćmienia zostanie zakryte 0,5368 średnicy tarczy Księżyca, tzn. środek tarczy Księżyca będzie zanurzony 128 km w głęb cienia (na załączonym rysunku jest to wartość „x”)

W położeniu A (Księżyc dotycza cienia Ziemi, co następuje o godzinie  $t_1 = 10.17$  UT, początek fazy częściowej dla obserwatora na Ziemi) rozpatrujemy trójkąt  $C_1C_0O$ . Przy prostokątna  $C_1C_0 = y_1$ , w tym trójkącie będzie równa:

$$y_1^2 = (a + b)^2 - (a-x)^2$$

Analogicznie rozpatrujemy trójkąt  $C_2C_0O$  (położenie Księżyca „B”). Przy prostokątna w tym trójkącie  $C_2C_0 = y_2$  może być obliczona również z twierdzenia Pitagorasa:

$$y_2^2 = a^2 - (a-x)^2$$

Jeśli przyjmiemy, że cień doszedł do środka tarczy Księżyca w momencie  $t_2$ , to mamy proporcję:

$$(t_0 - t_1) / y_1 = (t_0 - t_2) / y_2$$

Po podstawieniu danych otrzymujemy  $y_1 = 4470$  km,  $y_2 = 1077$  km, a początek zaćmienia całkowitego w środku tarczy będzie 19 minut przed fazą maksymalną, czyli o godzinie 11.19 UT, koniec zaćmienia całkowitego o 11.57 UT.

Dla obliczenia wschodu i zachodu Słońca należy do momentu zjawiska dodać i odjąć 1/4 miesiąca synodycznego. Wschód i zachód będą wtedy, gdy w miejscem obserwacji będzie terminator.

## Zadanie 2

We współczesnych kamerach CCD rejestrujących cyfrowy obraz nieba, elementem światłoczułym jest matryca pikseli, z których każdy zmienia padającą na niego fotony na mierzalny ładunek elektryczny. Nie jest jednak możliwe stworzenie matrycy o dokładnie tak samo czułych pikselach i dla tego dla porównania jasności gwiazd, których obrazy są zarejestrowane przez różne części matrycy, wcześniej tą samą kamerą CCD wykonuje się zdjęcie równomiernie oświetlonego pola (tzw. *flatfield*), otrzymując w ten sposób mapę czułości pikseli. Dobrym źródłem takiego oświetlenia jest niebo o zmierzchu, wystarczająco jasne, żeby nie było widać gwiazd.

a) Zakładając, że średnia liczba zliczeń w danym obrazie *flatfield* jest proporcjonalna do energii padającej na matrycę, policz strumień energii na  $\text{m}^2$  niezbędny dla otrzymania średnio 60 000 elektronów na piksel po 3-sekundowym naświetlaniu w filtrze V (załóż, że każdy foton ma długość fali 550 nm). Kamera ma  $1024 \times 1024$  pikseli o rozmiarze  $13 \mu\text{m} \times 13 \mu\text{m}$  każdy a prawdopodobieństwo, że dany foton o tej długości fali wygeneruje 1 elektron wynosi 65%.

b) Wylicz, na jakiej wysokości pod horyzontem musi być Słońce, aby strumień światła wynosił tyle, ile otrzymałeś powyżej. Przyjmij, że z końcem zmierzchu cywilnego strumień światła o długości fali 550 nm docierający z nieba do

kamery wynosi  $4,98 \cdot 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$ , z końcem zmierzchu żeglarskiego  $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$ , a z końcem zmierzchu astronomicznego  $2,93 \cdot 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$ . Przyjmij ponadto, że pomiędzy tymi punktami strumień zmienia się liniowo z wysokością Słońca.

c) Zakładając, że obserwacje są prowadzone w Obserwatorium Astronomicznym Krakowskiego Uniwersytetu Pedagogicznego na Suhorze ( $50^\circ \text{N}, 20^\circ \text{E}$ ), policz, ile minut po zachodzie Słońca w dniu równonocy wiosennej można wykonać *flatfield* opisany powyżej.

Rozwiążanie:

a) Powierzchnia kamery:

$$S = (1024 \times 13 \times 10^{-6})^2 \text{ m}^2 = 0,177 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Liczba elektronów  $N_e$  na całej powierzchni wynosi:

$$N_e = 60\,000 \times 1024 \times 1024 = 6,29 \times 10^{10}$$

Liczba fotonów  $N_f$  potrzebna do wygenerowania tych elektronów:

$$N_f = N_e / 0,65 = 9,68 \times 10^{10}$$

Liczba fotonów na sekundę  $N_f'$  będzie równa:  $N_f' = N_f / 3 = 3,23 \times 10^{10}$

Energia fotonu o długości fali 550 nm:

$$E = h\nu = hc/\lambda = 6,626 \times 10^{-34} \times 2,99 \times 10^8 / 550 \times 10^{-9} = 3,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Strumień energii wynosi więc:

$$(N_f' \times E) / S = (3,23 \times 10^{10} \times 3,60 \times 10^{-19} \text{ J}) / 0,177 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 65,7 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$$

b) Potrzebny strumień energii, wynikający z obliczeń jest większy od docierającego do powierzchni Ziemi pod koniec zmierzchu żeglarskiego i mniejszy od docierającego pod koniec zmierzchu cywilnego;

$4,98 \times 10^{-3} > 65,7 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2} > 11,7 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$   
szukamy więc w tym przedziale.

Stosując liniowe przybliżenie ( $y = ax + b$ ) możemy utworzyć układ równań:

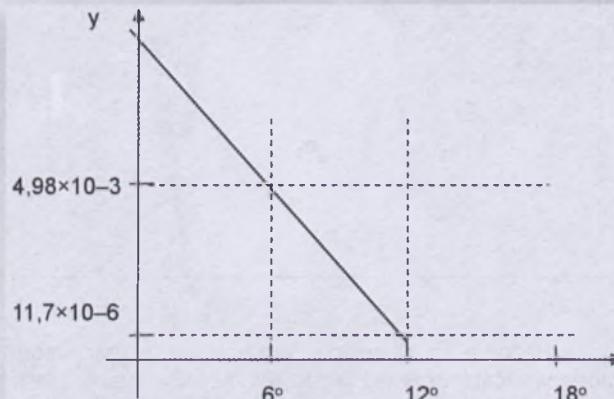
$$4,98 \times 10^{-3} = 6a + b$$

$$11,7 \times 10^{-6} = 12a + b,$$

z którego obliczamy  $b = 9,948 \times 10^{-3}$

Ostatecznie z równania:

$y = (11,7 \times 10^{-6} - 4,98 \times 10^{-3}) / (12 - 6) x + 9,948 \times 10^{-3}$ ,  
gdzie  $y = 65,7 \times 10^{-6} \text{ Wm}^{-2}$  jest strumieniem obliczonym w części a) zadania, znajdujemy  $x$ , czyli kąt (głębokość) Słońca pod horyzontem.



Podstawiając odpowiedź z a) (pożądanego strumienia), kąt wynosi  $11,93^\circ$ .

c) W dzień równonocy deklinacja Słońca  $\delta = 0^\circ$ . Szerokość geograficzna  $\phi = +50^\circ$ . Uwzględniając refrakcję, wysokość Słońca o zachodzie wynosi

$$h = -0,5^\circ, \text{ więc odległość zenitalna } z = 90,5^\circ$$

Kąt godzinny zachodu:  $\cos \tau_w = (\cos z - \sin \phi \sin \delta) / \cos \tau \cos \delta$ ,

$$\tau_w = 90,78^\circ = 6^h 3^m.$$

Kąt godzinny, gdy Słońce jest  $11,93^\circ$  pod horyzontem, czyli dla  $z = 101,93^\circ$ , wynosi:

$$\tau_w = 108,76^\circ = 7^h 15^m$$

$$\tau_w - \tau_w = 1^h 12^m$$

Tak więc opisany powyżej flatfield można wykonać w dniu równonocy wiosennej  $1^h 12^m$  po zachodzie Słońca (sam czas zachodu nie jest potrzebny).

### Zadanie 3

Aparatura planetarium odtworzy wygląd sfery niebieskiej z pewnego miejsca na Ziemi podczas jednej nocy bieżącego roku, w momencie górowania Słońca w Greenwich.

Mając do dyspozycji kalendarz astronomiczny Planetarium Śląskiego, dla prezentowanej sytuacji, z możliwie największą dokładnością, określ:

- a) datę,
- b) godzinę według prawdziwego lokalnego czasu słonecznego,
- c) długość geograficzną miejsca obserwacji,
- d) szerokość geograficzną miejsca obserwacji.

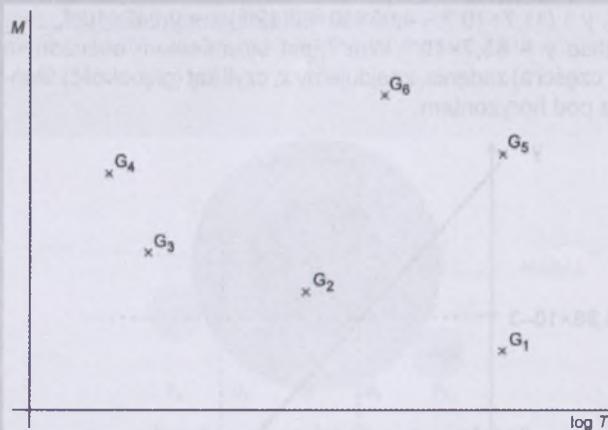
Uzyskane wyniki uzasadnij i oceń ich dokładność.

(Aparatura planetarium odtwarzała wygląd nieba z wszystkimi widocznymi gołym okiem ciałami niebieskimi z okolic Pekinu w dniu 23.09.2010 r.)

### Zadanie 4

Na załączonym rysunku, przedstawiającym teoretyczny diagram H-R, zaznaczono położenie sześciu gwiazd ( $G_1 \dots G_6$ ). Uzreguj wszystkie te gwiazdy według ich wzrostających promieni, wiedząc, że gwiazda  $G_2$  ma temperaturę efektywną  $T_2 = 10^4$  K i absolutną wielkość gwiazdową  $M_2 = 4^m$ , a gwiazda  $G_6$  — odpowiednio  $T_6 = 8 \cdot 10^3$  K i  $M_6 = -1^m$ .

Rozwiązanie:



Zauważamy, że na osiach diagramu nie są zaznaczone żadne wartości, brak też jednostek. Należy więc w pierwszej kolejności ustalić jakąś wartość (na jednej osi — temperatury, a na drugiej — jasności) i analogicznie nanieść dwie inne takie wartości, by ustalić odpowiednie jednostki.

Robimy to na podstawie danych o gwiazdach  $G_2$  i  $G_6$ . W rezultacie na osi  $\log T$  otrzymujemy punkty 3,9 (wystartzająco dokładnie, bo  $\log 8000 = 3,9030$ ) i 4,0 natomiast na osi wielkości gwiazdowych odpowiednio punkty -1 i 4. Teraz już możemy odczytać temperatury i jasności pozostałych czterech gwiazd, gdyż na osiach mamy ustalone skale. Przy starannym rysunku i dokładnych odczytach  $\log T$  i  $M$  otrzymamy komplet danych:

$G_n$ — gwiazda	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G_4$	$G_5$	$G_6$
$T_n$ — temp. w K	5600	10000	15800	17800	5600	8000
$M_n$ — jasność w mag.	5,5	4,0	3,0	1,0	0,5	-1

Ponieważ moc promieniowania gwiazdy zależy m. in. od jej promienia  $R_n$ , w rozwiązaniu możemy, posługując się prawem Stefanna — Boltzmanna, wyrazić moc promieniowania  $L_n$  gwiazd w stosunku do mocy promieniowania dowolnie wybranej gwiazdy, np. do mocy gwiazdy  $G_2$ , której dane zawarte są w treści zadania. Otrzymamy wtedy:

$$\frac{L_n}{L_2} = \left( \frac{R_n}{R_2} \right)^2 \left( \frac{T_n}{T_2} \right)^4,$$

gdzie  $T_n$  oznacza temperaturę efektywną n-tej gwiazdy.

Z kolei posługując się prawem Pogsona, możemy teraz wyrazić stosunek mocy promieniowania gwiazd różnicą ich absolutnych wielkości gwiazdowych.

$$\frac{L_n}{L_2} = 10^{0,4(M_2 - M_n)}.$$

Dlatego stosunek promieni gwiazd do promienia gwiazdy  $G_2$  wyrazi się wzorem:

$$\frac{R_n}{R_2} = \left( \frac{T_2}{T_n} \right)^2 10^{0,2(M_2 - M_n)}.$$

Podstawienie wartości liczbowych dla gwiazd opatrzonych indeksami od 1 do 6 da nam promień tych gwiazd wyrażone promieniem gwiazdy  $G_2$ :

$$R_1 = 1,60; R_2 = 1,00; R_3 = 0,63; R_4 = 1,25; R_5 = 16,0; R_6 = 15,6.$$

Stąd ostateczna odpowiedź:

$$R_3 < R_2 < R_4 < R_1 < R_6 < R_5.$$

### Zadanie 5

Czerwone olbrzymy w końcowym etapie swego życia odrzucają znaczną część atmosfery. Uważa się, że przyczyną zjawiska jest rekombinacja wodoru dostarczająca energii. Warstwa, w której zjawisko zachodzi, może odeswać się od gwiazdy. Uważa się, że następuje to wtedy, gdy energia termiczna wodoru tworzącego atmosferę gwiazdy jest bliska 1/3 energii jonizacji wodoru, czyli około 4,5 eV, a rozważana warstwa jest w odpowiedniej odległości od środka gwiazdy. W jakiej temperaturze to zachodzi? Jaki wynika stąd maksymalny promień czerwonego olbrzyma o masie 0,8 masy Słońca?

Rozwiązanie:

Rozwiązanie tego zadania sprowadza się do dwu niezależnych czynności, odpowiadającym dwu pytaniom zadanym w zadaniu. Po pierwsze trzeba obliczyć, jakiej temperaturze odpowiada założona energia 4,5 eV, po drugie wyliczyć

czyć promień gwiazdy o założonej masie z porównania tej energii z potencjałem pola grawitacyjnego tej gwiazdy. Pewnym utrudnieniem była konieczność samodzielnego wyszukania wartości niezbędnych w obliczeniach stałych. „Elementarne” rozwiązanie zadania sprowadza się więc do wy pisania (i rozwiązywania) dwu równań:

$$\frac{3}{2} \cdot k \cdot T = E_r, \quad (1)$$

oraz

$$E_r = \frac{G \cdot M \cdot m}{R} \quad (2)$$

gdzie odpowiednio przez  $k$ ,  $T$ ,  $E_r$ ,  $M$ ,  $m$  i  $R$  oznaczono stałą Boltzmanna, temperaturę w momencie rekombinacji, energię wydzieloną w momencie rekombinacji masy gwiazdy i atomu wodoru oraz promień warstwy, w której zachodzi rekombinacja. Jak łatwo zauważać, w celu rozwiązania zadania należało założyć, że energia cieplna warstwy w całości pochodzi z rekombinacji oraz że energia ta w całości może przekształcić się w energię grawitacyjną. Przy tych założeniach, które uczestnik musiał samodzielnie określić, równanie (2) jest oczywiste i umożliwia znalezienie promienia czerwonego olbrzyma. Warto dodać dość realistyczny – uzyskuje się wynik rzędu jednostki astronomicznej.

Jak widać, zadanie nie nastręczało prawie żadnych trudności technicznych, a główny problem sprowadzał się do właściwego postawienia problemu.

Zadanie umożliwiło uczestnikom zrozumienie, skąd bierze się jeden z ważnych faktów astronomicznych, jakim są rozmiary czerwonych olbrzymów.

### Zadanie 6

Prędkości liniowe gwiazd na peryferiach Galaktyki praktycznie nie zależą od odległości od jej środka. Zjawisko takie obserwuje się też w innych galaktykach. Jedną z hipotez, które próbują to tłumaczyć, jest istnienie galaktycznego halo, w którym dana galaktyka jest zanurzona. Jak powinna się zmieniać gęstość materii w odległościach większych od przyjmowanych rozmiarów Galaktyki, by w tych rejonach

prędkości liniowe gwiazd obiegających po okręgach jej centrum nie zależały od promienia orbity? Oblicz masę materii halo w warstwie sfery rozciągającej się od  $R_1 = 15$  kpc do  $R_2 = 30$  kpc od środka Galaktyki, przyjmując, że stała prędkość gwiazd na jej obrzeżu  $v = 230$  km/s.

Uwaga:

W rozwiązaniu rozpatrz sferyczne symetryczne halo Galaktyki oraz pomiń niesferyczność dysku.

Rozwiązanie:

Przy przyjętych założeniach siła dośrodkowa w kołowym ruchu ciała o masie  $m$  w odległości  $r$  od środka Galaktyki o masie  $M$  musi być równa sile grawitacji, czyli:

$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r},$$

gdzie  $v$  jest prędkością ciała w tym ruchu, a  $G$  — stałą grawitacji.

Stąd:

$$v^2 = \frac{GM}{r}.$$

Aby  $v$  było stałe, musi zachodzić  $M \sim r$ , czyli  $M = M(r) = kr$ , więc  $v^2 = Gk$ . Po podstawieniu danych liczbowych można obliczyć stałą  $k = 7,26 \cdot 10^{20}$  kg / m =  $1,13 \cdot 10^7 M_\odot$  / pc, gdzie  $M_\odot$  jest masą Słońca.

Gęstość w odległości  $r$  od środka Galaktyki wynosi

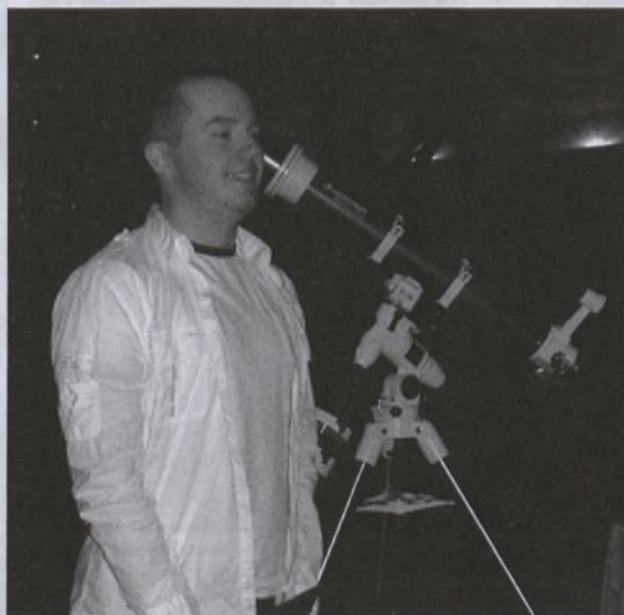
$$\rho(r) = \frac{dM(r)}{dV},$$

gdzie  $dM(r)$  jest masą w warstwie kuli o grubości  $dr$ , a  $dV$  objętością tej warstwy.

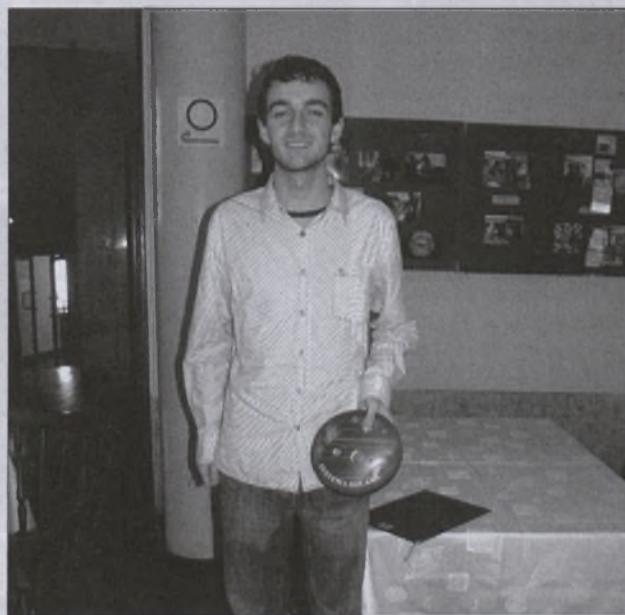
Zatem

$$\rho(r) = \frac{k(r+dr) - kr}{4\pi r^2 dr} = \frac{k}{4\pi r^2}.$$

W przyjętym modelu zadana warstwa miałaby masę  $M = k(R_2 - R_1) = 17,0 \cdot 10^{10} M_\odot$ .



Zwycięzca LIII olimpiady Astronomicznej Damian Puchalski przy swojej lunecie



Laureat 2. miejsca Przemysław Mróz prezentuje swój komplet numizmatów. Fot. Gabriela Sowa

## Odkryto unikalny układ gwiazd podwójnych zaćmieniowych!

Astrofizycy z Uniwersytetu Santa Barbara w Kalifornii (UCSB) jako pierwsi odkryli przedziwny układ podwójny zaćmieniowy, którego składnikami są dwa zupełnie różne białe karły. Jeden z nich okazuje się być rzadko spotykanym białym karłem z helowym jądrem o mase zaledwie 10–20% masy Słońca.

Odkrywcą tego niezwykłego układu gwiazd jest jeden z absolwentów UCSB, Justin Steinfadt. Obserwując gwiazdę NLTT 11748, wykonywano jej szybkie zdjęcia w serii co około minutę. Na kilku obrazach obserwowana gwiazda była nieco słabsza. Steinfadt szybko zdał sobie sprawę ze znaczenia swojego odkrycia. „Monitorowaliśmy wiele gwiazd, ale i tak uważam, że mieliśmy szczęście” — dodaje młody odkrywca.

Avi Shporer z UCSB brał udział w obserwacjach i szybko ocenił, co tak naprawdę miało miejsce. „Wiedzieliśmy, że dzieje się tam coś nadzwyczajnego, zwłaszcza po tym, jak potwierdziliśmy nasze pierwsze obserwacje w czasie kolejnej nocy” — mówi. Uczeni obserwowali trzyminutowe zaćmienia dwukrotnie w ciągu trwającego 5,6 godz. okresu orbitalnego układu.

Podeksytowanie i potrzeba dalszego potwierdzenia odkrycia doprowadziły do użycia 10-metrowego Teleskopu Kecka na Hawajach już 5 tygodni później. Do obserwacji dołączył David Kaplan, członek zespołu Teleskopu Kosmicznego Hubble'a i Instytutu Fizyki Teoretycznej im. Kaviego w Santa Barbara.

Podczas jednej z nocy naukowcom udało się zaobserwować przesunięcia dopplerowskie w świetle gwiazdy NLTT 11748 w miarę, jak ta obiegała słabszego, ale masowniejszego towarzysza — zwykłego białego karła. „Niesamowite było móc patrzeć, jak prędkość tej gwiazdy zmieniała się dosłownie w ciągu zaledwie kilku minut” — wspomina Kaplan.

Gwiazdy kończą swój żywot na różne sposoby. Białe karły to gęste obiekty o rozmiarach Ziemi, będące pozostałościami po gwiazdach podobnych do Słońca. Gwiazda staje się białym karłem, gdy wyczerpie już swoje zapasy paliwa jądrowego i pozostawia po sobie tylko gęste jądro złożone głównie z węgla i tlenu. Uczeni uważają, że powstanie układu zawierającego niezwykle małomasywnego, helowego białego karła musiało być wynikiem oddziaływań i utraty masy przez obie gwiazdy układu we wcześniejszych etapach ich ewolucji.

O istnieniu niezwykłych białych karłów złożonych z czystego helu wiadomo już od ponad 20 lat, przy czym opisująca je teoria przewiduje, że powinny one być bardziej gorące i większe niż zwykłe białe karły. Ich rozmiary nie zostały jednak nigdy zmierzone. Tymczasem obserwacje gwiazdy NLTT 11748 przyniosły pierwsze bezpośrednie pomiary promienia takiego białego karła i okazują się potwierdzać teorię!

Drugi składnik układu to standardowy biały karzeł zbudowany z węgla i tlenu o masie równej około 70% masy Słońca. Jest bardziej masywny i znacznie mniejszy niż jego niezwykły towarzysz, a jego blask jest ponad 30 razy słabszy.

Andrzej Gibiec

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Jowisz stracił południowy pas równikowy

Jeden z głównych elementów widocznych na tarczy Jowisza, południowy pas równikowy, zniknął! Mimo iż jego zniknięcie jest najprawdopodobniej efektem gwałtownych burz w atmosferze Jowisza, jednak uczeni nie potrafią wyjaśnić, co było główną przyczyną. Nie wiedzą również, jak długo pas pozostanie niewidoczny.

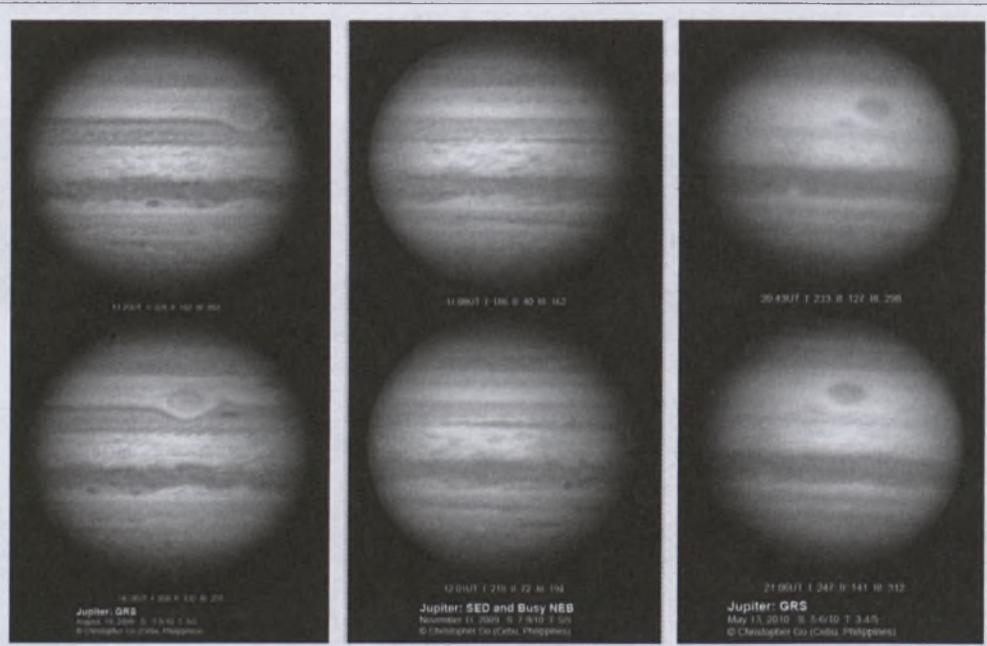
Nie pierwszy raz jesteśmy świadkami takiego zjawiska i najprawdopodobniej nieostatni. Południowy pas równikowy zniknął również w 1973 i 1991 r.

Astronomowie zauważylie nieobecność pasa po tym, jak Jowisz ponownie wrócił na poranne niebo w marcu. Wcześniej pozostawał niewidoczny, ponieważ z naszego punktu widzenia znajdował się za Słońcem.

Jowisz znajdzie się w opozycji pod koniec tego lata i wówczas będą bardzo dobre warunki do jego obserwacji. W dniu 21 września planeta będzie największa i najjaśniejsza w ciągu ostatnich 47 lat. Rozmiar kątowy będzie wynosił wówczas 49,9 sekund łuku, gdzie największy możliwy rozmiar to 50,1 sekund łuku, a jego jasność osiągnie -2,9 magnitudo, co stanowi 4 razy więcej niż jasność Syriusa.

Hubert Siejkowski

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)



Trzy serie zdjęć wykonanych przez astronoma amatora Christophera Go z Cebu w Filipinach. Zdjęcia po lewej przedstawiają południowy pas równikowy widziany w sierpniu 2009 r. Na środkowych zdjęciach, wykonanych w listopadzie poprzedniego roku, pas powoli zaczyna zanikać. Zdjęcia po prawej, z 13 maja br., ukazują obecny stan Jowisza, bez pasa równikowego. Na wszystkich zdjęciach południe jest u góry.

Źródło: Christopher Go



**DOLĄC DO GRONA ODKRYWCÓW.** Już siódma supernowa została odkryta naszym teleskopem!

## Sky-Watcher

Synta Sky-Watcher DOB 6"	869 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8"	1329 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10"	1999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12"	2999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8" rozsuwany	1449 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10" rozsuwany	2149 zł
Synta BKPK13085 EQ2	789 zł
Synta SK1309 EQ2	599 zł
Synta BKPK15075EQ3-2	1249 zł
Synta BKPK2001EQ5	2199 zł
Synta 909AZ3	599 zł
Synta 909	399 zł
Synta 1021EQ3-2	1849 zł
Synta 1206EQ3-2	1849 zł
Synta BKMAK102	749 zł
Synta BKMAK127	1299 zł
Synta BKMAK150	2549 zł
Synta MAK180	3599 zł



Lornetka Nikon Action VII 8x40	240 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	290 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	305 zł
Lornetka Nikon Action VII 12x50	340 zł
Lornetka Nikon Action VII 16x50	390 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x35	480 zł
Lornetka Nikon Action EX 8x40	500 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x50	535 zł
Lornetka Nikon Action EX 10x50	585 zł
Lornetka Nikon Action EX 12x50	630 zł
Lornetka Nikon Action EX 16x50	680 zł



## MEADE

Meade LightBridge 8" Pyrex De Lux	2295 zł
Meade LightBridge 10" Pyrex De Lux	2995 zł
Meade LightBridge 12" Pyrex De Lux	3895 zł
Meade LightBridge 16" Pyrex De Lux	9899 zł
Meade LX200 ACF 8"	15999 zł
Meade LX200ACF 10"	18999 zł
Meade LX200ACF 12"	26999 zł
Meade LX200ACF 14"	38999 zł
Meade LX200ACF 18"	84999 zł
Meade SN LXD-75 8"	4999 zł
Meade SN LXD-75 8"	6299 zł
Meade SN LXD-75 10"	6999 zł
Meade ETX 80 AT	1299 zł
Meade ETX 90 PE	2799 zł
Meade ETX 125 PE	4199 zł

## LUMICON

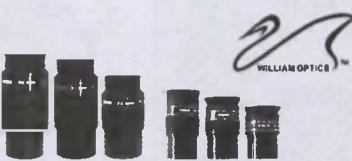


Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 1,25"	375 zł
Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 2"	730 zł

## GSO



Crayford 2" do Newtona CRF001	349 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF086	549 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF230	458 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-SCT001	458 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-MLP230	458 zł
Tuba optyczna GSO MT-800	1999 zł
Tuba optyczna GSO MT-1000	1999 zł
NLA001 Newtonian Kolimator 1.25"	199 zł



Okular W-O SWAN 9 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 15 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 20 mm 1,25"	309 zł
Okular W-O SWAN 25 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 33 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 40 mm 2"	459 zł

## SKY PUBLISHING

Starry Night Enthusiast 8.0	398 zł
Starry Night Pro 6.2	650 zł
Starry Night Pro Plus 6.2	1050 zł
Pocket Sky Atlas	79 zł
Sky Atlas 2000.0 - wersja deluxe	219 zł
Sky Atlas 2000.0 Field - laminowany	269 zł



## COR NADO

Teleskop słoneczny "Coronado" SolarMax 40/10	9999 zł
Teleskop słoneczny "Coronado" PST	2999 zł



## Złączki i redukcje

Redukcja M42x1 / Canon EOS	49 zł
Redukcja M42x1 / Nikon	49 zł
Redukcja M42x1 / Sony Alfa	49 zł
Redukcja M42x1 / Olympus	49 zł
Redukcja M42x1 / Pentax	49 zł
Redukcja T2 / Canon EOS	49 zł
Redukcja T2 / Nikon	49 zł
Redukcja T2 / Minolta AF	49 zł
Redukcja T2 / Olympus	49 zł
Redukcja T2 / Pentax	49 zł
Redukcja SCT / M42x1	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	79 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do Newtona	149 zł
Złączka 2" / M42x1 z gwintem filtrowym	59 zł
Złączka 1,25" / M42x1 z gwintem filtrowym	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	59 zł
Redukcja 1,25" / WEB do SPC900	49 zł
Redukcja 23,2mm / WEB	39 zł
Redukcja 23,2mm / WEB do SPC900	39 zł
Złączka okularowa M42 / 2" z Clamping ringiem	69 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do refraktora	149 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do refraktora	159 zł
Wyciąg przesuwny 2" do refraktora	199 zł
Wyciąg przesuwny 2" do refraktora	219 zł



## Okulary NPL

Plössla "Vixen" NPL 6mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 10mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 15mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 20mm	135 zł
Plössla "Vixen" NPL 25mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 30mm	165 zł
Plössla "Vixen" NPL 40mm	165 zł



## Okulary NLV

Lantanowy NLV 2,5mm	519 zł
Lantanowy NLV 4mm	489 zł
Lantanowy NLV 5mm	449 zł
Lantanowy NLV 6mm	429 zł
Lantanowy NLV 8mm	449 zł
Lantanowy NLV 10mm	429 zł
Lantanowy NLV 12mm	449 zł
Lantanowy NLV 15mm	449 zł
Lantanowy NLV 20mm	519 zł
Lantanowy NLV 25mm	519 zł



## Okulary LVW

Lantanowy LVW 3,5mm	879 zł
Lantanowy LVW 5mm	879 zł
Lantanowy LVW 8mm	819 zł
Lantanowy LVW 13mm	849 zł
Lantanowy LVW 17mm	879 zł
Lantanowy LVW 22mm	879 zł
Lantanowy LVW 42mm	1289 zł

Niniejszy cennik nie stanowi oferty w myśl przepisów prawa handlowego

# Wrzesień

## Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekleptyce 23 września przekracza równik niebieski w punkcie równonocy jesiennej, wstępując w znak Wagi, co rozpoczyna astronomiczną jesień. Dni stają się ciągle coraz krótsze. W Warszawie 1 września Słońce wschodzi o  $3^{\text{h}}47^{\text{m}}$ , zachodzi o  $17^{\text{h}}24^{\text{m}}$ , a 30 września wschodzi o  $4^{\text{h}}35^{\text{m}}$ , zachodzi o  $16^{\text{h}}16^{\text{m}}$ .

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
IX 1	21,02	7,19	64,19
3	21,52	7,22	37,77
5	21,99	7,24	11,35
7	22,44	7,25	344,94
9	22,87	7,25	318,53
11	23,28	7,24	292,12
13	23,66	7,23	265,71
15	24,02	7,21	239,31
17	24,35	7,18	212,90
19	24,66	7,14	186,50
21	24,94	7,09	160,10
23	25,20	7,03	133,70
25	25,43	6,97	107,30
27	25,63	6,90	80,91
IX 29	25,80	6,82	54,51
X 1	25,95	6,73	28,12

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

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

5<sup>d</sup>20<sup>h</sup>38<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

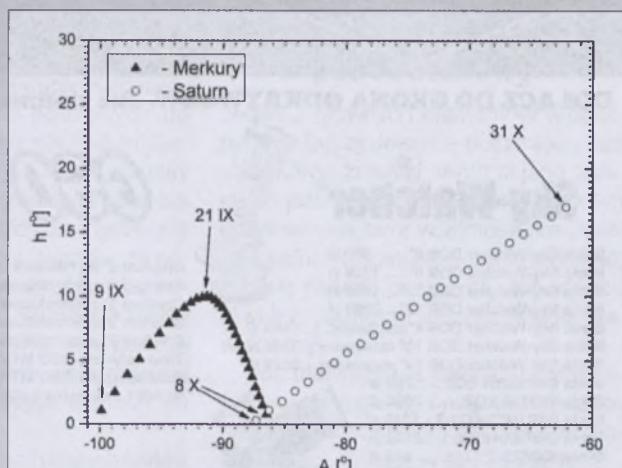
## Księżyc

Bezksiążcowe noce będziemy mieli w pierwszej połowie września, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $1^{\text{d}}17^{\text{h}}22^{\text{m}}$ , now 8<sup>d</sup>10<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 15<sup>d</sup>05<sup>h</sup>50<sup>m</sup> i pełnia 23<sup>d</sup>09<sup>h</sup>17<sup>m</sup>. W perygeum Księżyca znajdzie się 8 września o  $4^{\text{h}}02^{\text{m}}$  a w apogeum 21 września o  $8^{\text{h}}04^{\text{m}}$ .

## Planety, planety karłowate i planetoidy

W drugiej połowie września nad ranem, nisko nad wschodnim horyzontem, będzie można dostrzec **Merkurego**. W dniu 21 września planeta, na godzinę przed wschodem Słońca, wznieśnie się na wysokość  $10^{\circ}$  nad horyzontem, świecąc z jasnością  $-0,5^{\text{m}}$ . Przez teleskop będzie można wtedy dostrzec tarczę Merkurego o średnicy  $7''$  w fazie zbliżonej do kwadry. Wrzesień jest miesiącem najlepszej porannej widzialności Merkurego w 2010 r.

Na początku miesiąca, godzinę po zachodzie Słońca, na wysokości zaledwie  $2^{\circ}$  nad południowo-zachodnim horyzontem teoretycznie można jeszcze odnaleźć **Wenus**, jednak ginie ona już wtedy w blasku zorzy wieczornej, a w kolejnych dniach warunki obserwacyjne planety szybko się pogarszają.



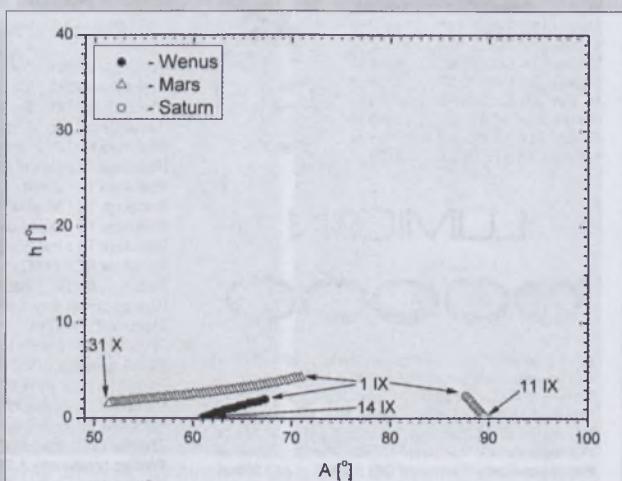
Rys. 1. Merkury i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego we wrześniu i październiku 2010 (około godzinę przed wschodem Słońca)

Znajdujący się tylko  $2^{\circ}$  powyżej Wenus **Mars** również zachodzi niedługo po zachodzie Słońca i przy jasności zaledwie  $+1,5^{\text{m}}$  jest praktycznie niewidoczny, ginąc całkowicie w blasku zorzy wieczornej.

**Jowisz** widoczny jest przez całą noc, świecąc wysoko na niebie z jasnością  $-2,9^{\text{m}}$  na tle gwiazdozbioru Ryb. W związku z przebywaniem planety w opozycji średnica tarczy Jowisza osiąga największą w bieżącym roku wartość równą  $50''$ , co ułatwia teleskopowe obserwacje szczegółów w atmosferze planety oraz zjawisk w układzie jej największych księżyców. Przez większe teleskopy amatorskie można będzie dostrzec tarcze księżyców galileuszowych Jowisza: Io ( $1,27''$ ), Europe ( $1,09''$ ), Ganimedesa ( $1,83''$ ) i Callisto ( $1,67''$ ).

Warunki obserwacji **Saturna** są identyczne jak położonej na niebie w pobliżu Wenus i przy jasności  $+1,0^{\text{m}}$  na wysokości  $3^{\circ}$  nad horyzontem (na początku miesiąca) jest on całkowicie niewidoczny na tle zorzy wieczornej. Z dnia na dzień warunki potencjalnej porannej widzialności Saturna szybko się pogarszają.

Przez całą noc w gwiazdozbiorze Ryb widoczny jest



Rys. 2. Wenus, Mars i Saturn nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego we wrześniu i październiku 2010 (około godzinę po zachodzie Słońca)

Uran (o jasności 5,7<sup>m</sup>), a w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Koziorożca możemy jeszcze obserwować Neptuna (7,8<sup>m</sup>). Małe średnice tarcz tych planet (odpowiednio 3,7" i 2,3") utrudniają dostrzeżenie jakichkolwiek szczególnów powierzchniowych nawet przez większe teleskopy amatorskie, jednak już teleskop o średnicy przynajmniej 10 cm i powiększeniu 100× pozwoli na dostrzeżenie tarczy Urania oraz odróżnienie obrazu Neptuna od obrazów dyfrakcyjnych sąsiednich gwiazd o podobnych jasnościach.

Planeta karłowata (134340) Pluton jest widoczna wieczorem w gwiazdozbiorze Strzelca, jednakże jej jasność wynosi jedynie 14,5<sup>m</sup> i do jej zaobserwowania niezbędny jest teleskop o średnicy zwierciadła przynajmniej 20 cm.

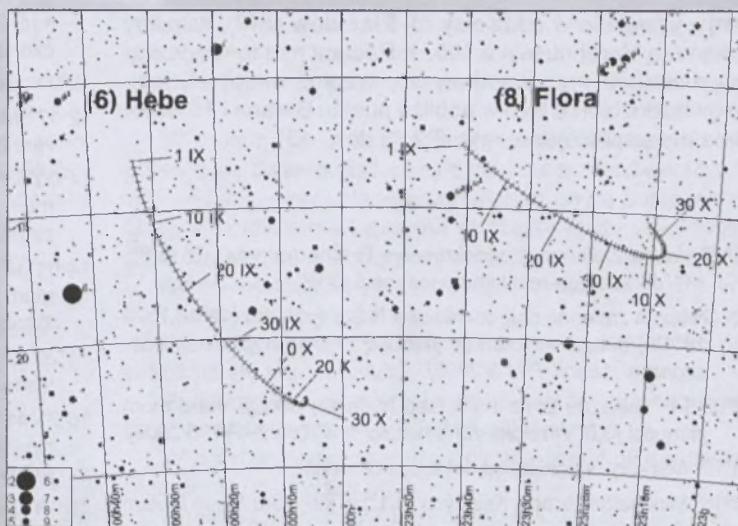
We wrześniu w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy (jaśniejsze od 9,0<sup>m</sup>):

(6) Hebe, (jasność 7,8<sup>m</sup>—7,7<sup>m</sup>). 8 IX: 0<sup>h</sup>31,1<sup>m</sup>, -14°55'; 18 IX: 0<sup>h</sup>26,3<sup>m</sup>, -17°33'; 28 IX: 0<sup>h</sup>20,0<sup>m</sup>, -19°50'.

(8) Flora, (jasność 8,2<sup>m</sup>—8,4<sup>m</sup>). 8 IX: 23<sup>h</sup>35,5<sup>m</sup>, -13°38'; 18 IX: 23<sup>h</sup>26,8<sup>m</sup>, -15°01'; 28 IX: 23<sup>h</sup>18,5<sup>m</sup>, -16°02'.

#### Meteory

We wrześniu można obserwować meteory z kilku słabo zbadanych rojów o niskiej aktywności, z radiantami w gwiazdozbiorach Barana, Perseusza, Kasjopei i Woźnicy, być może związanych genetycznie z kometą Kiesa (1911 II). Od 5 do 17 września promienią wrześniowe Perse-



Rys. 3. Trasy planetoid (6) Hebe i (8) Flora na tle gwiazd gwiazdozbioru Wieloryba i Wodnika we wrześniu i październiku 2010 (zaznaczone gwiazdy do 9<sup>m</sup>)

idy [SPE]. Rój jest mało aktywny, jednak 9 września 2008 r. odnotowano rozbłysk jasnych meteorów z tego strumienia. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Perseusza i ma współrzędne: rekt. 4<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, dekl. +47°. Maksimum aktywności tego bardzo słabo zbadanego roju przypada 9 września o 15<sup>h</sup>. W tym roku w obserwacjach opisywanych meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż po nowiu.

Przez cały wrzesień możemy też obserwować wolne, czerwonawe i często jasne meteory z mało aktywnego, ekleptycznego Źródła Przeciwsłonecznego [ANT], daw-

## XIV Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii OZMA 2010

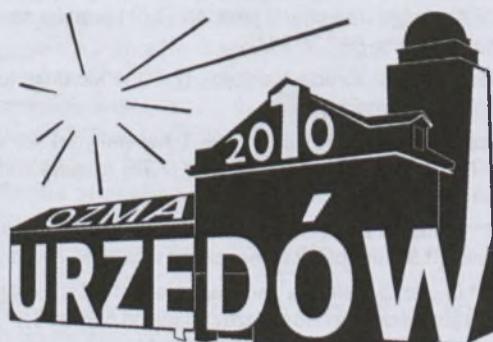
Termin zlotu: 12—15 sierpnia 2010 r.

Miejsce: Urządów k. Kraśnika

Zakwaterowanie: własne namioty, hotele lub kwatery we własnym zakresie.

W programie m.in.: wykłady i prelekcje zaproszonych gości specjalnych, prezentacje uczestników, obserwacje (maksimum Perseidów!), konkursy z nagrodami, wystawy, koncerty, stoiska ze sprzętem obserwacyjnym, literaturą i meteorytami.

W czasie zlotu odbędzie się obóz Pracowni Komet i Meteorów!



**Wyżywienie:** tradycyjnie 2 obiady i kiełbaski na ognisko. Pozostałe posiłki we własnym zakresie.

**Organizatorzy i sponsorzy:**

- Pałucko-Pomorskie Stowarzyszenie Astronomiczno-Ekologiczne, Niedźwiady
- Urząd Gminy Urządów
- Gminny Ośrodek Kultury w Urzędowie
- Zespół Szkół im. Orląt Lwowskich w Urzędowie
- Pracownia Komet i Meteorów — Polish Fireball Network
- KMA im. Jana Heweliusza
- Józef Baran
- Astrozakupy.pl

Zapisy: e-mail: [hewelstar@poczta.onet.pl](mailto:hewelstar@poczta.onet.pl), tel. kom. 669 131 233 (Damian Serwa)

lub zgłoszenia listowne:

Gminny Ośrodek Kultury w Urzędowie,  
ul. B. Dzikowskiego 1.  
23-250 Urządów  
z dopiskiem OZMA

Więcej informacji oraz szczegółowy program na oficjalnej stronie zlotu [www.ozma.astronomia.pl](http://www.ozma.astronomia.pl)

niej wydzielane w oddzielný rój **Piscidów (SPI)**, wiązany z kometą Morehouse'a z 1907 r. Radiant meteorów, w ciągu miesiąca przesuwający się wzduł ekiptyki, leży w gwiazdozbiorze Ryb w pobliżu punktu Barana i 15 września ma współrzedne: rekt.  $0^{\text{h}}20^{\text{m}}$ , dekl.  $+3^{\circ}$ .

六一書

- 1<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Cnc (miryda) ( $8^{\text{h}}16,6^{\text{m}}$ ,  $+11^{\circ}44'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,8^{\text{m}}$ ).

2<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Sgr (miryda) ( $19^{\text{h}}16,7^{\text{m}}$ ,  $-19^{\circ}18'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,3^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 3/2005].

3<sup>d00</sup><sup>h14</sup><sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

3<sup>d12</sup><sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

6<sup>d16</sup><sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,1^{\circ}$ ) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

7<sup>d01</sup><sup>h14</sup><sup>m</sup> 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].

7<sup>d21</sup><sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odł.  $2^{\circ}$ .

9<sup>d00</sup><sup>h22</sup><sup>m</sup> 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” 5/2006].

9<sup>d18</sup><sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżycem w odł.  $8^{\circ}$ .

11<sup>d04</sup><sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odł.  $5^{\circ}$ .

11<sup>d12</sup><sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżycem w odł.  $1^{\circ}$ .

11<sup>d23</sup><sup>h32</sup><sup>m</sup> 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” 5/2006].

12<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Ser (miryda) ( $15^{\text{h}}50,7^{\text{m}}$ ,  $+23^{\circ}52'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,3^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 4/2007].

14<sup>d01</sup><sup>h34</sup><sup>m</sup> 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” 5/2006].

14<sup>d20</sup><sup>h57</sup><sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

16<sup>d21</sup><sup>h41</sup><sup>m</sup> 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” 5/2007].

18<sup>d18</sup><sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy ρ Cap (4,9 $^{\text{m}}$ ) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w całej Polsce, na wysokości około  $15^{\circ}$  nad horyzontem (Szczecin  $17^{\text{h}}48^{\text{m}}$  — Lublin  $18^{\text{h}}03^{\text{m}}$ ).

18<sup>d20</sup><sup>h08</sup><sup>m</sup> 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” 1/2008].

19<sup>d02</sup><sup>h36</sup><sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

19<sup>d14</sup><sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,1^{\circ}$ ) w kierunku *Mare Australis* (oświetlone).

19<sup>d17</sup><sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości  $17^{\circ}52'$ .

19<sup>d17</sup><sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Uranem w odł.  $0,8^{\circ}$ .

20<sup>d13</sup><sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odł.  $3^{\circ}$ .

21<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa S CrB (miryda) ( $15^{\text{h}}21,4^{\text{m}}$ ,  $+31^{\circ}22'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,3^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 4/2007].

22<sup>d00</sup><sup>h</sup> Jowisz w opozycji do Słońca.

22<sup>d01</sup><sup>h12</sup><sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

22<sup>d14</sup><sup>h</sup> Uran w opozycji do Słońca.

23<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa RS Lib (miryda) ( $15^{\text{h}}24,3^{\text{m}}$ ,  $-22^{\circ}55'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2009].

23<sup>d03</sup><sup>h09</sup><sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Wagi, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas  $180^{\circ}$ , mamy zrównanie dnia z nocą i początek jesieni astronomicznej.

23<sup>d07</sup><sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odł.  $7^{\circ}$ .

23<sup>d08</sup><sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżycem w odł.  $6^{\circ}$ .

25<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa S Her (miryda) ( $16^{\text{h}}51,9^{\text{m}}$ ,  $+14^{\circ}57'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,6^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 2/2007].

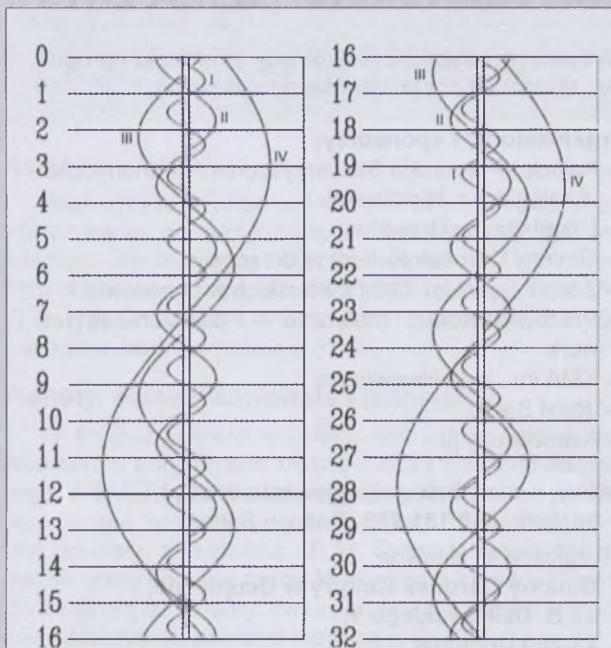
26<sup>d10</sup><sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $7,4^{\circ}$ ) w kierunku krateru *Schickard* (oświetlony).

27<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T Aqr (miryda) ( $20^{\text{h}}49,9^{\text{m}}$ ,  $-5^{\circ}09'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,7^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 3/2009].

29<sup>d20</sup><sup>h11</sup><sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

29<sup>d23</sup><sup>h22</sup><sup>m</sup> 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].

30<sup>d18</sup><sup>h</sup> Saturn w koniunkcji ze Słońcem.



Rys. 4. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza we wrześniu 2010 (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

## 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  $16^{\text{h}}14^{\text{m}}$ , a 31 października wschodzi o  $5^{\text{h}}29^{\text{m}}$ , zachodzi o  $15^{\text{h}}09^{\text{m}}$ .

W październiku Słońce wstępuje w znak Skorpiona.

### Dane dla obserwatorów Słońca (na $0^{\text{h}}$ czasu UT)

Data 2010	P [ $^{\circ}$ ]	B <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]	L <sub>0</sub> [ $^{\circ}$ ]
X 1	25,95	6,73	28,12
3	26,07	6,63	1,73
5	26,17	6,53	335,34
7	26,23	6,41	308,95
9	26,27	6,29	282,57
11	26,28	6,17	256,18
13	26,25	6,03	229,80
15	26,20	5,89	203,42
17	26,12	5,74	177,04
19	26,00	5,58	150,65
21	25,86	5,42	124,27
23	25,69	5,25	97,90
25	25,48	5,07	71,52
27	25,25	4,89	45,14
29	24,98	4,70	18,77
X 31	24,68	4,50	352,39

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

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

$3^{\text{d}}03^{\text{h}}09^{\text{m}}$  i  $30^{\text{d}}10^{\text{h}}09^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

### Książyc

Bezksiążycowe noce będącymy mieli w pierwszej połowie października, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: ostatnia kwadra  $1^{\text{d}}03^{\text{h}}52^{\text{m}}$ , now 7 $^{\text{d}}18^{\text{h}}44^{\text{m}}$ , pierwsza kwadra  $14^{\text{d}}21^{\text{h}}27^{\text{m}}$ , pełnia  $23^{\text{d}}01^{\text{h}}37^{\text{m}}$  i ponownie ostatnia kwadra  $30^{\text{d}}12^{\text{h}}46^{\text{m}}$ . W perigeum Księżyca znajdzie się  $6^{\text{d}}13^{\text{h}}42^{\text{m}}$ , a w apogeum  $18^{\text{d}}18^{\text{h}}19^{\text{m}}$ .

### Planety i planetoidy

Na początku miesiąca nad ranem, nisko nad wschodnim horyzontem, można jeszcze próbować odnaleźć obizającej się z dnia na dzień Merkurego, który 1 października, na godzinę przed wschodem Słońca, wznieśnie się na maksymalną wysokość  $6^{\circ}$ , świecąc z jasnością  $-1,2^{\text{m}}$ . Przez teleskop można będzie wtedy zobaczyć tarczę planety o średnicy  $5''$  w fazie zbliżającej się do pełni.

Wenus znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczna.

Warunki wieczornej widoczności Marsa w porównaniu do września praktycznie się nie zmieniają, co oznacza, że planeta ginie w blasku zorzy wieczornej, zachodząc nie-długo po zachodzie Słońca.

Jowisz widoczny jest w pierwszej połowie nocy, świecąc z jasnością  $-2,9^{\text{m}}$  na granicy gwiazdozbiorów Ryb

i Wodnika gwiazdozbioru. Planeta nadal znajduje się w pobliżu opozycji, co ułatwia obserwacje układów chmur w jej atmosferze oraz zjawisk w układzie księżyców galileuszowych.

W drugim tygodniu października na porannym niebie pojawia się Saturn, świecący z jasnością zaledwie  $+0,9^{\text{m}}$ . Warunki obserwacji planety z dnia na dzień się poprawiają. O ile w połowie miesiąca, na początku świtu cywilnego, ginie ona w blasku zorzy porannej na wysokości zaledwie  $5^{\circ}$  nad wschodnim horyzontem, o tyle pod koniec października wysokość ta wzrasta aż do  $17^{\circ}$ .

Warunki obserwacji Urana i Neptuna w stosunku do września się nie zmieniają.

Praktycznie nie zmieniają się również warunki obserwacji planety karłowatej (134340) Pluto.

W październiku w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy (jaśniejsze od  $9,0^{\text{m}}$ ):

(6) Hebe, (jasność  $7,9^{\text{m}}$ — $8,3^{\text{m}}$ ). 8 X:  $0^{\text{h}}13^{\text{m}}, -21^{\circ}31'$ ; 18 X:  $0^{\text{h}}08,8^{\text{m}}, -22^{\circ}26'$ ; 28 X:  $0^{\text{h}}06,2^{\text{m}}, -22^{\circ}36'$ .

(8) Flora, (jasność  $8,6^{\text{m}}$ — $9,1^{\text{m}}$ ). 8 X:  $23^{\text{h}}12,0^{\text{m}}, -16^{\circ}39'$ ; 18 X:  $23^{\text{h}}08,6^{\text{m}}, -16^{\circ}33'$ ; 28 X:  $23^{\text{h}}08,7^{\text{m}}, -16^{\circ}01'$ .

### Meteory

Od 2 października do 7 listopada promienią szybkie, białe meteory ze ślädami, 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. Zważywszy na zwiększoną aktywność roju w poprzednich latach oraz na zbliżanie się do maksimum, występującego co 12 lat, jego obserwacje mogą być wartościowe. W obserwacjach tych bardzo będzie jednak przeszkadzał zbliżający się do pełni Księżyca.

Od 6 do 10 października promienią 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 jest przewidywane maksimum w dniu 8 października o  $22^{\text{h}}45^{\text{m}}$ , jednak bardzo możliwe jest wystąpienie innych maksimów. W obserwacjach tych meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyca tuż po nowiu.

Od 14 do 27 października promienią szybkie meteory z roju epsilon Geminidów [EGE]. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i ma współrzędne: rekt.  $6^{\text{h}}48^{\text{m}}$ , deki.  $+27^{\circ}$ . W bieżącym roku maksimum aktywności przypada 18 października, toteż w obserwacjach tego wyjątkowo słabo zbadanego roju w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał zachodzący wcześniej Księżyca po pierwszej kwadrze.

\* \* \*

$1^{\text{d}}07^{\text{h}}$  Złączenie Wenus z Marsem w odległości  $6^{\circ}$ .

$4^{\text{d}}08^{\text{h}}$  Minimalna libracja Księżyca ( $5,9^{\circ}$ ) w kierunku Sinus Iridium (oświetlona).

$6^{\text{d}}$  Gwiazda zmienna długookresowa R And (miryda) ( $0^{\text{h}}24,0^{\text{m}}$ ,  $+38^{\circ}35'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,9^{\text{m}}$ ).

$6^{\text{d}}$  Gwiazda zmienna długookresowa V Peg (miryda) ( $22^{\text{h}}01,0^{\text{m}}$ ,  $+6^{\circ}07'$ ) osiąga maksimum jasności ( $8,7^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2009].

$6^{\text{d}}23^{\text{h}}24^{\text{m}}$  Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\delta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^{\text{m}}$  do  $3,4^{\text{m}}$ .

[mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

7<sup>d</sup> 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” 1/2009].

7<sup>d</sup>04<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł.  $7^{\circ}$ .

7<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł.  $8^{\circ}$ .

7<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Wenus nieruchoma w rektascensji.

8<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Saturnem w odł.  $0,5^{\circ}$ .

9<sup>d</sup>17<sup>h</sup>57<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

9<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł.  $2^{\circ}$ .

9<sup>d</sup>20<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^{\text{m}}$  do  $3,4^{\text{m}}$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

10<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odł.  $4^{\circ}$ .

10<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $8,1^{\circ}$ ) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

14<sup>d</sup>21<sup>h</sup>09<sup>m</sup> 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” 5/2006].

15<sup>d</sup>22<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa RR Sgr (miryda) ( $19^{\text{h}}55,9^{\text{m}}$ ,  $-29^{\circ}11'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,8^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 2/2004].

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa  $\sigma$  Cet (Mira) ( $2^{\text{h}}19,3^{\text{m}}$ ,  $-2^{\circ}58'$ ) osiąga maksimum jasności ( $3,4^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2006].

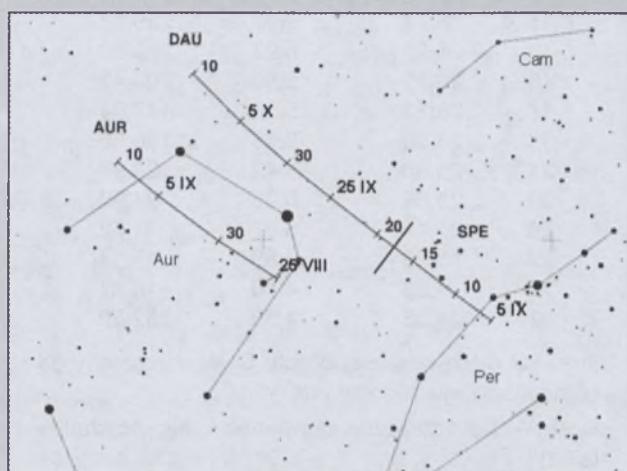
16<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.

16<sup>d</sup>22<sup>h</sup>31<sup>m</sup> 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” 5/2006].

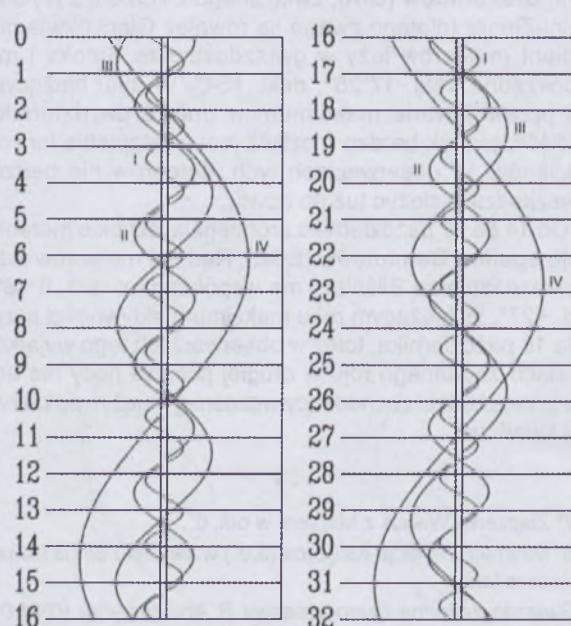
17<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,6^{\circ}$ ) w kierunku Mare Australe (oświetlone).



Rys. 6. Położenie radiantu meteorowego Drakonidów (GIA) w dniu 9 października 2010 r.



Rys. 7. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych alfa Aurigidów (AUR) w okresie od 25 sierpnia do 10 września 2010 i delta Aurigidów (DAU) w okresie od 5 września do 10 października 2010



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w październiku 2010 (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

17<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł.  $4^{\circ}$ .

18<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy κ Aqu (5,0<sup>m</sup>) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w całej Polsce, na wysokości około  $19^{\circ}$  nad horyzontem (Szczecin  $23^{\text{h}}09^{\text{m}}$  — Krosno  $23^{\text{h}}15^{\text{m}}$ ).

18<sup>d</sup>23<sup>h</sup>52<sup>m</sup> 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” 5/2006].

19<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Boo (miryda) ( $14^{\text{h}}37,2^{\text{m}}$ ,  $+26^{\circ}44'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,2^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 2/2008].

19<sup>d</sup>21<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

20<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł.  $6^{\circ}$ .

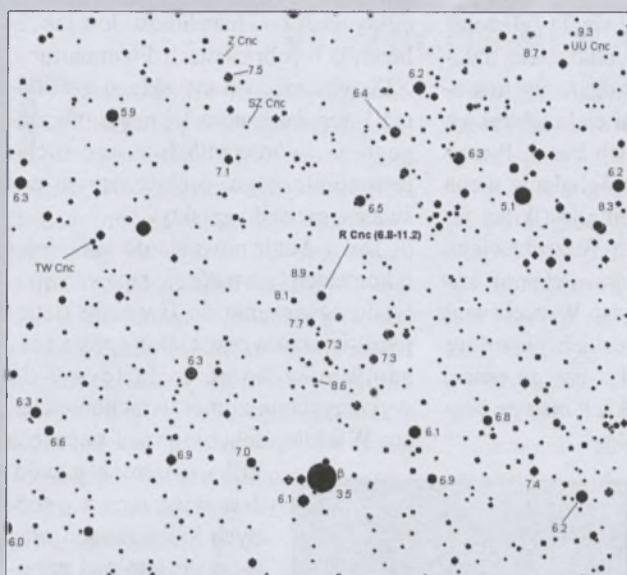
20<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odł.  $5^{\circ}$ .

20<sup>d</sup>18<sup>h</sup>09<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

21<sup>d</sup>01<sup>h</sup>13<sup>m</sup> 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” 5/2006].

21<sup>d</sup>22<sup>h</sup>35<sup>m</sup> 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” 5/2006].

22<sup>d</sup>11<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $6,9^{\circ}$ ) w kierunku krateru Clavius (zaciemiony).



Rys. 8. Mapa gwiazdozbioru Raka do obserwacji gwiazdy zmiennej R Cnc (8<sup>h</sup>16<sup>m</sup>33,8<sup>s</sup>, +11°43'35"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 11°, północ u góry)

22<sup>d</sup>21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

23<sup>d</sup>12<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Skorpiona, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas 210°.

25<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złoczenie Merkurego z Wenus w odl. 6°.

27<sup>d</sup>22<sup>h</sup>23<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

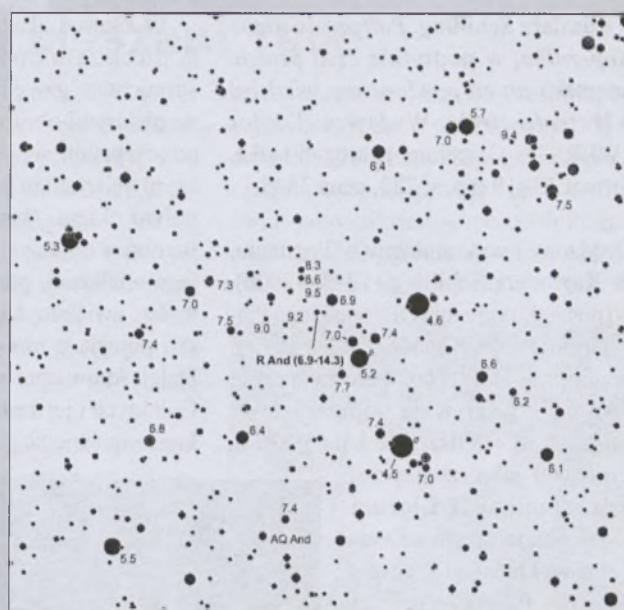
28<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Crv (miryda) (12<sup>h</sup>19,6<sup>m</sup>, -19°15') osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2007].

28<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T Her (miryda) (18<sup>h</sup>09,1<sup>m</sup>, +31°01') osiąga maksimum jasności (8,0<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2006].

28<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (5,4°) w kierunku Oceanus Procellarum (oświetlony).

29<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Wenus w koniunkcji dolnej ze Słońcem.

29<sup>d</sup>21<sup>h</sup>56<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga



Rys. 9. Mapa gwiazdozbioru Andromedy do obserwacji gwiazdy zmiennej R And (0<sup>h</sup>24<sup>m</sup>02,0<sup>s</sup>, +38°34'38"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6°, północ u góry)

minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

30<sup>d</sup>01<sup>h</sup>11<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

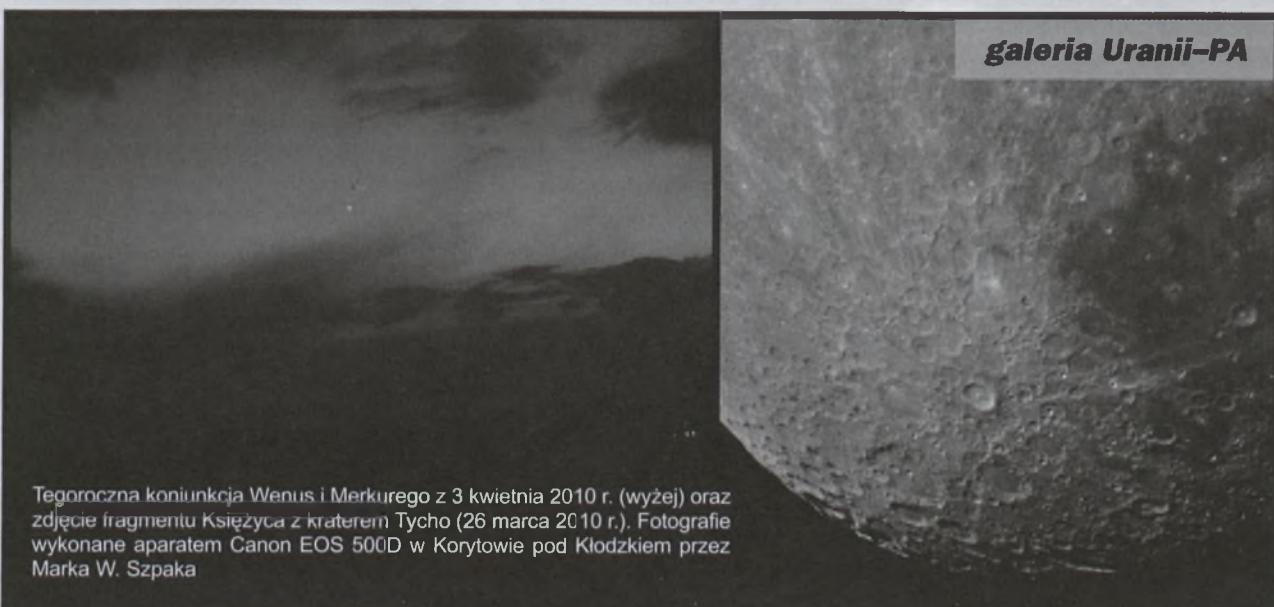
**UWAGA:** Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby uzyskać datę w obowiązującym we wrześniu prawie całym październiku w Polsce „czasie letnim” należy dodać 2 godziny, po wprowadzeniu 31 października „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.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ścieżor



**Kazimierz Schilling, Patrząc na niebo Kopernika, w podtytule czyni prawie wszystko to, co powinniśmy wiedzieć o Wszechświecie.** Wydawca: Edytor „WERS” w Olsztynie, twarda okładka, format 19×19 cm, s. 223, cena 38 zł.

Urodzony i wykształcony w Poznaniu, dr Kazimierz Schilling (1943—2006), od początku istnienia Olsztyńskiego Planetarium Lotów Kosmicznych w 1973 r. przez przeszło 30 lat współtworzył tę instytucję i aktywnie popularyzował astronomię w Olsztynie i na Warmii. Pracował jako nauczyciel astronomii w II Liceum Ogólnokształcącym w Olsztynie, wykładał na Wyższej Szkole Pedagogicznej w tym mieście, w Planetarium prowadził Studium Wiedzy o Wszechświecie. Przez ponad 20 lat współorganizował i przewodniczył Jury Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego w Grudziądzu. A nadto wszystko, w latach 1976—1991, w „Gazecie Olsztyńskiej” publikował przez ponad 15 lat cotygodniowe felietony w cyklu „Z niebem za pan brat”. Ukazało się przeszło 400 jego felietonów dotyczących prawie wszystkich aktualnych, stojących do pory roku i zjawisk na niebie, zagadnień astronomicznych. To właśnie wybór tych felietonów stał się treścią recenzowanej książki.

Spuściżną popularyzatorską doktora Schillinga zajął się Tomasz Śrutkowski, kiedyś podobnie jak Schilling, felietonista, później redaktor „Gazety Olsztyńskiej”, a obecnie właściciel wydawnictwa „WERS”. To on, wspomagany współpracą dr Jadwigi Białej i dr. Jacka Szubiakowskiego, astronomów z Planetarium Olsztyńskiego i pomocą (zapewne finansową) Samorządu Miasta Olsztyna, zadbał o stronę literacką i wydał tę książkę. Wyboru felietonów dokonała Jadwiga Biała, a oboje astronomowie zadali o ciągle aktualną ich treść. O stronę graficzną (piękna!) zadbała Małgorzata Śrutkowska-Felińska.

W książce ukazały się 74 felietony. W istocie są to krótkie, najczęściej dwustronicowe, gawędy bogato ilustrowane pięknymi obrazami ciał niebieskich odnoszącymi się do ich treści. Pierwszym felietonem jest oglądanie nieba gołym okiem. Następnie jest kilka felietonów dotyczących Wszechświata: jego wielkości, pomiarów, chemii, kolorów, gwiazdowych wysp Wszechświata i pojęcia o nim greckich filozofów. Dalej Autor oprowadza nas po naszej Galaktyce i jej sąsiadach oraz po bezkresnym świecie galaktyk.

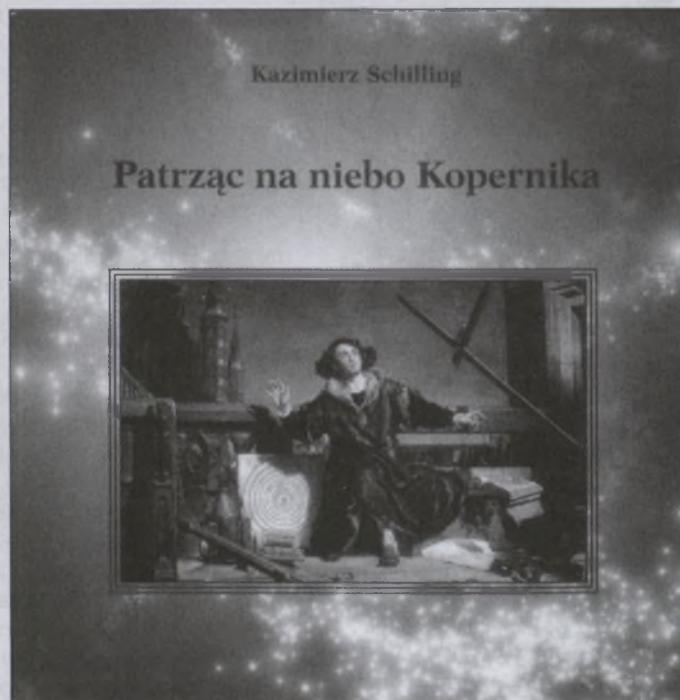
odkryciach i o Heweliuszu. Jest też felieton o wyobrażeniach Flammariona, XIX-wiecznego francuskiego astronoma i popularyzatora tej nauki, uważanego za twórcę miłośniczego ruchu astronomicznego, o otaczającym nas świecie gwiazd i galaktyk.

Dalej Autor powraca do opowieści o kometach i ich naturze, zapewne z powodu nawiązania do Gwiazdy Betlejemskiej, którą przez jakiś czas utożsamiano z kometą Halleya i do wykorzystania komet w rachubie czasu. Właśnie rachubie czasu poświęca kilka ostatnich gawęd. Jest więc mowa o różnych kalendarzach oraz o czasie letnim i zimowym. Następnie omawia sprawę UFO, życia pozaziemskiego, końca świata i wróżenia z gwiazd, czyli astrologii. Na zakończenie Autor wyjaśnia, jaka jest różnica między meteorologią a astronomią oraz czym jest efekt cieplarniany na Ziemi i jaki ma wpływ na to zjawisko działalność człowieka. Ostatni rozdział poświęca przedstawieniu instytucji, w której pracuje, czyli Planetarium, jego istoty i funkcji w społeczeństwie.

Mimo upływu czasu od chwili ich powstania, zawarte w książce felietony nie straciły, poza małymi wyjątkami, aktualności. Czyta się je gładko i zainteresowaniem. Są bardzo krótkie i napisane prostym, obrazowym językiem. Bardzo przyjemne wrażenie robi piękna oprawa graficzna, kolorowe, dobrej jakości obrazy ciał niebieskich i ciekawy format.

Myślę, że książka jest godna poleceń, zwłaszcza początkującym miłośnikom astronomii. Sam ją kupiłem dla moich wnuków. Szkoda, że Redaktor zmienił ogólny tytuł tego zbioru felietonów i nie zostawił tytułu nadanego im przez Autora. „Z niebem za pan brat” bardziej by mi się podobało niż „Patrząc na niebo Kopernika”.

*Andrzej Woszczyk*



W gawęzie „Wszystko się kręci” zostaje przedstawiony czytelnikowi układ planetarny, w którym Pluton gra jeszcze rolę planety, a nie planety karłowatej, jak obecnie. Następny felieton stawia pytanie, wokół czego krążą planety? A kolejnych kilka felietonów opisuje Ziemię i jej związki ze Słońcem oraz naturę Słońca i innych członków jego rodziny: planet, Księżyca, komet, meteoroidów i meteorów. Uspokaja czytelników w sprawie końca świata na skutek wybuchu Słońca i rzeczowo pisze o kosmicznym bombardowaniu Ziemi i kamieniach z nieba, które spadły na teren Polski.

Kolejne felietony poświęcone są gwiazdom: ich naturze, rodzajach, rodzinach, życiu i śmierci. Nie mogło zabraknąć gawędy o Koperniku i jego

## Wszechświat w kieszeni Yello

**P**lanowałem wybrać się do Fromborka na powtórny pogrzeb Kopernika, ale VIP-em nie jestem, więc szanse na dostanie się do wnętrza katedry miały marne. Znajomi samorządowcy, jak się okazało, zapomnieli o mnie i przydziałowe wejściówki rozdali komu innemu. Chciałem pojechać przynajmniej na uroczysty koncert w murach katedry, a później zaliczyć jeszcze Oratorium Kopernikowskie w Braniewie, ale ostatecznie i to sobie odpuściłem, tracąc tym sposobem zaplanowany wcześniej temat na bieżący feletoń muzyczny.

Jak się okazało, oratorium z Braniewa transmitowała na żywo Telewizja „Trwam” i całość tematycznie bardziej „kręciła się” wokół Królowej Niebios — Maryi niż muzy astronomii — Uranii czy samego Kopernika...

Szukając tematu do niniejszego tekstu nie pozostało mi więc nic innego, jak siegnąć do tego, co „kręciło” mnie ostatnio w muzyce. A było to coś, co powinienniem znać już dużo wcześniej — chodzi o zawartość płyty grupy Yello pt. *Pocket Universe*.

Grupę Yello tworzy dwóch, dziś już można rzec starszych, panów: Dieter Meier (wokal) i Boris Blank (muzyka). Ich zwariowaną twórczość poznałem i polubiłem w czasach studenckich. Utwory z albumu *You Gotta Say Yes To Another Excess* nie raz gościły na prowadzonych przeze mnie dyskotekach

w klubie działającym przy DS5 w Toruniu\*. Z czasem nowsze produkcje zespołu coraz mniej mnie „kręciły” i od albumu *Zebra* (1994 r.) całkiem przestałem śledzić ich dokonania. Jak się okazało, był to poważny błąd. Otóż tym sposobem przeoczyłem wydany trzy lata później album *Pocket Universe*, którym tak się ostatnio lubuję. No cóż — lepiej późno niż wcale — chciało by się rzec.

Zaczniemy od wyjaśnienia tytułu całego albumu (utworu o takim tytule na płycie nie ma). Pochodzi on od koncepcji multiwszechświata, w którym nasz Wszechświat mógłby być elementem mieszczącym się dosłownie w kieszeni jakiegoś luda z innego wszechświata. *Notabene*, koncepcja stara jak fantazja ludzka, nierzaz eksplotowana w literaturze *science fiction*.

Jeden z moich ulubionych fragmentów płyty to *Beyond Mirrors*, w którym z lubością słucham bachowskiego motywu wcześniej eksponowanego przez Isao Tomitę w utworze *The Sea Named „Solaris”* zawartego w albumie *Kosmos* (pisałem o nim w „Uranii-PA” 2/2007). Ciekawie prezentuje się ta kompozycja również w warstwie słownej. Otóż na miły dla ucha dźwiękowym tle ma miejsce patetyczna deklamacja mówiąca o cudowności naszego Wszechświata. Jest mowa o wizjonerze Galileuszu i twórcy nowej fizyki Heisenberga. Przypomnia-

ne są słowa Arthur'a C. Clarke'a, że wystarczająco wysoko rozwinięta technologia jest nieroznawalna od magii. Jest i konkluzja, iż Wszechświat jako całość jest poza wytłumaczeniem. Jak ktoś ciekaw szczegółów, niech posłucha osobiście.



Ukazaniu się płyty *Pocket Universe* towarzyszył pokaz w planetarium jednego z monachijskich muzeów, na które składał się rozbudowany laserowy show i wielomonitorowa prezentacja najnowszych produkcji wideo grupy. Próbki można zobaczyć na stronie internetowej [www.dietermeier.com](http://www.dietermeier.com) oraz znaleźć w serwisie YouTube.

Jacek Drążkowski

\* Klub zwał się „MAFIA” — a to od pierwszych liter kierunków studiów: matematyka, fizyka, astronomia, gdyż studenci tych kierunków zamieszkiwali głównie ów akademik.

### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2010 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 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:

Karolina Zawada  
Centrum Astronomii UMK  
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń  
E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)  
tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

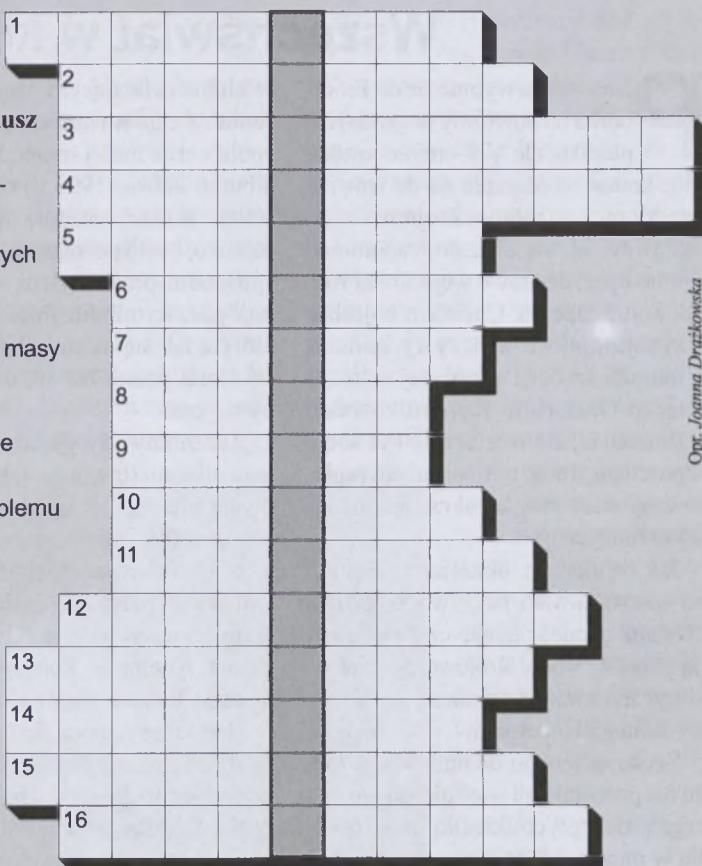


**W** „Uranii-PA” nr 2/2010 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło OBŁOKI MAGELLANA. Nagrody książkowe wylosowali Iza Kurp z Koluszek i Mariusz Chlebowski ze Swarzędza.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązywania nowej krzyżówki:

1. Odkrywca układu podwójnego zaćmieniowego białych karłów
2. Zwycięzca LIII Olimpiady Astronomicznej
3. Wkład pierwiastków cięższych od helu do całkowej masy gwiazdy
4. Zderzenie i połączenie się dwóch ciał niebieskich
5. Np. nieba; obserwacja wielu obiektów jednocześnie
6. Sonda badająca kometę Wild 2
7. Prowadzone w celu znalezienia rozwiązania problemu naukowego
8. Minerał występujący w meteorytach
9. Pasiasta planeta
10. Fragmenty skał stopionych podczas upadku meteorytu
11. Wielkość charakterystyczna dla danego obiektu lub procesu, często wyznaczana obserwacyjnie
12. Starożytni wyznaczyli długość roku
13. Typ galaktyk powstający w trakcie ich zderzeń
14. Gwiazdy wykonujące oscylacje akustyczne
15. Pięcioro z nich niedawno odwiedziło Polskę
16. Wprowadził podział gromad kulistych w Galaktyce na dwie grupy

Na rozwiązywanie czekamy do końca sierpnia 2010 r. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązywania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.



Opt. Joanna Drążkowska

Słowa kluczowe do rozwiązywania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 2/2010: 1. Wszołek, 2. Hubble, 3. Rozbłysk, 4. Astrolog, 5. Molekuła, 6. Kreiner, 7. Pojmański, 8. Paraboloida, 9. Rentgenowskie, 10. Magnetyzma, 11. Egzoplaneta, 12. Odchylenie, 13. Las Campanas, 14. Organiczne, 15. Firmament.

### Ciekawe strony internetowe...

Znany zapewne niektórym spośród naszych Czytelników portal Zooniverse (<http://www.zooniverse.org/home>) wzbiął się ostatnio o kolejną pozycję, tym razem poświęconą Księżycom. Niniejsza notka dotyczyć będzie tylko Księżyca (<http://www.moonzoo.org>), ale gorąco zachęcam do zapoznania się z pozostałymi adresami (i projektami), do których odsyła portal. Uczeń pracujący w ramach misji Lunar Reconnaissance Orbiter postanowili udostępnić część bardzo obszernej bazy danych zdjęć powierzchni Księżyca w celu przeprowadzenia zliczeń kraterów na nich widocznych. Na zdjęciach można zobaczyć twory o rozmiarach poczynając od 50 cm. Księżyce praktycznie nie posiada atmosfery i twory na jego powierzchni, nie podlegając erozji, zachowują pierwotny kształt przez czas nieograniczony. Pomiar liczby kraterów na wybranej powierzchni dostarcza informacji o jej wieku, z kolei obecność głazów w okolicach brzegów krateru może pomóc w ocenie grubości regolitu księżycowego. Uczestnik projektu (trzeba przedtem utworzyć swoje konto) ma do dyspozycji szereg narzędzi pozwalających m.in. na lokalizację kraterów, ocenę ich kształtu i rozmiarów. Warto również wspomnieć o forum uczestników projektu (można je czytać bez logowania się) czy blogu zawierającego dłuższe artykuły.

(rs)





Powyższe 4 zdjęcia wykonał Marek Nikodem z Niedźwiad k. Szubina. Przedstawiają kolejno koniunkcję młodego Księżyca i Wenus (16 kwietnia 2010, godz. 21.33 CSE. Księżyca 54 godziny po nowiu, faza Wenus blisko pełni. Eksp. 2 s, ogniskowa 240 mm), Wenus i Merkurego (3 kwietnia 2010, eksp. 3 s, ISO 800, obiektyw Nikkor 105 mm), Wenus, Merkurego i młody Księżyca (15 kwietnia, godz. 20.54 , eksp. 5 s), koniunkcję Wenus i Merkurego (4 kwietnia, godz. 20.36, eksp. 3 s, ISO 640)

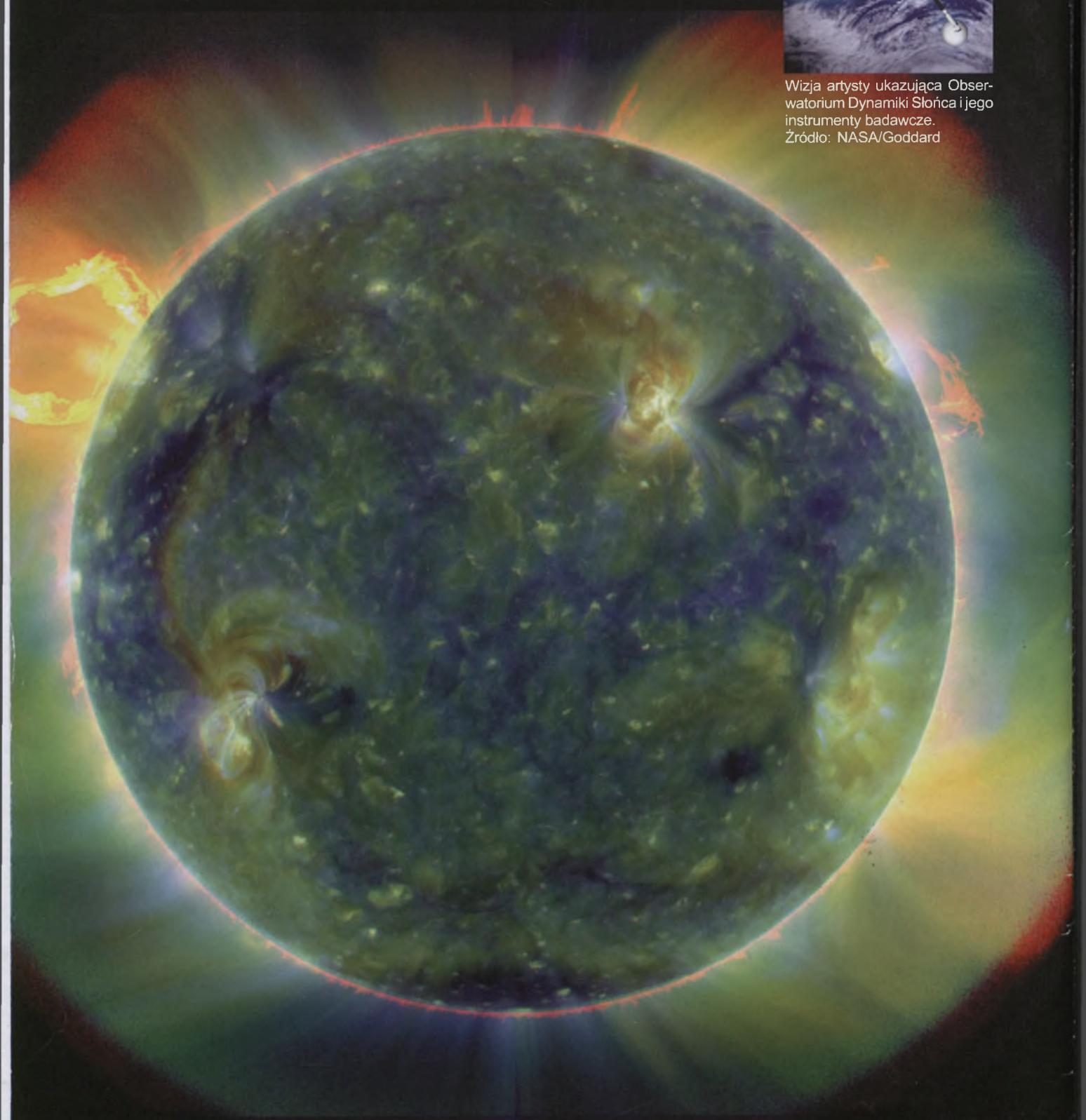


Łuk okołozenitalny i halo słoneczne sfotografowane 8 kwietnia br. przez Krzysztofa Janusza z Bożkowa (patrz s. 146)

# Nowe Obserwatorium Dynamiki Słońca przesyła pierwsze obrazy



Wizja artysty ukazująca Obserwatorium Dynamiki Słońca i jego instrumenty badawcze.  
Źródło: NASA/Goddard



Zdjęcie pełnej tarczy słonecznej wykonane w dalekim ultrafiolecie przez Obserwatorium Dynamiki Słońca 30 marca 2010. To jedno z pierwszych zdjęć z nowego satelity. Sztuczne kolory ukazują obszary o różnych temperaturach gazu. Czerwone są względnie chłonne (60 tys. kelwinów), zaś niebieskie i zielone cieplejsze (powyżej miliona kelwinów). Źródło: NASA

# Urania

5/2010 (749)

POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXXI

wrzesień—październik

- Projekt LOFAR – nowe okno na Wszechświat  
*Elżbieta Kuligowska*
- Czego (jeszcze) nie rejestruje Obserwatorium Pierre Auger *Piotr Homola*
- SDSS J094533.99 +100950.1 — kwazar o słabych liniach emisyjnych  
*Marek Nikołajuk*
- Astronomia w Starożytnej Mezopotamii  
*Sławomir Jędraszek*



ISSN 1689-6009

9 7 7 1 6 8 9 1 6 0 0 0 3 0 9

Cena 10,90 zł (0% VAT)

# Konferencja w Niepołomicach



Burmistrz Miasta i Gminy Niepołomice (w środku)



Zagraniczny gość: Igor Kudzej z Obserwatorium w Humenne na Słowacji (po lewej) i Ivan Andronow z Obserwatorium w Odessie



Mirek Kołodziej w ogniu pytań



Uczestnicy wycieczki do kopalni soli w Bochni

## Konkurs URANIA w Częstochowie



Finał VII konkursu astronomicznego URANIA. Uczestnicy, opiekunowie i organizatorzy na tarasie widokowym w Instytucie Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Fot. M. Malenta

## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

W piątym numerze „Uranii” 2010 r. przynosimy Państwu przede wszystkim informacje o dwóch nowych oknach na Wszechświat, o astronomii w Starożytnej Mezopotamii i o osobliwym kwazarze.

LOFAR, to nowa koncepcja obserwacji radioastronomicznych na bardzo niskich częstotliwościach. Radioteleskop będzie się składał z bardzo wielu stacji odbiorczych zbudowanych ze stosunkowo prostych anten, a rozmieszczonych w różnych obszarach Europy i działających wspólnie na zasadzie interferometrii fazowej. Oficjalne uruchomienie pierwszej części tego systemu, gdzie znajduje się jego centralna część, zostało dokonane przez królową Holandii kilka tygodni temu. Pisze o tym Pani Elżbieta Kuligowska z Krakowa już pracująca nad redukcją wczesnych danych uzyskanych tym radioteleskopem.



foto: A. Dauksza-Wisławska

O obserwatorium promieniowania kosmicznego nazwanego imieniem Pierre'a Augera pisze Piotr Homola z Instytutu Badań Jądrowych PAN w Krakowie. Świat naukowy (Współpraca Auger) 17 krajów (w tym Polski) zjednoczył się w budowie tego Obserwatorium położonego w Argentynie i w Colorado w USA. Jego celem jest obserwacja częstek kosmicznych o najwyższych energiach (ok. 10 mln razy wyższych niż energie, jakie mają być uzyskiwane w uruchomionym niedawno w Genewie Wielkim Zderzaku Hadronów — LHC), które mogą pochodzić z niewielu chwil po Wielkim Wybuchu. Badania te mogą przyczynić się do lepszego poznania początkowego okresu istnienia Wszechświata.

Osobliwy kwazar SDSS J094533.99+100950.1 jest przedmiotem artykułu Marka Nikołajuka z Białegostoku. Autor przedstawia historię odkrycia tego obiektu o słabych liniach emisyjnych, mówi o innych obiektach tej klasy i o możliwych scenariuszach ich powstania. Autor opowiada się za koncepcją „reaktywacji życia” kwazara, czyli za powrotem galaktyki do życia w roli kwazara.

Astronomia Starożytnej Mezopotamii jest przedmiotem artykułu Sławomira Jędraszka z Gdańska. Ten sam Autor w poprzednim numerze omawiał spuściznę intelektualną w dziedzinie astronomii mieszkańców kraju nad Nilem. Tutaj omawia dorobek mieszkańców dorzecza Eufratu i Tygrys, gdzie najprawdopodobniej narodziła się astronomia we współczesnym znaczeniu tego słowa.

W tym zeszycie „Uranii” zamieszczamy (w Astronomii w szkole) artykuł o tym, „do czego komputer nigdy się nie przyda”. Jest to artykuł napisany pierwotnie dla „Delt”. Obie nasze Redakcje umówily się, że w równoległych zeszytach wymienią się wzajemnie artykułami i reklamami naszych czasopism. Wrześniowa „Delta” opublikuje artykuł (skrócony przez Autorkę) Pani Agnieszki Janiuk, który pierwotnie ukazał się w „Uranii” nr 2/2010 i naszą reklamę. Zachęcamy do regularnej lektury „Delt”.

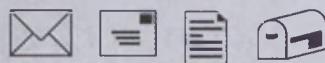
Dużo miejsca poświęcamy w Rozmaitościach krótkim wiadomościom o nowościach astronomicznych. W doniesieniach o wydarzeniach krajowych piszemy o międzynarodowej konferencji „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie” w Niepołomicach, o finale konkursu astronomicznego w Częstochowie i o konkursie literacko-plastycznym „Moje spojrzenie na Słońce i Ziemię”.

Recenzujemy książkę Nieskończony Wszechświat Paula J. Steinhardta i Neila Turoka wydaną przez Wyd. Prószyński i S-ka w 2009 r. w serii „Na ścieżkach nauki”. Nie zapomnieliśmy o kalendarzu astronomicznym, kąciku muzycznym, krzyżówce i ciekawych stronach internetowych.

Dystrybucję tego numeru zajmie się nowa Współpracownica Uranii, Pani Monika Adamów. Witamy ją serdecznie.

Panstwu życzę dobrej pogody obserwacyjnej i przyjemnej lektury

Toruń, w sierpniu 2010 r.



**Ogólnopolski Konkurs Literacko-Plastyczny „Moje spojrzenie na Słońce i Ziemię”**

12 czerwca br. w Młodzieżowym Domu Kultury im. Irenej Kwinto w Lidzbarku Warmińskim odbyło się uroczyste podsumowanie Ogólnopolskiego Konkursu Literacko-Plastycznego „Moje spojrzenie na Słońce i Ziemię” zorganizowane w ramach obchodów 700-lecia Fromborka. Wzięto w nim udział 337 uczestników z całej Polski. Komisja w składzie: Małgorzata Fuła-Matusewicz, Anna Wiatrak i Ewa Giedrys wyłoniła 3 laureatów, 18 nagrodzonych i 3 wyróżnionych.

Uroczystość wręczenia nagród uświetniły swą obecnością pani Zofia Mickiewicz, Naczelnik Wydziału Oświaty Starostwa Powiatowego, pan Jacek Drażkowski — członek Polskiego Towarzystwa Astronomicznego oraz dziennikarz Radia Olsztyn — pan Remigiusz Alchimowicz.

Pan Jacek Drażkowski, pasjonat astronomii, przybliżył obecnym naukowe spojrzenie na Słońce i na naszą planetę Ziemię. Po krótkiej prelekcji podarował zebranym swoje autorskie wydanie „Rysunkowych astrożartów” oraz szablon zegara słonecznego do samodzielnego wykonania.

Wśród lidzbarzan obecnych na uroczystym spotkaniu laureatów i nagrodzonych znaleźli się mieszkańcy Pasłęki, Olsztyna, Reszla, Braniewa oraz Bartoszyc. Dla nich główny sponsor konkursu — Stowarzyszenie „Po lekcjach”, działające przy MDK — jako dodatkowa niespodzianka ufundowały bilety wejściowe do Muzeum Warmińskiego, w którym niegdyś mieszkał i tworzył wielki astronom Mikołaj Kopernik.

Cieszy nas udział dużej rzeszy młodzieży w organizowanych konkursach, bowiem młodzi ludzie potrafią wyrażać swoje spojrzenie na określony te-

mat w sposób, którego powinien im zazdrościć niejeden dorosły.

Anna Wiatrak



Nagrodzeni uczestnicy konkursu „Moje spojrzenie na Słońce i Ziemię” na tle nagrodzonych i wyróżnionych prac. Fot. archiwum MDK

\*\*\*

Szanowna Redakcjo!

Jestem mieszkańcem Jaworzna, a konkretnie mieszkam w dzielnicy Jeleń. O istnieniu zegara słonecznego w mojej dzielnicy wiedziałem od dziecka, jednak nie przypuszczałem, że ma on jakiś związek z moją rodziną. Zegar słoneczny w Jeleniu powstał w czasie okupacji w 1941 r.



kiedy to władze niemieckie nakazały jego budowę. Jak się okazało, jedną z osób, które budowały zegar, był mój dziadek — Leon Banasiak (pozostałe osoby to Franciszek Sojka, Władysław Koryczan, Władysław Majewski). Na załączonych fotografiach widać obecny stan zegara słonecznego w Jeleniu.

Pozdrawiam

Maciej Palka

\*\*\*

Mieszkańcy Świecia nie mają u siebie ani groma meteorytu Świecie. Mają natomiast obelisk poświęcony kamieniom z nieba! Odsłonięto go w sobotę 21 sierpnia w pobliżu mostu kolejowego w Kozłowie, gdzie 160 lat temu znaleziono ponad dwudziestokilogramowy kamień.

## **tu jest miejsce na Twoją REKLAMĘ**

Kontakt: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl), tel. (56) 61130 14

**Zapraszamy na nasze tamy!**

Pamiątkowy obelisk postawiono na malowniczym cyplu nad rzeką Wdą. Jest on „dwustronny” i podziwiąć go można nie tylko z lądu, ale i z wody. Meteoryciarze takiej okazji przepuścić nie mogli. Przybyła silna ekipa z Polskiego Towarzystwa Meteorologicznego. Spotkała na miejscu lokalne władze, społeczników, zaciekawionych mieszkańców, a także przypadkowych... kajakarzy.

Po oficjalnej uroczystości był piknik i okazja wprowadzenia świecian w tajniki Kosmosu. I znowu wybrano miejsce niezwykłe — krzyżacki zamek na obrzeżach miasta. Zaczęło się od wykładów. Kamil Maciąg, najmłodszy członek PTM, opowiadał o tym, jak się zaraził nieziemską pasją. Świecianin z pochodzenia Jacek Drażkowski

przypomniał historię meteorytu Świecie. Astronom Andrzej S. Pilski, popularyzator i autor książek poświęconych tej tematyce, mówił o tym, skąd pochodzą meteoryty. Z kolei poszukiwacz i kolekcjoner z Warszawy, Zbigniew Tymiński, przybliżył zgromadzonym zjawisko meteorów, sposób ich obserwacji i temat poszukiwań meteorytów.

Mieszkańcy mogli też zobaczyć niewielką wystawę meteorytów. Przy gablotach dużurowali Beata i Marek Woźniak, odpowiadając na pytania zwiedzających, a tych nie brakowało (i pytań,



Autorka listu z płytą meteorytu Schwetz przy nowym pomniku. Źródło: [www.woreczko.pl](http://www.woreczko.pl)

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotychczasowego miesięcznika PTMA, ukaźującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomicznych” (ISSN 0032-5414) — 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 MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelny:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespół Redakcyjny:**

Marek Golębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michałec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK Toruń

**Opracowanie graficzne  
i skład komputerowy:**

Jacek Dąbkowski

**Korekta:**

Bożena Wyrzykowska

**Adres Redakcji:**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Centrum Astronomii  
ul. Gagarina 11  
87-100 TORUŃ  
tel. (56) 611 30 52  
fax. (56) 611 30 08

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

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

Druk:  
Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

Dystrybucja:  
Monika Adamów, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (56) 611 30 14  
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2010 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty  
w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

Polskie Towarzystwo Astronomiczne  
ul. Bartycza 18, 00-716 Warszawa  
tel. (22) 841 00 41 wewn. 146  
E-mail: pta@camk.edu.pl  
WWW: [www.pta.edu.pl](http://www.pta.edu.pl)  
Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

Numer zamknięto w sierpniu roku 2010

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

## W NUMERZE

### 196 *Projekt LOFAR — nowe okno na Wszechświat*

Elżbieta Kuligowska

LOFAR to radioteleskop składający się z rozłożonych na terenie Europy stacji obserwacyjnych zbudowanych z prostych anten pracujących na bardzo niskich częstotliwościach. Zbiór wszystkich stacji działa na zasadzie interferometrii fazowej. Instrument ten już działa i dostarcza obrazy zarówno źródeł punktowych, jak i rozciągłych

### 202 *Czego (jeszcze) nie rejestruje Obserwatorium Pierre Auger, czyli poszukiwania fotonów i neutrino skrajnie wysokich energiach*

Piotr Homola

Świat naukowy (Współpraca Auger) 17 krajów (w tym Polska) zjednoczył się w budowie tego Obserwatorium położonego w Argentynie i w Colorado w USA. Jego celem jest obserwacja cząstek kosmicznych o najwyższych energiach (ok. 10 mln razy wyższych niż energie, jakie mają być uzyskiwane w uruchomionym niedawno w Genewie Wielkim Zderzaku Hadronów – LHC), które mogą pochodzić z niewielu chwil po Wielkim Wybuchu. Te badania mogą przyczynić się do lepszego poznania początkowego okresu istnienia Wszechświata

### 208 *SDSS J094533.99+100950.1 — kwazar o słabych liniach emisyjnych*

Marek Nikołajuk

Autor omawia historię odkrycia tego obiektu o słabych liniach emisyjnych, przedstawia inne obiekty tej klasy i możliwe scenariusze ich powstania. Opowiada się za koncepcją „reaktywacji życia” kwazara, czyli za powrotem galaktyki do życia w roli kwazara

### 218 *Astronomia w Starożytnej Mezopotamii*

Sławomir Jędraszek

Autor omawia dorobek w dziedzinie obserwacji nieba mieszkańców dorzecza Eufratu i Tygrysu, gdzie najprawdopodobniej narodziła się astronomia we współczesnym znaczeniu tego słowa. Polecam lekturę tego artykułu wszystkim miłośnikom historii astronomii

**w kolorze:** Konferencja w Niepotomicach/Konkurs URANIA w Częstochowie (o.II); Galeria Uranii (w.I); Niebo Plancka (w.II–III); Toruński Zlot Miłośników Astronomii 2010 (w.IV); XIV OZMA w Urzędowie (o.III)

**rozmaistości:** Galaktyki pożywieniem kwazarów! (201); Pierścień Lwa (213); Rodzające się układy słoneczne w zbliżeniu (214); Egzoplaneta złapana w ruchu (214); Jesteśmy świadkami narodzin gwiazdy! (215); Satelita Planck po roku pracy (216); Zagadka narodzin masywnej gwiazdy rozwiązana? (216); Planeta z ogonem (217); Antracen – życie w Kosmosie? (217); Pierwszy całkowity przegląd nieba WISE (217); Tajemnica narodzin Drogi Mlecznej (230); Czy słynne komety to dzieci innych słońc? (230);

**w kraju:** III Międzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie – warsztaty astronomiczne” (224); Finał VII Konkursu Astronomicznego URANIA w Częstochowie (226); Toruński Zlot Miłośników Astronomii 2010 (226)

**astronomia w szkole:** Do czego komputer nigdy się nie przyda?

**kalendarz astronomiczny 2010:** Listopad — grudzień

**recenzje:** Paul J. Steinhardt, Neil Turok, NIESKOŃCZONY WSZECHŚWIAT  
Poza teorią wielkiego wybuchu.

**astronomia i muzyka:** Kosmologiczne opowieści Przemysława R.

**relaks z Uranią:** Krzyżówka

**ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

Anteny (NGC 4038–4039) — zderzające się galaktyki w gwiazdozbiorze Kruka w najnowszym obrazie uzyskanym przez ekipę teleskopu kosmicznego Hubble'a (NASA/ESA i STScI). W czasie tej gigantycznej, trwającej milion lat kolizji galaktyk na ogół nie dochodzi do zderzeń gwiazd, a tylko do zderzenia zewnętrznych w nich pyłu i gazu. Masywne obłoki molekularne ulegają ściskaniu (co widać w postaci ciemnych smug na obrazie), powodując gwałtowne narodziny milionów gwiazd, z których część jest powiązana grawitacyjnie w masywnych gromadach.

Fot. NASA/ESA/Hubble Heritage Team

# Projekt LOFAR

## — nowe okno na Wszechświat



Przed polską radioastronomią stoi nowe wyzwanie. Otrzymaliśmy możliwość współuczestniczenia w budowie i użytkowaniu najnowocześniejszego interferometru radiowego LOFAR (*Low Frequency Array*). Podstawowym celem tego projektu jest badanie nieba na bardzo niskich częstotliwościach (od kilkanastu do około trzystu MHz) przy wykorzystaniu kilkudziesięciu stacji rozmieszczonych w różnych obszarach Europy. Pojedyncza stacja sieci LOFAR składa się z kilkudziesięciu niewielkich, stosunkowo prostych technicznie anten. Zbiór wszystkich takich stacji działa na zasadzie interferometrii fazowej. Sygnał odbierany przez należące do danej stacji anteny jest przetwarzany na impulsy elektryczne i za pomocą wysokoprzepustowego łącza wysyłany do dedykowanego superkomputera, gdzie następnie koreluje się go z uzyskanymi w tym samym czasie sygnałami odebranymi przez pozostałe stacje. Jeśli elementy takiej sieci są wystarczająco odległe od siebie, można tym sposobem uzyskać mapy ciał niebieskich wielokrotnie przewyższające zdolnością rodzielną obrazy tych samych obiektów zmierzone za pomocą naj-

większych pojedynczych radioteleskopów.

Obecnie projekt LOFAR jest na etapie budowy i testowania. Centralna część sieci interferometrycznej znajduje się w Holandii (okolice Dwingeloo), gdzie dzisiaj (20 kwietnia 2010 r.) pracuje 20 stacji. Kolejne ukończone już stacje znajdują się w Effelsbergu (okolice Bonn). Cztery następne niemieckie stacje są budowane pod Poczdamem, Monachium, Garching i Tautenburgiem koło Jeny. Dalsze elementy interferometru mają być w niedalekiej przyszłości umieszczone m.in. w Wielkiej Brytanii, Francji i Szwecji. Warto dodać, że już teraz — przy wykorzystaniu zaledwie kilku z kilkudziesięciu zaplanowanych stacji — z powodzeniem uzyskuje się pierwsze obrazy radioźródeł, zarówno punktowych, jak i rozciągłych.

Rozważa się także budowę najbardziej wysuniętych na wschód elementów LOFAR na terenie naszego kraju. Istnienie polskich stacji byłoby kluczowe dla uzyskania wysokiej zdolności rozdzielczej planowanego urządzenia. Podstawowym warunkiem naszego uczestnictwa w projekcie jest wkład inwestycyjny, polegający na zlokalizowa-

niu na terenie Polski stacji LOFAR. Uczyni to nas pełnoprawnymi uczestnikami całości sieci. W tym celu powołane zostało Polskie Konsorcjum pod nazwą POLFAR. W jego skład wchodzą: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytet w Zielonej Górze, Centrum Badań Kosmicznych PAN, Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN (Warszawa), Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Uniwersytet Szczeciński oraz Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Koordynatorem POLFAR jest Uniwersytet Jagielloński. Konsorcjum proponuje budowę trzech stacji połączonych szybkim (10 GB/s), dedykowanym łączem internetowym. Stacje byłyby zlokalizowane w okolicy Krakowa (Łazy), Olsztyna (Bały) i Poznania (Borówiec). Jest to minimalna liczba stacji umożliwiająca obserwacje krajową podsiecią w czasie, gdy nie będzie ona przeciążona pracą w sieci ogólnoeuropejskiej. W planach jest także połączenie stacji z lokalnym, polskim centrum w Poznaniu, a stamtąd z centralą LOFAR w Holandii. W praktyce oznacza to, że ze względu na stosunkowo duże odległości (bazy) pomiędzy trzema polskimi lokalizacjami, elementy te będą mogły działać jako nasz niezależny, narodowy interferometr. Z jego pomocą można będzie prowadzić monitorowanie jasności radiowej obiektów zwartych, takich jak pulsary, chłodne, karłowate gwiazdy



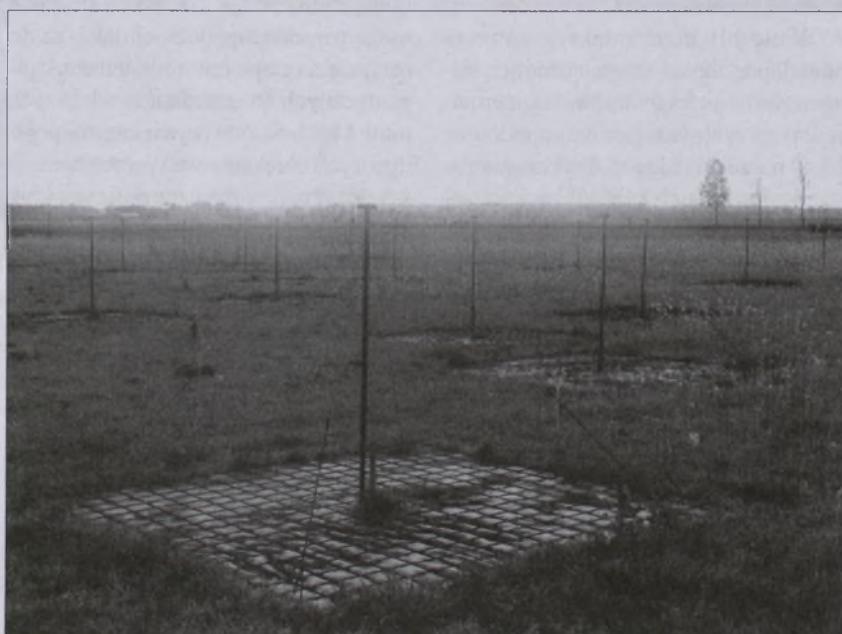
Rys. 1. Proponowane rozmieszczenie stacji LOFAR w Europie. Źródło: GoogleMaps

typu M czy gwiazdy podwójne rozbłyskowe. POLFAR jest obecnie na etapie aplikowania o fundusze na budowę trzech planowanych stacji.

### Dlaczego LOFAR?

Szacuje się, że w pełni ukończony interferometr LOFAR stanie się najbardziej liczącym się teleskopem radiowym przyszłej dekady. Pracować ma w zakresie bardzo niskich częstotliwości, a zatem zakresie widma elektromagnetycznego naj słabiej dotychczas zbadanym przez radioastronomów. Z przewidywaną czułością i zdolnością rozdzielczą kilkadziesiąt razy lepszą w porównaniu z największymi obecnie radioteleskopami, LOFAR ma szanse nie tylko umożliwić nam dokonanie spektakularnych odkryć, ale wręcz całkowicie zrewolucjonizować naszą wiedzę o Kosmosie. Obserwacje wykonane tym interferometrem obejmą zresztą bardzo szeroki zakres zagadnień wspólnocnej astrofizyki, w tym kosmologię wczesnego Wszechświata, problem formowania się planet, ewolucję gwiazd i galaktyk oraz badanie właściwości ośrodków międzygalaktycznego i jonusfery. LOFAR będzie miał także szereg ciekawych i bardzo praktycznych zastosowań nieastronomicznych. Jednym z kluczowych zadań projektu jest również rozwijanie technologii i przygotowanie badań naukowych pod planowany w dalszej perspektywie interferometr radiowy SKA (*Square Kilometer Array*). W odległej jeszcze przyszłości planuje się też umieszczenie stacji typu LOFAR/SKA na odwrotnej stronie Księżyca w miejscu, do którego nie docierają sztucznie generowane zakłócenia radiowe z Ziemi.

LOFAR to także pierwszy nowoczesny teleskop „software’owy” — nie posiada żadnych ruchomych części mecha-



Rys. 2. Jedna z centralnych stacji LOFAR w Exloo, Holandia. Widoczne są pojedyncze anteny dipolowe przeznaczone do obserwacji na niskich częstotliwościach. Fot. Marian Soida

nicznych, a formowanie wiązki (kierunku, w którym anteny „patrzą” na wycinek nieba) odbywa się na drodze elektronicznej obróbki sygnału. Do jego prawidłowego funkcjonowania potrzebna jest duża przepustowość łączących telekomunikacyjnych oraz ogromna moc obliczeniowa. Komputerem obsługującym cały system jest obecnie Blue Gene/L, mieszący się na Uniwersytecie w Groningen.

### Astronomiczne znaczenie obserwacji na niskich częstotliwościach radiowych

Wykorzystanie ultraniskich częstotliwości radiowych w projekcie LOFAR pozwoli na rozwój wielu różnych dziedzin astronomii, w tym tych, w które od lat zaangażowane są najważniejsze ośrodki astronomiczne w Polsce. Propozowane projekty badawcze są związane z fizyką plazmy kosmicznej i umożliwiać będą badania jej własności w warunkach nieosiagalnych w ziemskich laboratoriach. Programy te obejmują m.in. obserwacje aktywności Słońca i jej wpływu na otoczenie Ziemi, studia nad polem magnetycznym w galaktykach, grupach i gromadach galaktyk oraz badania ewolucji galaktyk aktywnych.

### Fizyka plazmy słonecznej i okołoziemskiej

Badanie jonasfery stanowi wspólny obszar zainteresowań astronomów i specjalistów technik satelitarnych. Aktywność słoneczna steruje większością procesów w zewnętrznych warstwach atmosfery Ziemi, takich jak jonasfera czy magnetysfera. Chwilowy stan jonasfery jest zawsze funkcją aktualnej aktywności Słońca. Wynikające z jej zmian, szczególnie rozblasków, gwałtowne zaburzenia plazmy okołoziemskiej mogą zakłócić pracę urządzeń satelitarnych. Interferometr LOFAR jest w stanie systematycznie monitorować stanowiące potencjalne zagrożenie rozblaski słoneczne. Może to pomóc w ich przewidywaniu. Możliwościami prognozowania pogody kosmicznej zainteresowane są służby komunikacyjne i systemy satelitarne komunikujące się poprzez jonasferę (GPS, GLONASS, Galileo).

### Badania galaktyk

LOFAR umożliwia systematyczne obserwacje radiowe bliskich galaktyk.

Emisja synchrotronowa na długich falach radiowych związana jest z elektronami relatywistycznymi o stosunkowo małej energii. Tracąc one również mniej energii na promieniowanie, przez co mogą propagować się dłużej i dalej od miejsc ich powstania w silnych falach uderzeniowych. Można spodziewać się, że np. dla typowych warunków w przestrzeni międzygalaktycznej elektrony takie mogą wyścieać się w polach magnetycznych do odległości około 100 kpc. Otwiera to zupełnie nowe możliwości badań rozciągniętych koron plazmowych wokół galaktyk, detekcji międzygalaktycznych pól magnetycznych i badań ewolucji pól magnetycznych w gromadach galaktyk.

Dzięki obserwacjom na długich falach będziemy mogli zbadać odkryte dla niektórych galaktyk zagadkowe załamania ich widm synchrotronowych. Mogą one odzwierciedlać dodatkowe straty energetyczne relatywistycznych elektronów przy zderzeniach z cząstkami gazu lub wielkoskalowym wiatrem galaktycznym. Mogą też wynikać z pochłaniania fal przez niskoenergetyczne (termiczne) elektrony w otoczkach wokół gorących gwiazd. W kombinacji z danymi na wyższych częstotliwościach radiowych dane z LOFAR pozwolą na ocenę występowania tych procesów w galaktykach o zróżnicowanych własnościach morfologicznych i gwiazdotwórczych. To powinno umożliwić zidentyfikowanie przyczyny występowania załamań w ich widmach.

Wiele bliskich galaktyk zawiera prawdopodobnie w swych centrach słabe aktywne jądra związane z supermasywnymi czarnymi dziurami, podobnie jak w naszej Galaktyce. Wykorzystanie stacji europejskich LOFAR umieszczonych poza Holandią pozwoli na osiągnięcie zdolności rozdzielczej rzędu roku świetlnego i umożliwi badanie zjawisk aktywności wokół centralnych czarnych dziur, ich czasowych zmian oraz związków z emisją optyczną i rentgenowską. Duże zdolności rozdzielcze dadzą także wgląd w obszary silnego formowania gwiazd, powstających supernowych i ich pozostałości. Przypuszcza się, że w naszej Galaktyce uda się odkryć „brakujące” pozostałości po supernowych, które od dawna przewidują modele teoretyczne, a które w dziedzinie optycznej są prawdopodobnie prze-

słonięte przez międzygwiazdowe obłoki gazu i pyłu.

### Regiony emisji o stromym widmie synchrotronowym

Interferometr LOFAR umożliwia poszerzenie naszej wiedzy o własnościach plazmy w ekstremalnie rzadkich ośrodkach (pojedyncze atomy na setki cm<sup>3</sup>), takich jak rozległe korony galaktyk, halo galaktyk, protogalaktyki, środowiska wewnętrzne grup i gromad galaktyk czy rozcięte płaty promieniowania radioowego w galaktykach aktywnych. Emisja radiowa tego typu obiektów na wysokich częstotliwościach jest bardzo słaba ze względu na ich strome widma synchrotronowe. Badanie ich przy wykorzystaniu działających dziś radioteleskopów i interferometrów nie jest łatwe, a czasem wręcz niemożliwe. Jednak skrajnie niskoczęstotliwościowe (do granicy obcięcia jonasferycznego) obserwacje LOFAR pozwoląby nie tylko na zbadanie struktur znanych już obszarów radiowych o stromym widmie, ale i na odkrycie wielu nowych obiektów tego typu.

### Galaktyki aktywne

LOFAR to także idealne narzędzie do badań niskoenergetycznego zakresu widma energii relatywistycznych elektronów w galaktykach aktywnych (radiogalaktykach). Wiemy, że najmłodsze z nich, o rozmiarach rzędu kilkuset parseków, ewoluują z czasem do większych (osiągających rozmiary rzędu kiloparseków) radioźródeł. Te z kolei rosnąc mogą najprawdopodobniej dalej, aż do osiągnięcia etapu tzw. radiogalaktyk gigantycznych (o rozmiarach większych niż 1 Mpc). Są one największymi pojedynczymi obiektami we Wszechświecie. Jak dotąd natura fizyczna radiogalaktyk gigantycznych jest niezbyt dobrze znaną, ponieważ liczba znanych obiektów tej klasy pozostaje niewielka. Powodem tego są pewne niedoskonałości współczesnych radioteleskopów (nie wystarczająca czułość i zdolność rozdzielcza na obserwacje stosunkowo słabych radiowo obiektów o strukturze rozciągniętej). Tych niedogodności obserwacyjnych nie będzie w przypadku pracującego na niskich częstotliwościach interferometru LOFAR.

LOFAR może okazać się przydatny w programach poszukiwania nowych gigantycznych radiogalaktyk. Celem ta-

kich programów jest skompletowanie wystarczająco licznej, reprezentatywnej próbki, która pozwoli na dokładne zbadanie ewolucji tych obiektów. W szczególności spodziewane są odkrycia bardzo odległych ( $z > 1$ ) radiogalaktyk o dużych rozmiarach liniowych, dzięki którym będziemy mogli po raz pierwszy empirycznie badać ewolucję kosmologiczną ośrodka międzygalaktycznego i sprawdzić poprawność założenia o zmianach jego gęstości w funkcji przesunięcia ku czerwieni.

Aktywność radiogalaktyk jest zjawiskiem przejściowym i po pewnym czasie ustaje. Jednak, jak dowodzą obserwacje, może też później dojść do jej wznowienia. Ślady po poprzedniej fazie aktywności zostały jak dotąd wykryte jedynie dla galaktyk o dużych rozmiarach liniowych, jednak z rozważań teoretycznych wynika, że wygasanie aktywności może nastąpić w każdym momencie „życia” radioźródła. Obserwacyjne potwierdzenie istnienia młodych, wygasających radiogalaktyk, lub znalezienie pozostałości po poprzedniej aktywności wokół obecnie aktywnych, zwartych obiektów, mogłyby być dowodem na poprawność tych założeń o ewolucji radiogalaktyk. Bardzo przydatna byłaby tu analiza struktur radiowych obiektów zwartych, zaobserwowanych siecią interferometryczną LOFAR, pod kątem poszukiwań śladów poprzedniego etapu aktywności wokół AGN-ów na różnym etapie ewolucji. LOFAR pozwoliły też najprawdopodobniej na identyfikację radioźródeł wygasających, w których dżet nie jest już zasilany plazmą, a elektrony zgromadzone w płatach radiowych wyściegają energię w procesie synchrotronowym. Takie stare radioowo regiony cechują się stromymi widmami promieniowania synchrotronowego, co sprawia, że da się je zaobserwować jedynie na niskich częstotliwościach. Jeśli jednak chcemy otrzymać jednocześnie obrazy młodych struktur zwartych i starych regionów radiogalaktyk, potrzebna jest optymalna kombinacja odpowiednio wysokiej rozdzielczości z dużą czułością na wyższych częstotliwościach.

## Magnetyfery pulsarów i gwiazd karłowatych

LOFAR będzie prowadził badania plazmy w otoczeniu gwiazd neutronowych. Plazma podlega tam wpływom

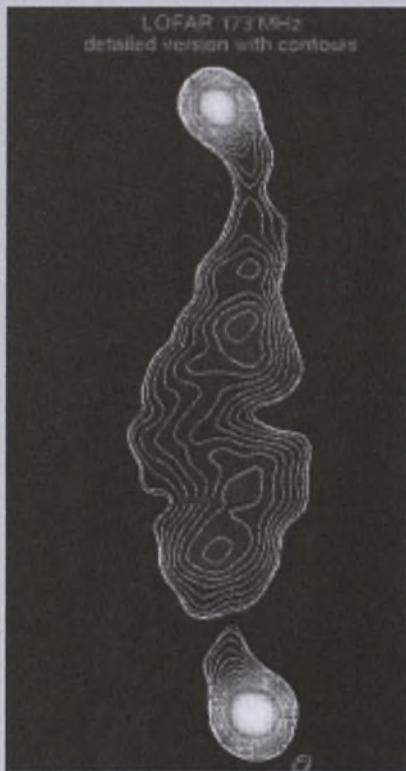
bardzo silnych (nawet miliard razy silniejszych niż na Ziemi) pól magnetycznych. Proponuje się wykorzystanie nowego interferometru do badań zjawiska dryfujących impulsów oraz niskoczęstotliwościowych widm pulsarów. Projekty tego typu są interesujące także ze względu na możliwość pośredniego monitorowania ośrodka międzygwiazdowego, przez który przechodzi promieniowanie radiowe pulsarów.

Równie interesujące wydaje się użycie danych z LOFAR do badań niskoczęstotliwościowego promieniowania dochodzącego do nas z otoczenia chłodnych, karłowatych gwiazd, wykazujących aktywność podobną do słonecznej. W pobliżu takich gwiazd coraz częściej znajdują się planety, nierzadko orbitujące w obszarze wokół gwiazdy, w którym możliwe jest życie biologiczne. Znając powiązania między aktywnością naszego Słońca i zmianami zachodzącymi w plazmowym otoczeniu Ziemi (także tymi, które mogą mieć znaczenie dla rozwoju życia), można by na podstawie takich badań wnioskować o własnościach plazmy w sąsiedztwie planet pozasłonecznych i ich wpływie na środowisko planet.

## Astrofizyka wczesnego Wszechświata

Jednym z najistotniejszych celów projektu LOFAR jest badanie wczesnych stadiów ewolucji Kosmosu. Bardzo przydatna może tu się okazać detekcja obiektów o bardzo dużych przesunięciach ku czerwieni. Spodziewamy się wykryć m.in. tysiące galaktyk i protogalaktyk młodego Wszechświata. Umożliwi to określenie tempa, w jakim zachodzą procesy tworzenia się gwiazd w funkcji jego wieku.

W modelu zimnej ciemnej materii (CDM) Wszechświat składa się głównie z pewnego rodzaju powolnych cząstek nie emitujących fal elektromagnetycznych. Materiał taki może być obserwowany jedynie na drodze jego oddziaływań grawitacyjnych ze zwykłą materią. Model CDM zakłada, że struktury Wszechświata formują się hierarchicznie, począwszy od drobnych fluktuacji w gęstości pierwotnej materii i skończywszy na obserwowanych obecnie gromadach galaktyk. Szacuje się, że 400 tysięcy lat po Wielkim Wybuchu gęstość i temperatura Wszechświata spadły na tyle, że możliwa była rekombi-



Rys. 3. Mapa radiogalaktyki 3C61.1 uzyskana na podstawie danych LOFAR na 173 MHz, wykonana na początku roku 2010. Widać wyraźnie typową strukturę rozciągłą radioźródła — gorące plamy i loby radiowe. Źródło: Reinout van Weeren/ASTRON

nacja — powszechnie łączenie się jonów i elektronów w atomy neutralnego wodoru. Doszło następnie do oddzielenia się fotonów (promieniowania) od materii. Rozpoczęły się tzw. Ciemne Wieki — najstarszej dotychczas poznany etap ewolucji Kosmosu. Nie istniały wówczas jeszcze silne źródła promieniowania, a zaburzenia gęstości materii dopiero zaczynały narastać. Ciemne Wieki kończą się mniej więcej 400 milionów lat później, gdy pojawiły się pierwsze gwiazdy (tzw. III populacja), emitujące promieniowanie jonizujące. Rozpoczyna się tym samym epoka rejonizacji. Podczas jej trwania stopniowo zwiększa się rolą zwykłej materii bariowej w formowaniu się struktur kosmicznych. Badanie rozkładu i gęstości materii w tej epoce, jak również w okresie poprzedzającym ją bezpośrednio, może przyczynić się do poznania odpowiedzi na szereg pytań dotyczących kosmologii oraz powstawania najwcześniejszych galaktyk i gromad.

Obserwacja emisji i absorpcji neutralnego wodoru na fali 21 cm może mieć duży wkład w tego rodzaju badania. Fale takiego promieniowania, pochodzące z epoki rejonizacji, a zatem znacznie przesunięte ku czerwieni na skutek eks-

pansji Wszechświata, mają dla współczesnego obserwatora na Ziemi długości metrowe. Przykładowo, dla przesunięcia ku czerwieni  $z = 9$ , odpowiadającego okresowi 550 milionów lat po Wielkim Wybuchu, fala ta ma już długość dwóch metrów. Pomiar emisji neutralnego wodoru w ośrodku międzygalaktycznym, dla przesunięć ku czerwieni odpowiadających zarówno epoce rejonizacji, jak i poprzedzającym ją Ciemnym Wiekom, daje nam zatem duże nadzieje na zbadanie początkowego rozkładu materii we Wszechświecie oraz fluktuacji jej gęstości. Dowieemy się też być może, czym były pierwotne źródła promieniowania jonizującego (gwiazdy III populacji, kważary?) i jaki był ich rozkład. Obserwacje takie wymagają jednak dużej czułości, niedostępnej dla obecnych radioteleskopów. Narzędzia przeznaczone m.in. do obserwacji linii neutralnego wodoru na falach metrowych powstają już teraz — pierwszym z nich jest LOFAR. Kolejne budowane będą w nadchodzącym dziesięcioleciu. Są to planowane obecnie nowoczesne interferometry radiowe: międzynarodowy projekt SKA oraz MWA (*Murchison Widefield Array*).

### Zastosowania nieastronomiczne

Infrastruktura techniczna interferometru LOFAR może być z powodzeniem wykorzystana w szeregu zastosowań pozaastronomicznych i pozanaukowych. Należy tu wymienić przede wszystkim projekty mające na celu badanie wilgotności gruntu i zasolenia oceanów (ESA-SMOS), monitoring zmienności jonosfery ziemskiej i jej wpływu na radiokomunikację przy użyciu satelitów GNSS, czy kontrola warunków środowiskowych w rolnictwie (program LOFAR Agro). Już teraz instytucje takie jak Uniwersytet Techniczny Delft czy Holenderski Królewski Instytut Meteorologiczny biorą czynny udział w zastosowaniu elementów sieci LOFAR w naukach o Ziemi i rolnictwie.

Połączone szeropasmowym łączem stacje LOFAR będą wspomagać projekt POLFARAGRO — projekt pomocniczy dla naziemnych badań weryfikacyjnych programu SWEX (*Soil Water and Energy Exchange*). Jego głównym celem ma być kontrola poprawności danych satelitarnych w misji ESA-SMOS (*Soil Moisture and Ocean Salinity*). Od



Rys. 4. Jedna z pierwszych holenderskich stacji LOFAR we wczesnej fazie budowy (około Exloo). Na fotografiach widoczne są anteny na wyższy zakres — HBA (od 120 do 270 MHz). Fot. Marian Soida

2009 r. satelita SMOS monitoruje wilgotność gruntów i zasolenie oceanów. Czynniki te decydują o obiegu wody na Ziemi i są bezpośrednim miernikiem tempa zmian klimatu. Klimat naszej planety zmienia się na skutek działalności człowieka, niewiele jednak wiemy o kierunku tych zmian. Zmiany takie można efektywnie badać jedynie przez stały ich monitoring w skali globalnej. Informacje zebrane przez satelitę SMOS w ciągu kilku lat zaplanowanej misji posłużą do usprawnienia metod przewidywania pogody, wczesnego ostrzegania powodziowego i rozwijania technologii rolniczych. SMOS obrazuje naturalny mikrofalowy szum Ziemi na w paśmie 1,4 GHz metodą radiometrii interferometrycznej. Pomiary ze stacji naziemnych mają kontrolować poprawność wyników zebranych przez satelitę oraz uzupełniać obserwacje orbitalne. Dlatego jest istotna lokalizacja w wielu różnych miejscowościach na Ziemi specjalnych stacji pomiarowych na potrzeby projektu. LOFAR, który dostarcza szeropasmowe łącze telekomunikacyjne oraz same stacje zlokalizowane w obszarach złożenia pozbawionych zakłóceń telekomunikacyjnych, mogących wpływać na jakość pomiaru, mógłby wnieść istotny wkład w tego rodzaju badania.

Możliwe jest także wykorzystanie technicznej infrastruktury stacji LOFAR do lokalizacji specjalnych odbiorników przeznaczonych do obserwacji satelitów GNSS (*Global Navigation Satellite Sys-*

*tem*). Dane GNSS z poszczególnych stacji naziemnych można wykorzystać w wielu nieastronomicznych programach badawczych, takich jak monitorowanie globalnych ruchów skorupy ziemskiej i pływów morskich czy uzupełnianie danych pozycyjnych w systemach GPS. Sama idea GNSS, satelitarnego systemu nawigacyjnego, zastępującego wszystkie dotychczasowe systemy radionawigacyjne, pojawiła się w odpowiedzi na znaczne ograniczenia przydatności wojskowego systemu GPS Navstar, jako głównego narzędzia nawigacji w lotnictwie cywilnym. Koncepcja zakłada zwiększenie precyzji nawigacji satelitarnej poprzez zwiększenie ilości informacji pozycyjnej i jednoczesne zapewnienie nieprzerwanego dopływu danych korekcyjnych dla otrzymywanych pomiarów. Naziemne stacje referencyjne (o znanych współrzędnych) mają za zadanie na bieżąco porównywać swoje współrzędne z pozycją otrzymaną na podstawie pomiarów z satelitów. Następnie mogą komunikować się z pokładowymi odbiornikami nawigacyjnymi, które uwzględniają poprawkę dla poszczególnych satelitów. Umożliwia to zwiększenie dokładności satelitarnego pozycjonowania w czasie rzeczywistym — zatem istnienie stacji referencyjnych jest niezwykle istotne dla działania całej sieci satelitarnej. Stacje LOFAR stanowią idealne bazy dla naziemnych stacji referencyjnych, ponieważ wyposażone są w od-

powiednią infrastrukturę telekomunikacyjną i lokalizowane są na terenach wolnych od zakłóceń w paśmie radiowym. Warto w tym miejscu zauważać, że jedna z ich ewentualnych polskich lokalizacji LOFAR, Obserwatorium Astrogeodynamiczne na Borówcu (woj. wielkopolskie), już teraz jest włączone do światowej sieci IGS (*International GPS Service for Geodynamics*).

Pasmo pomiarowe anten sieci LOFAR stanowi część pasma objętego regulacjami normatywnymi dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej (zdolności urządzenia elektrycznego do pracy bez zakłócania innych urządzeń). Planowane jest wykorzystanie systemu anten LOFAR w monitorowaniu źródeł zakłóceń elektromagnetycznych. Wynikami takich badań byłyby zainteresowane m.in. służby ratownictwa medycznego i operatorzy sieci telefonii komórkowej.

### Pierwsze rezultaty naukowe

Teoretyczne oszacowania zdolności rozdzielczej i czułości dla interferometru LOFAR pokazują, że w zakresie wyższego zakresu częstotliwości radiowych (120–270 MHz) czułość jest nieco lepsza niż dla interferometru VLA (*Very Large Array*, USA) i porównywalna do GMRT (*Giant-Meter Radio Telescope*, Indie). Dla najniższych częstotliwości zarówno zdolność rozdzielcza,

jak i czułość LOFAR są bezkonkurencyjne.

Z pierwszych danych zebranych przez niewielkie jeszcze stacje LOFAR w Holandii wynika, że projekt już teraz okazał się wielkim sukcesem uczonych i konstruktorów. Jedna z najwcześniej uzyskanych map, otrzymanych przy pomocy zaledwie czterech stacji centralnych z Exloo, ukazuje strukturę radioźródła Cygnus A (klasyczna podwójna radiogalaktyka z lobami radiowymi) na częstotliwości 30 oraz 120 MHz. Wyraźnie widoczne są rozdzielone obszary emisji synchrotronowej, związane z dżetami wyrzucanymi z centralnego regionu supermasywnej czarnej dziury. Jeszcze lepiej prezentuje się mapa radiogalaktyki 3C61.1 (rys. 3) wykonana na bazie danych z kilkunastu stacji LOFAR. Widoczne są na niej nie tylko loby radiowe, ale i wyraźnie oddzielone niewielkie struktury zwarte — gorące plamy, czyli regiony silnej emisji synchrotronowej.

W 2009 r. uruchomiono pierwsze niemieckie stację w Effelsbergu i pod Poczdamem. Udało się następnie przeprowadzić pierwsze obserwacje LOFAR na tzw. długich bazach — korelację stacji niemieckiej ze stacjami centralnymi w Holandii. Jest to bardzo istotny wynik, pokazujący, że przy obecnej infrastrukturze technicznej niskoczęstotliwościowa interferometria

wielkobazowa jest możliwa i daje prawne rezultaty.

### Podsumowanie

Nowoczesny interferometr LOFAR stanowi kompleksowe i nowoczesne urządzenie, które pozwoli nam zgłębić słabo poznane dziedziny astrofizyki. Przede wszystkim zaproponowanych dla projektu jest bardzo szeroki — uwzględnia różne obiekty astronomiczne, począwszy od planet, a skończywszy na grupach i gromadach galaktyk. LOFAR, zdolny do zaobserwowania tysięcy najodleglejszych i zarazem najstarszych galaktyk i gromad o ekstremalnie dużych przesunięciach ku czerwieni, daje nam także (a może przede wszystkim) dużą szansę na zgłębienie wczesnej historii Wszechświata.

Więcej informacji na stronie: <http://www.lofar.org>

*Mgr Elżbieta Kuligowska jest doktorantką w Zakładzie Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Zajmuje się badaniem i modelowaniem dynamiki radiogalaktyk typu FRII, poszukiwaniem tzw. radiogalaktyk gigantycznych, a także obserwacjami gwiazd zmiennych i kwazarów. Obecnie jest także zaangażowana w redukcję wczesnych danych z projektu LOFAR*

### rozmaistości

## Galaktyki pożywieniem kwazarów!

Astronomowie zaobserwowali gigantyczną mgławicę zjonizowanego gazu wokół jednego z kwazarów oraz oznaki jego oddziaływanego z bliską galaktyką. Obserwacje wykonano przy pomocy dwóch największych teleskopów na świecie: VLT (*Very Large Telescope*) w Chile i GTC (*Gran Telescopio Canarias*) na Wyspach Kanaryjskich. Grupa naukowców, którą kierował Montserrat Villar Martin z Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC w Hiszpanii, zbadała aktywność kwazara o nazwie SDSS J0123+00.

Kwazary to najjaśniejsze obiekty spośród tzw. galaktyk aktywnych, które emittują ogromne ilości energii ze swojego jądra, gdzie znajdują się czarne dziury o masach równych przynajmniej kilku milionom mas Słońca!

Silne oddziaływanie grawitacyjne

czarnych dziur sprawia, że okoliczna materia jest ściągana nieubłaganie w ich kierunku, formując tzw. dysk akrecyjny otoczony nieprzecząstym pierścieniem (torusem). Większość energii wysyłanej przez kwazar pochodzi właśnie z gorącego dysku akrecyjnego. Gdy patrzymy na kwazary z Ziemi, widzimy je albo bardziej od osi dysku (kwazary typu 1), albo bardziej od krawędzi dysku (kwazary typu 2), kiedy to część promieniowania jest blokowana przez gruby torus.

Kwazary typu 2 wciąż pozostają słabo znane i są badane głównie metodami statystycznymi. Choć trudniej je obserwować, są świetnymi laboratorium do badania kosmicznego otoczenia kwazarów. Ich grube torusy przysłaniają bowiem jasne promieniowanie z centrum, pozwalając tym samym lepiej przyjrzeć się ich środowisku zewnętrznemu.

„Nasze badania przyniosły zaskakujący rezultat” — mówi Montserrat Villar Martin. Wokół kwazara SDSS J0123+00 zaobserwowano wielką mgławicę zjonizowanego gazu o rozmiarach sześciokrotnie przekraczających rozmiar naszej Drogi Mlecznej. Według badaczy, jest ona pozostałością po bliskim spotkaniu z sąsiadnią galaktyką, a jego wynikiem jest m.in. pomość materii, łączącej obie obiekty. Pogląbia to przekonanie naukowców, że aktywność kwazarów jest wynikiem ich oddziaływanego z bliskimi galaktykami, w czasie których przyciągana materia staje się pożywieniem dla ich centralnych czarnych dziur, mogących również dać początek formacji gwiazdowej.

Nowe wyniki to pierwsze efekty użycia specjalnego urządzenia OSIRIS (*Optical System for Imaging and low Resolution Integrated Spectroscopy*) zainstalowanym na teleskopie GTC. Urządzenie to posiada specjalny filtr, umożliwiający astronomom obserwować widmo światła widzialnego (od czerwieni po błękit) w wielu różnych, wąskich pasmach.

*Andrzej Gibiec*  
Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

Uruchomiony niedawno Wielki Zderzacz Hadronów (ang. Large Hadron Collider, LHC), największe urządzenie badawcze skonstruowane przez człowieka, będzie w stanie przyspieszać naładowane cząstki do energii rzędu 10 TeV ( $10^{13}$  eV). To najwyższa energia, jaką kiedykolwiek uzyskano w ziemskich akceleratorach. Jednak cząstki o najwyższych znanych energiach docierają do nas skądinąd: z głębin Wszechświata. W wyniku działania mechanizmów, których jak dotąd dobrze nie rozumiemy, do Ziemi docierają promienie kosmiczne o energiach sięgająccych nawet  $10^{20}$  eV, tj. ok. 10 mln razy większych niż będą miały cząstki przyspieszane w LHC. Tak wysoką energię można porównać do energii dobrze zaserwowanej piłki tenisowej lub do uderzenia bokserskiego w wadze ciężkiej — jest to naprawdę sporo, zwłaszcza jeśli pamiętamy, że chodzi o energię pojedynczych cząstek.

# Czego (jeszcze) nie rejestruje Obserwatorium *Pierre Auger,* czyli poszukiwania fotonów i neutrin o skrajnie wysokich energiach

## Wprowadzenie

Promieniowanie kosmiczne o skrajnie wysokich energiach jest niezwykle zagadkowe. Jakie cząstki wchodzą w jego skład? Jakie procesy nadają tym cząstkom tak wysokie energie? Dlaczego energia ta nie ulega rozproszeniu podczas propagacji przez przestrzeń kosmiczną? Czy kierunki ich przylotu można powiązać ze znanyimi obiektami astronomicznymi? Pytania te czekają na odpowiedzi już od ponad 40 lat, kiedy to w obserwatorium w Volcano Ranch zarejestrowano po raz pierwszy wielki pęk atmosferyczny zainicjowany przez cząstkę o energii przekraczającej  $10^{20}$  eV.

Niestety Wszechświat, choć dostarcza cząstek o energiach niespotykanych w warunkach ziemskich, nie jest źródłem idealnym: strumień promieni kosmicznych docierających do Ziemi małej gwałtownie z energią cząstek (zob.

rys. 1). Ujmując rzecz nieco dokładniej: liczba cząstek maleje niewiele mniej niż 1000 razy przy 10-krotnym wzroście ich energii i np. w przypadku cząstek o energiach  $10^{20}$  eV możemy spodziewać się uderzenia jednej cząstki w powierzchnię  $1 \text{ km}^2$  mniej niż jeden raz w ciągu stulecia. Rejestracja i analiza tak rzadkich zdarzeń stanowią nie lada wyzwanie.

Dotychczas zarejestrowano zaledwie kilkanaście przypadków cząstek o energiach przekraczających  $10^{20}$  eV. Jest to stanowczo zbyt mało, aby wyciągać daleko idące wnioski naukowe, ale wystarczająco dużo, by jednoznacznie potwierdzić fakt docierania takich cząstek do Ziemi. I to jest właśnie ciekawe: wiemy, że docierają do nas, ale bazując na obecnym stanie wiedzy, nie potrafimy dobrze wyjaśnić, dlaczego tak się dzieje ani skąd się w ogóle wzięły. Bardzo możliwe, że znajdujemy się u progu

nowego odkrycia: być może wyjaśniając zagadkę promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach, dowieemy się czego zupełnie nowego i zaskakującego o otaczającym nas Wszechświecie. Szansa jest tym większa, ponieważ w najbliższej przyszłości powinniśmy dysponować znacznie większą ilością danych. Stanie się tak dzięki gigantycznemu instrumentowi badawczemu nowej generacji: Obserwatorium Pierre Auger, usytuowanemu w Malargue w Argentynie [1, 2].

### *Obserwatorium Pierre Auger*

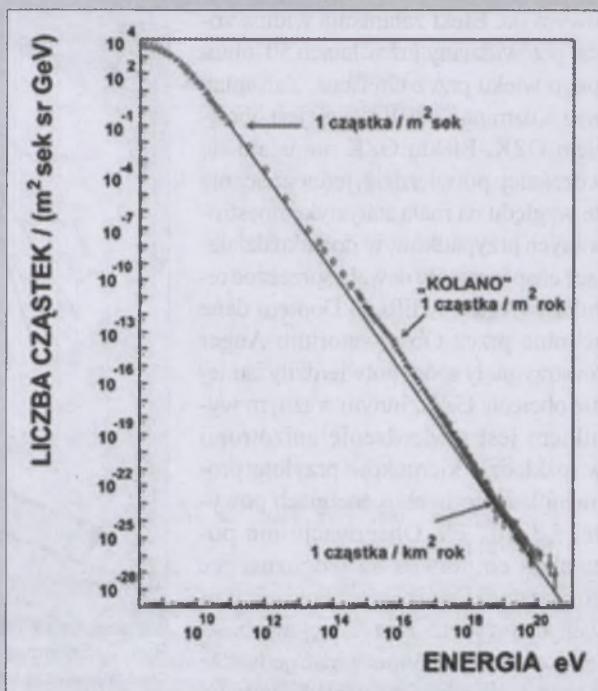
Obserwatorium Auger, będące największym jak dotąd narzędziem naukowym zdolnym do rejestracji promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach, powstało w wyniku współpracy ponad 400 naukowców z 17 krajów, w tym grup z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie i Uniwersytetu Łódzkiego. Od momentu rozpoczęcia akwizycji danych Obserwatorium zarejestrowało więcej przypadków promieni kosmicznych wysokich energii niż wszystkie pozostałe obserwatoria w całej historii razem wzięte. W ciągu najbliższych lat można spodziewać się dalszego dynamicznego wzrostu statystyki danych, co powinno pozwolić na wyjaśnienie zagadki promieni kosmicznych lub przynajmniej na istotne zbliżenie się do odpowiedzi na najważniejsze pytania.

Ze względu na niewielki strumień promieni kosmicznych o skrajnie wysokich energiach, ich rejestracja możliwa jest jedynie przy pomocy metod pośredniczących, tj. poprzez detekcję wielkich pęków atmosferycznych. Pęki te powstają w wyniku oddziaływania cząstek pierwotnych promieniowania kosmicznego z cząstками atmosfery. W wyniku kolejnych zderzeń powstaje kaskada cząstek wtórnych przemieszczających się z prędkością bliską prędkości światła. Wielkie pęki atmosferyczne można obserwować na dwa sposoby: zliczając cząstki wtórne docierające do powierzchni Ziemi oraz rejestrując światło fluorescencji emitowane izotropowo przez atomy azotu. Atomy te są wzbudzane przez uderzające w nie cząstki wielkiego pęku, a do emisji światła fluorescencji dochodzi podczas przejścia ze stanów wzbudzonych do podstawowych. W Obserwatorium Auger zastosowano obie te techniki równolegle, co

istotnie zwiększa dokładność wykonywanych pomiarów (zob. rys. 2). Cząstki pęków docierające do powierzchni Ziemi są zliczane przy pomocy gigantycznej sieci stacji naziemnych: 1600 wodnych liczników Czerenkowa odległych od siebie o 1,5 km i rozmiieszczonych na powierzchni ok. 3 tys. km<sup>2</sup>. Pojedynczy licznik to wypełniony czystą wodą pojemnik przypominający kształtem walec o polu podstawy ok. 10 m<sup>2</sup> i wysokość 1,2 m. Naładowane cząstki pęku,

przemieszczając się w wodzie wypełniającej pojemnik, emittują światło Czerenkowa, które jest rejestrowane przez 3 fotopowielacze znajdujące się wewnątrz zbiornika. Zarejestrowany sygnał stanowi informację o natężeniu i rodzaju cząstek w miejscu, gdzie stoi licznik. Typowy front pęku zainicjowanego przez cząstkę pierwotną o skrajnie wysokiej energii ma średnicę rzędu kilkunastu kilometrów, co przy rejestracji przez sieć

naziemną oznacza aktywację kilku lub kilkunastu liczników. Analiza czasowych przebiegów natężeń sygnałów rejestrowanych w poszczególnych licznikach pozwala na wnioski o geometrii wielkiego pęku, o energii cząstki pierwotnej oraz, co najtrudniejsze, o jej rodzaju. Uzupełnieniem naziemnej sieci liczników Czerenkowa są 4 stacje teleskopów rejestrujących światło fluorescencji związane z przemieszczającym się frontem pęku. Światło to jest ogniskowane przez teleskop na kamery zbudowanej z 440 fotopowielaczy o średnicy 1,5° każdy. W związku z tym, że energia pozostawiona przez cząstki pęku w atmosferze jest proporcjonalna do natężenia światła fluorescencji emitowanego przez azot, zmiany natężeń sygnału rejestrowanego przez kamerę niosą informacje o zmianach liczby cząstek w pęku w miarę jego propagacji oraz o geometrii całego pęku. Rekonstrukcja geometrii wielkiego pęku (cho-



Rys. 1. Widmo energii promieni kosmicznych rozciąga się na kilkanaście rzędów wielkości. Strumień promieni kosmicznych maleje bardzo gwałtownie z ich energią, dla 10<sup>20</sup> eV jest to mniej niż 1 cząstka/km<sup>2</sup>/stulecie

dzi głównie o kierunek przylotu cząstki pierwotnej) jest szczególnie dokładna, jeśli dany przypadek jest rejestrowany przez teleskopy więcej niż jednej stacji. Należy zaznaczyć, że detekcja fluorescencyjna jest możliwa wyłącznie podczas bezksiążycowych i bezchmurnych nocy, co stanowi niewiele ponad 10% możliwego czasu pracy, podczas gdy sieć liczników naziemnych działa bez przerwy.

Istotnym elementem strategii Obserwatorium jest budowa jego drugiej części na półkuli północnej, w stanie Colorado w USA. Część północna ma objąć powierzchnię ok. 20 000 km<sup>2</sup>, dzięki czemu obserwacjami zostanie objęte również niebo północne, a łączna statystyka przypadków wzrośnie prawie 7-krotnie.

### *Promienie kosmiczne skrajnie wysokich energii — czym są?*

Dzięki dużej statystyce przypadków, znacznie przekraczającej wszystko, co do tej pory zaobserwowano, już w programie swojej działalności Obserwatorium Auger pozwoliło na uzyskanie nowych, bardzo ważnych informacji o promieniach kosmicznych. Ustalono m.in., że widmo energetyczne promieni kosmicznych załamuje się gwałtownie przy energii ok. 4×10<sup>19</sup> eV, co jest efektem oddziaływanie cząstek pierwotnych z kosmicznym promieniowaniem reli-

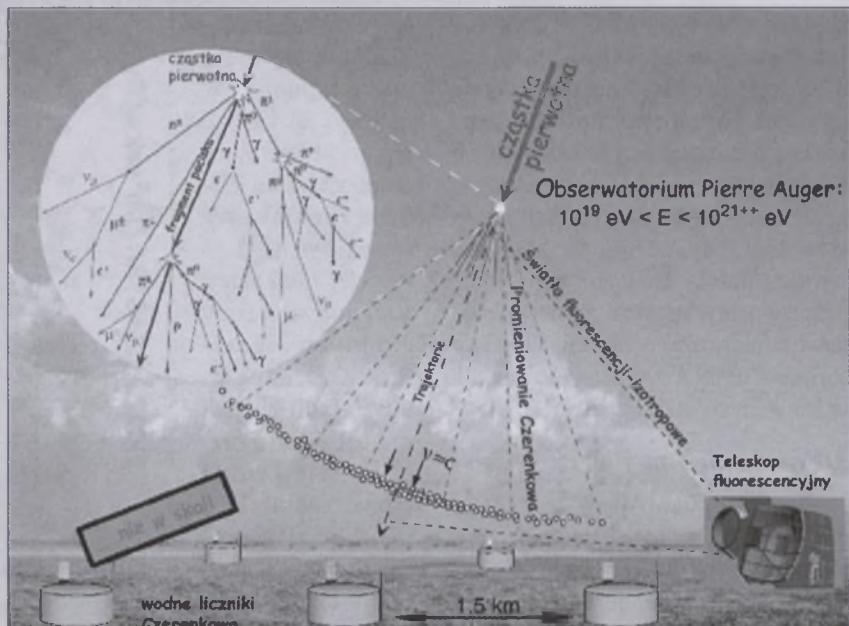
towym tła. Efekt załamania widma został przewidziany już w latach 50. ubiegłego wieku przez Greisena, Zatsepina oraz Kuzmina i odtąd zwany jest obcięciem GZK. Efektu GZK nie udało się wcześniej potwierdzić jednoznacznie ze względu na małą statystykę rejestrówanych przypadków, w dodatku działające eksperymenty dawały sprzeczne rezultaty (Agasa i HiRes). Dopiero dane zebrane przez Obserwatorium Auger rozstrzegły spór i potwierdziły istnienie obcięcia GZK. Innym ważnym wynikiem jest stwierdzenie anizotropii w rozkładzie kierunków przylotu promieni kosmicznych o energiach powyżej  $5,7 \times 10^{19}$  eV. Obserwacje nie pozwalały co prawda na jednoznaczne powiązanie kierunków przylotu rejestrówanych przypadków ze znymi obiektami astrofizycznymi, widać jednak korelacje z rozkładem pobliskich (tj. leżących w promieniu 75 Mpc) aktywnych jąder galaktyk (AGN, ang. *Active Galactic Nuclei*). Odkrycie to wskazuje, że być może właśnie jesteśmy świadkami otwarcia nowego kanału obserwacji Wszechświata, tj. początku astronomii korpuskularnej, czyli obserwacji źródeł poprzez emitowane przez nie strumienie cząstek.

Zagadką pozostaje skład chemiczny promieniowania kosmicznego skrajnie wysokich energii. Najprawdopodobniej wśród docierających do nas cząstek dominują protony lub cięższe jądra, powinniśmy jednak obserwować również fotonów i neutrino. To właśnie poszukiwanie fotonów i neutrino są głównym tematem tego artykułu.

### Fotony i neutrino wśród promieni kosmicznych?

Pomiar odsetka fotonów i neutrino wśród promieni kosmicznych może dostarczyć bezcennych informacji dotyczących źródeł promieniowania kosmicznego i obszarów przestrzeni, przez które promienie te podróżą w drodze do Ziemi.

Obecnie rozważa się dwie główne klasy scenariuszy powstawania promieni kosmicznych. Jedna z tych klas wykorzystuje konwencjonalne procesy akceleracji na frontach fal uderzeniowych generowanych przez zdolne do tego obiekty astrofizyczne, takie jak wspomniane AGN-y, lub też powstających podczas zderzeń galaktyk czy innych katastrof kosmicznych. W scenariuszach



Rys. 2. Schemat obrazujący powstawanie i propagację wielkiego pęku atmosferycznego oraz rejestrację tego zdarzenia w Obserwatorium Pierre Auger

tych, zwanych niekiedy „konwencjonalnymi”, cząstki naładowane przyspieszane są przez pola magnetyczne związane z frontami fal uderzeniowych. Pewna część przyspieszonych cząstek może uciec z obszaru oddziaływania i rozpoczęć podróż po Wszechświecie. Cząstki te nie podróżują jednak bez przeszkoł. Jeżeli lecą odpowiednio długo, może dojść do ich oddziaływania z kosmicznym promieniowaniem reliktowym tła, a w wyniku tego oddziaływania powinny powstać m.in. fotony i neutrino o energiach mniej więcej 10-krotnie mniejszych niż energie naładowanych cząstek pierwotnych. W związku z tym, biorąc pod uwagę wspomniany wcześniej gwałtowny spadek strumienia promieni kosmicznych z energią, w określonym przedziale energetycznym oczekiwana liczba obserwowanych fotonów i neutrino powinna być około 1000 razy mniejsza niż liczba dotarujących do nas naładowanych jąder.

Scenariusze z drugiej grupy przewidują, że źródłami obserwowanych na Ziemi promieni kosmicznych mogą być supermasywne cząstki o masach rzędu  $10^{23}$  eV powstałe tuż po Wielkim Wybuchu lub też w wyniku anihilacji lub rozpadu reliktów wczesnego Wszechświata, takich jak struny kosmiczne czy monopole magnetyczne. Cząstki te mogłyby podlegać kolejnym rozpadom, w wyniku których powinny powstawać przedmiotami historii i budowy Wszechświata. Z drugiej strony, jeśli odsetek fotonów i neutrino okazał się niewielki, można by bardzo ograniczyć lub nawet wykluczyć całą klasę scenariuszy egzotycznych, co również byłoby du-

mi. Teorie, o których mowa, często nazywane są „egzotycznymi”, gdyż mówią o zjawiskach hipotetycznych, z którymi nikt jeszcze nie miał do czynienia. Ze względu na gigantyczne energie, które są rozważane, o weryfikacji teorii egzotycznych w ziemskich laboratoriach nie można nawet marzyć. Unikalną możliwość ich sprawdzenia daje natomiast badanie promieniowania kosmicznego o najwyższych energiach. Przewidywany przez modele egzotyczne odsetek fotonów i neutrino powinien być o wiele bardziej znaczący niż w przypadku modeli konwencjonalnych — przy energiach rzędu  $10^{20}$  eV mógłby sięgać nawet 50%.

Gdyby udało się potwierdzić eksperymentalnie, że fotony i neutrino stanowią istotną składową promieniowania kosmicznego skrajnie wysokich energii, mielibyśmy silną wskazówkę, że mechanizmy powstawania docierających do nas cząstek mają charakter egzotyczny. Badanie wielkich pęków inicjowanych przez fotonów i neutrino dałoby więc unikalną szansę na testowanie praw fizyki w zakresie energii charakterystycznych dla okresu tuż po Wielkim Wybuchu. Być może doprowadziłoby to do nowych, przełomowych odkryć w fizyce, odkryć dotyczących przede wszystkim (ale nie wyłącznie) historii i budowy Wszechświata. Z drugiej strony, jeśli odsetek fotonów i neutrino okazał się niewielki, można by bardzo ograniczyć lub nawet wykluczyć całą klasę scenariuszy egzotycznych, co również byłoby du-

zym osiągnięciem przybliżającym nas do lepszego poznania Kosmosu.

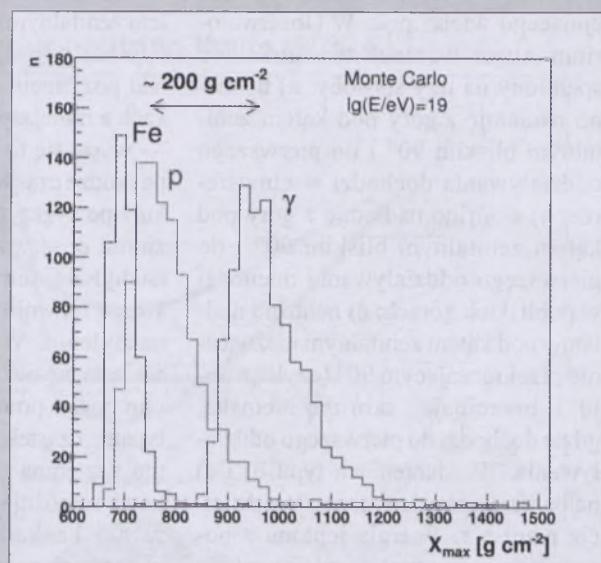
## Identyfikacja fotonów

Typ cząstki pierwotnej identyfikujemy, analizując zaobserwowane własności wielkiego pęku. Jeśli cząstka pierwotną jest foton, do jego pierwszego oddziaływanego w atmosferze dochodzi później, niż gdybyśmy mieli do czynienia z protonem lub cięższym jądrem. Opóźnione pierwsze oddziaływanie niesie ze sobą szereg konsekwencji dla rozwoju wielkiego pęku. Najważniejszą z nich jest duża głębokość atmosferyczna<sup>1</sup>, na której wielki pęk osiąga maksimum swojego rozwoju. Głębokość maksimum rozwoju rejestrują opisane wyżej teleskopy fluorescencyjne. Na rys. 3 przedstawiono symulacje rozkładów głębokości maksimów rozwoju, oznaczonych jako  $X_{\max}$ , dla różnych cząstek pierwotnych o energii  $10^{19}$  eV. Jak widać, maksima rozkładów  $X_{\max}$  dla fotonów i jader różnią się co najmniej o  $200 \text{ g cm}^{-2}$ . Rozdzielcość teleskopów fluorescencyjnych w Obserwatorium Auger wynosi ok.  $20 \text{ g cm}^{-2}$ , a zatem różnica  $200 \text{ g cm}^{-2}$  oznacza duże prawdopodobieństwo odróżnienia fotonów od protonów lub cięższych jader. Należy jednak zauważyć, że rozkłady nie są rozłączne, co oznacza, że jednoznaczna identyfikacja pojedynczych przypadków nie jest możliwa — wnioski o rodzaju cząstek pierwotnych można wyciągać dopiero na podstawie analizy rozkładów  $X_{\max}$ , tj. przy większej statystyce zarejestrowanych zdarzeń.

Aby prawidłowo identyfikować fotony na podstawie wartości  $X_{\max}$ , należy dokonać odpowiedniej selekcji danych. Przede wszystkim wymaga się, aby  $X_{\max}$  dla obserwowanego pęku znajdowała się w polu widzenia teleskopu. Oprócz tego wybiera się tylko takie przypadki, których rejestracja nie została zakłócona przez chmury. Stosując kryterium obserwalności  $X_{\max}$ , należy pamiętać, że może ono sztucznie zanizić wynik pomiaru odsetka pęków inicjowanych przez foton. Jak wspomniano wyżej, pęki te osiągają maksimum rozwoju głęboko w atmosferze. W związku z tym, prawie pionowe pęki

mogą nie osiągać fazy maksimum przed uderzeniem w ziemię (por. rys. 3), co oznacza wykluczenie ich z analizy ze względu na kryterium obserwalności  $X_{\max}$ . To z kolei oznacza, że w przypadku prawie pionowych pęków prawdopodobieństwo rejestracji protonów i cięższych jader będzie sztucznie zawyżone w stosunku do fotonów, co ostatecznie zafałszuje pomiar proporcji pomiędzy poszczególnymi rodzajami cząstek pierwotnych. Aby ustrzec się tego rodzaju efektów, prawie pionowe pęki również wyklucza się z analizy. Są jeszcze inne cięcia związane z technicznymi warunkami rejestracji przypadków, ale w tym artykule nie będziemy ich omawiać. Nie omawiamy również innych metod identyfikacji fotonów, wymagających odrębnych kryteriów selekcji danych.

Wyselekcjonowane dane są analizowane w taki sposób, aby określić, w jakim stopniu rozkład badanej cechy przypomina rozkład charakterystyczny dla fotonów. Z dotychczas przeprowadzonych analiz danych zarejestrowanych przez Obserwatorium Auger wynika, że rozkłady cech obserwowanych wielkich pęków są idealnie zgodne z przewidywaniami dla protonów, cięższych jader lub mieszanego składu promieniowania kosmicznego skrajnie wysokich energii. W związku z tym wyznaczono górne ograniczenia na odsetek fotonów wśród docierających do nas promieni kosmicznych. Wynoszą one 3,8%, 2,4%, 3,5%, 2%, 5,1% i 31% dla energii powyżej odpowiednio 2, 3, 5, 10, 20 i 40 EeV<sup>2</sup>. Pierwsze trzy ograniczenia uzyskano, analizując głębokości  $X_{\max}$  zrekonstruowane na podstawie danych zebranych metodą fluorescencyjną, a trzy kolejne dzięki analizie danych zarejestrowanych wyłącznie przez naziemną sieć liczników Czerenkowa. Wyniki te podsumowano na rys. 4, gdzie przedstawiono porównanie górnych ograniczeń uzyska-



Rys. 3. Typy cząstek pierwotnych najskuteczniej identyfikuje się, mierząc głębokość atmosferyczną  $X_{\max}$ , na której inicjowane przez nie wielkie pęki osiągają maksimum rozwoju. Na rysunku przedstawiono symulacje rozkładów  $X_{\max}$  dla różnych typów cząstek pierwotnych. Rozkład dla fotonów posiada maksimum głębsze o ok.  $200 \text{ g cm}^{-2}$  w porównaniu z rozkładami dla protonów i cięższych jader, co oznacza możliwość rozróżnienia fotonów pierwotnych od pozostałych rodzajów cząstek

nych w różnych eksperymentach z przewidywaniami reprezentatywnych modeli egzotycznych oraz modeli konwencjonalnych. Jak widać, ograniczenia uzyskane w Obserwatorium Auger są najbardziej restrykcyjne wśród pozostałych wyników i ograniczają bardzo istotnie klasę scenariuszy egzotycznych.

Jeżeli nawet wszystkie modele egzotyczne zostaną wykluczone, wciąż należy spodziewać się obserwacji fotonów powstających wg scenariuszy „konwencjonalnych”, tzw. fotonów GZK. Przewidywania tych scenariuszy (na rys. 4 oznaczone jako pasmo GZK) wskazują, że w ciągu najbliższych lat statystyka przypadków zebranych przez Obserwatorium Auger powinna pozwolić na identyfikację fotonów GZK. Jednak gdyby okazało się, że nie widzimy również fotonów GZK, należałoby poważnie rozważyć modele teoretyczne, w których znane nam podstawowe prawa fizyki nie są zachowane.

## Identyfikacja neutrin

Poprzez analizę własności wielkich pęków atmosferycznych poszukujemy również neutrin kosmicznych. W poszukiwaniach tych należy przede wszystkim wziąć pod uwagę bardzo mały przekrój czynny neutrin na oddziaływanie z materią. Neutrino musi przebyć odpowiednio długą drogę w ośrodku o wystarczającej gęstości, zanim dojdzie do oddziaływanego ini-

<sup>1</sup> Głębokość atmosferyczną definiujemy jako ciężar słupa powietrza nad jednostkową powierzchnią. Najczęściej używaną jednostką głębokości atmosferycznej jest  $\text{g cm}^{-2}$ . Na poziomie morza głębokość atmosferyczna wynosi ok.  $1000 \text{ g cm}^{-2}$ .

<sup>2</sup>  $1 \text{ EeV} = 10^{18} \text{ eV}$ .

cząjącego wielki pęk. W Obserwatorium Auger warunek ten może być spełniony na trzy sposoby: a) neutrino nadlatuje z góry pod kątem zenitalnym bliskim  $90^\circ$  i do pierwszego oddziaływanego dochodzi w atmosferze; b) neutrino nadlatuje z góry pod kątem zenitalnym bliskim  $90^\circ$  i do pierwszego oddziaływanego dochodzi w pobliskich górach; c) neutrino nadlatuje pod kątem zenitalnym nieznacznie przekraczającym  $90^\circ$  (czyli „z dołu”), przecinając skorupę ziemską, gdzie dochodzi do pierwszego oddziaływania. W zdarzeniach typu b) i c) najbardziej prawdopodobna jest detekcja neutrino  $\tau$ . Energia leptonu  $\tau$  powstającego w wyniku oddziaływania w skorupie ziemskiej lub w masywie górkim jest na tyle duża, że pozwala na wydostanie się tego leptonu do atmosfery, jego rozpad i inicjację wielkiego pęku. W każdym z rozważanych przypadków do zainicjowania pęku powinno dojść tuż nad powierzchnią Ziemi, co oznacza możliwość zaobserwowania szeregu cech charakterystycznych wyłącznie dla neutrino jako cząstek pierwotnych.

W tym miejscu należy przypomnieć, że cząstka nadlatująca pod dużym ką-

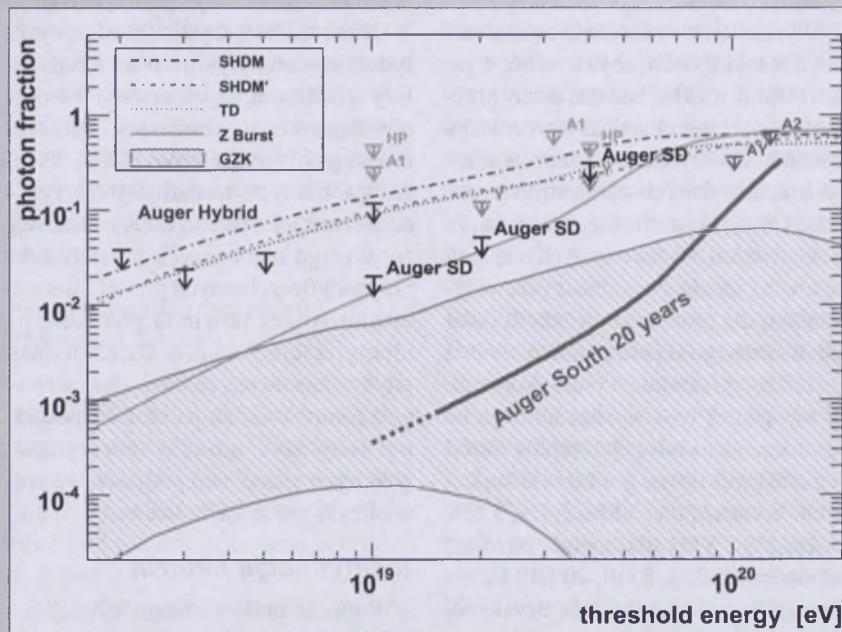
tem zenitalnym inicjuje pęk, który rozwija się na większych wysokościach nad poziomem morza niż w przypadkach z mniejszymi kątami zenitalnymi — wiąże się to ściśle z ilością materii na drodze cząstki pierwotnej. W związku z powyższym, do określonego poziomu obserwacyjnego pęki bardziej nachylone dotrą w późniejszej fazie swego rozwoju niż pęki o mniejszym nachyleniu. W miarę rozwoju pęku zmienia się nie tylko jego rozmiar, ale i proporcje pomiędzy poszczególnymi typami cząstek wtórnego, dzięki czemu naziemna sieć liczników Czerenkowa rozróżnia fazę rozwoju rejestrowanej kaskady. Przykładowo, na początkowym etapie rozwoju (tzw. etap młodego pęku) istotną część pęku stanowią elektrony i pozityony — są one łatwo rozpraszane, co oznacza m.in. większą rozciągłość czasoprzestrzenną frontu. Natomiast w fazie zaniku (tzw. etap starego pęku) wśród cząstek wtórnego dominują miony, które nie są zaznaczająco rozpraszane podczas propagacji, tworząc wąski i cienki front. Jeżeli więc do detektora dociera kaskada we wcześniejszej fazie rozwoju, powinniśmy obserwować sygnał bardziej rozciągnięty w czasie (głównie elektrony i pozityony) niż

podczas obserwacji końcowej fazy rozwoju kaskady (głównie miony).

Zatem jeśli cząstką pierwotną inicującą prawie poziomy pęk byłby proton, cięższe jądro czy nawet foton, do pierwszego oddziaływania doszłoby stosunkowo wysoko w atmosferze, do powierzchni detektora dotarłyby pęk w późnej fazie rozwoju, a detektor zarejestrowałby krótkotrwały sygnał. Gdyby natomiast przy tym samym kącie zenitalnym kierunku przylotu cząstką pierwotną było neutrino, detektor powinien zarejestrować bardziej rozciągnięty w czasie sygnał pochodzący od elektronów i pozitytonów z początkowego etapu rozwoju pęku.

W Obserwatorium Auger czasowe wydłużenie sygnału określa się, podając tzw. *ToT* (ang. *Time over Threshold*), czyli czas lub liczbę przedziałów czasowych, w których zarejestrowany sygnał osiągnął wartość powyżej uprzednio zdefiniowanego progu. Typowa wartość *ToT* dla młodego pęku wynosi ok.  $15\text{--}20\ \mu\text{s}$ , podczas gdy dla pęku starego jest to na ogół nie więcej niż  $5\ \mu\text{s}$ . Oprócz kryterium *ToT* stosuje się kryteria geometryczne pozwalające na identyfikację tzw. pęków „poziomych”, czyli o dużym nachyleniu. Do najważniejszych kryteriów geometrycznych należą: a) wydłużony, eliptyczny „ślad” utworzony przez naziemne liczniki cząstek wyzwolonych podczas rejestracji frontu pęku (dla przypadków o małym nachyleniu ślad ten jest w przybliżeniu kolistyczny) oraz b) „prędkość” sygnału w detektorze, czyli odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi licznikami naziemnymi podzielona przez różnicę czasów pojawienia się sygnałów w każdym z nich. Dla pęków pionowych „prędkość” sygnału w detektorze powinna przekraczać prędkość światła, natomiast w przypadku pęków poziomych powinna być ona w przybliżeniu równa prędkości światła.

Opisane powyżej kryteria selekcji zostały zastosowane do zebranych danych, a wyselekcyjonowane przypadki porównano z wynikami symulacji Monte Carlo dla neutrino. Podobnie jak w przypadku fotonów pierwotnych, nie stwierdzono obecności wielkich pęków o charakterystycie właściwej dla pierwotnych neutrino. Pozwoliło to na wyznaczenie górnych ograniczeń na zawartość neutrino w strumieniu promieni kosmicznych skrajnie wysokich ener-



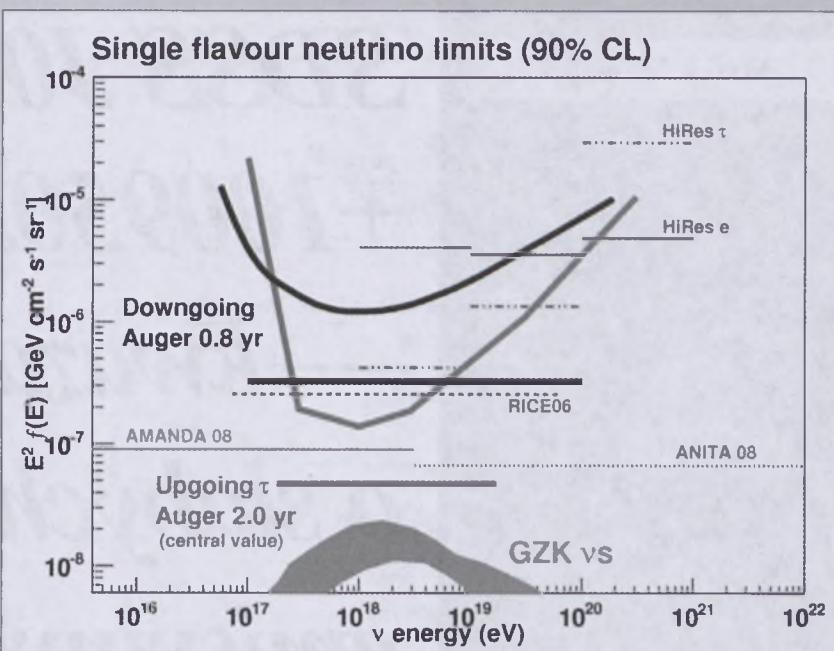
Rys. 4. Wykres z publikacji Współpracy Auger dotyczącej górnych ograniczeń na odsetek fotonów w promieniowaniu kosmicznym skrajnie wysokich energii [3]. Na osi pionowej pokazano odsetek fotonów, zaś na poziomej energię prógową, powyżej której ów odsetek jest obliczany. Grube strzałki oznaczają górne ograniczenia z Obserwatorium Auger wspomniane w tekście, przy czym oznaczenie „Auger Hybrid” dotyczy wyników uzyskanych z wykorzystaniem obu technik detekcji (fluorescencyjnej i naziemnej), natomiast etykieta „Auger SD” wskazuje na wyniki wyłączne z sieci naziemnej. Poszczególne linie na wykresie dotyczą przewidywań modeli egzotycznych (SHDM, SHDM', TD, Z-burst) oraz konwencjonalnych (GZK). Dodatkowo naniesiono przewidywany poziom czułości południowej części Obserwatorium na fotony w ciągu 20 lat pracy („Auger South 20 years”). Szczegóły znaleźć można w publikacji [3].

gi. Ograniczenia te są zebrane na rys. 5. Porównanie z wynikami z innych eksperymentów wskazuje na naukową wagę rezultatów Współpracy Auger.

## Podsumowanie

Liczymy, że rosnąca statystyka danych już niebawem pozwoli na identyfikację pierwszych fotonów i neutrin o skrajnie wysokich energiach, otwierając zupełnie nowy kanał obserwacji Wszechświata. Z drugiej strony, jeśli takich przypadków nie zarejestrujemy, będzie to oznaczać nie mniej ciekawą konieczność rewizji naszych dotychczasowych wyobrażeń o Wszechświecie i o „konwencjonalnych” scenariuszach przyspieszania cząstek. Należy podkreślić, że wyznaczone przez Współpracę Auger górne ograniczenia na zawartość fotonów i neutrin w strumieniu promieni kosmicznych skrajnie wysokich energii już teraz stanowią istotną informację astrofizyczną. Dzięki obecnym pomiarom można istotnie ograniczyć klasę „egzotycznych” modeli powstawania i propagacji promieni kosmicznych. Znajomość górnych ograniczeń na odsetek fotonów i neutrin pomaga również w analizach właściwości wielkich pęków, potrzebnych przy rekonstrukcji parametrów cząstek pierwotnych. Np. aby zrekonstruować energię cząstki pierwotnej, należy zrobić założenie dotyczące składu promieniowania kosmicznego, czyli m.in. trzeba „zgadnąć”, jak duży może być odsetek fotonów i neutrin. Znając skądinąd górne ograniczenia na ten odsetek, możemy założyć skład zdeterminowany przez protony i cięższe jądra, a foton i neutrina traktować jako niewiele znaczące tło. Pozwala to na istotną redukcję niepewności wyznaczania energii cząstek pierwotnych. Dzięki wynikom uzyskanym w Obserwatorium Auger pojawiły się również inne, bardzo interesujące możliwości. W roku 2008 ukazała się praca ([5]), w której ograniczenia na strumień fotonów opublikowane przez Współpracę Auger zostały wykorzystane do obliczenia górnych ograniczeń na łamanie niezmienności Lorentza<sup>3</sup>. Oznacza to, że poszukiwania fotonów i neutrin w promieniowaniu kosmicznym stwarzają szansę na weryfikację podstawowych praw fizyki.

Perspektywy astrofizyki promieni kosmicznych są, jak widać, bardzo obie-



Rys. 5. Wykres z publikacji Współpracy Auger dotyczącej górnych ograniczeń na odsetek neutrin w promieniowaniu kosmicznym skrajnie wysokich energii [4]. Na osi poziomej pokazano energię neutrin, natomiast na pionowej ich strumień pomnożony przez tę energię w kwadracie. Grubymi liniami oznaczono górnego ograniczenia na strumień neutrin uzyskane przez Współpracę Auger („downgoing”: neutrina leżące w dół; „upgoing”: leżące w górze, tj. przekraczające skorupę ziemską). Linie poziome odnoszą się do ograniczeń całkowitych, czyli dotyczących wszystkich przypadków z przedziału energii określonego przez końce linii, natomiast krzywe pokazują ograniczenia różniczkowe, czyli dotyczące wąskich przedziałów energii. Przedstawiono również porównanie z wynikami innych eksperymentów oraz przewidywania scenariuszy konwencjonalnych (obszar oznaczony „GZK”). Wszystkie górne ograniczenia przedstawione na rysunku wyznaczono z 90% poziomem ufności. Więcej szczegółów można znaleźć w publikacji [4]

cyjące — przede wszystkim dzięki urządzeniom badawczym nowej generacji, pozwalającym na zebranie danych o niespotykanej dotąd liczebności. Najbliższe lata powinny przybliżyć nas znacznie do zrozumienia zagadki najbardziej energetycznych cząstek docierających do nas z Kosmosu, tzn. do odpowiedzi na pytania o ich rodzaj, źródła i propagację. Identyfikacja pierwszych źródeł będzie początkiem astronomii cząstek — nowej metody obserwacji Wszechświata, która zapewne dostarczy kolejnych zagadek i wyzwań badawczych.

## Bibliografia

1. Strona Współpracy Pierre Auger: <http://www.auger.org>
2. Strona grupy Współpracy Pierre Auger z IFJ PAN w Krakowie: <http://auger.ifj.edu.pl>

<sup>3</sup> Jeśli niezmienność Lorentza jest zachowana, foton powstały w wyniku oddziaływań typu GZK — pod wpływem fotonów promieniowania reliktowego tła — powinny ulegać produkcji par po przebyciu odległości rzędu kilku Mpc. Z drugiej strony, jeśli niezmienność Lorentza jest łamana, powinniśmy obserwować zwiększoną strumień fotonów. Górnego ograniczenia na ten strumień mogą więc być wykorzystane do oszacowania górnych ograniczeń na efekty łamiące symetrię Lorentza.

3. P. Homola za Współpracę Auger, „Ultra-high energy photon studies with the Pierre Auger Observatory”, Proceedings of 31st International Cosmic Ray Conference 2009, Łódź; lanl.arXiv.org > astro-ph > arXiv:0906.2347, s. 17.

4. J. Tiffenberg za Współpracę Auger, „Limits on the flux of diffuse ultra high energy neutrinos set using the Pierre Auger Observatory”, Proceedings of 31st International Cosmic Ray Conference 2009, Łódź; lanl.arXiv.org > astro-ph > arXiv:0906.2347, s. 20.

5. M. Galavotti, G. Sigl, Phys. Rev. D78, 063003 (2008).

*Dr Piotr Homola jest adiunktem w Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN w Krakowie. Jego specjalnością są promienie kosmiczne skrajnie wysokich energii, a w szczególności poszukiwanie fotonów wśród tych promieni*

# *SDSS J094533.99 +100950.1 — kwazar o słabych liniach emisyjnych*

W latach 60. XX w. Maarten Schmidt i Jesse Greenstein, obserwując kwazary 3C 273 oraz 3C 48, tłumaczą pochodzenie tych kwazi-gwiazdowych obiektów jako znajdujących się daleko we Wszechświecie galaktyk z aktywnym jądrem. Dzisiaj możemy powiedzieć, że znacznie lepiej niż 50 lat temu wiemy, czym są kwazary. Znamy główne obserwowane właściwości kwazarów oraz zarysy budowy centralnego „silnika” odpowiedzialnego za produkcję szerokopasmowego promieniowania elektromagnetycznego. Wiemy, na jakiej drodze zachodzą interakcje wyrzucanych z nich strug materii (zwanych dżetami) z promieniowaniem reliktowym powstały po Wielkim Wybuchu, czy domyślamy się, jak te strugi wpływają na tempo powstawania nowych gwiazd w obiekcie. Dzięki masowym przeglądom nieba znamy rozkład przestrzenny kwazarów w dostępnym do obserwacji Wszechświecie (patrz artykuł Piotra Życkiego w „Postępach Astronomii” 4/1996, Bogny Pazderskiej w „Uranii–PA” 4/2005 czy Marcina Gawrońskiego w „Uranii–PA” 6/2008). Kwazary to obiekty o mocach promieniowania rozciągających się od kilku  $10^{44}$  do kilku  $10^{48}$  ergów na sekundę. Supermasywne czar-

ne dziury, jakie znajdują się w ich centrum, mają masy od kilkudziesięciu milionów do kilkunastu miliardów mas słońca ( $M_{\odot}$ ), sięgając nawet wartości  $10^{11} M_{\odot}$  (Vestergaard i Osmer 2009). Ilość materii opadającej na czarną dziurę w jednostce czasu, czyli tzw. tempo akrecji ( $m$ ) wyrażone w jednostce eddingtonowskiej wahaje się w kwazarach w przedziałach od około 0,01 do kilku, z wartością średnią  $\langle m \rangle$  równą 0,25 (Sulentic i in. 2006)<sup>1</sup>. Dysk akrecyjny uformowany przez opadającą materię osiąga rozmiary kilku miesięcy świetlnych. Gdzieś nad dyskiem, w odległości około jednego do kilku miesięcy świetlnych od centralnych części „aktywnego silnika” lokuje się obszar BELR (*Broad Emission Line Region*) — obszar powstawania szerokich linii emisyjnych (Bentz i in. 2009). To właśnie obecność szerokich dozwolonych i wzbronionych linii emisyjnych jest znakiem rozpoznawczym kwazarów (patrz rys. 1). Szerokości połówkowe (FWHM)<sup>2</sup> takich li-

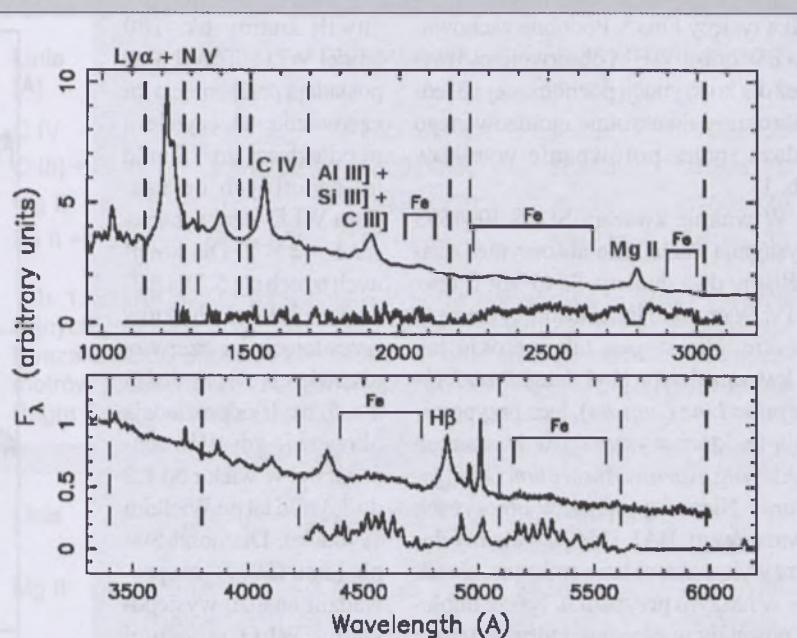
<sup>1</sup>  $m = 1$  odpowiada maksymalnemu tempu akrecji w przypadku sferycznie symetrycznego spadku w studni potencjału.

<sup>2</sup> Ang. Full Width at Half Maximum — używa się tej wielkości do wyrażenia poszerzenia linii w połowie wysokości jej profilu (patrz też <http://pl.wikipedia.org/wiki/FWHM>).

nii wyrażone w jednostkach prędkości osiągają wartości od pojedynczych tysięcy  $\text{km s}^{-1}$  nawet do 10–12 tys.  $\text{km s}^{-1}$ . Szerokości równoważne (EW, mierzone w układzie źródła)<sup>3</sup> również są duże. Przyjmuję one wartości od kilkunastu do kilkudziesięciu angstromów, a w przypadku linii Ly $\alpha$  czy H $\alpha$  w niektórych obiektach nawet ponad sto i dwieście Å (Kuraszkiewicz i in. 2002).

### Odkrycie kwazara SDSS J094533.99+100950.1

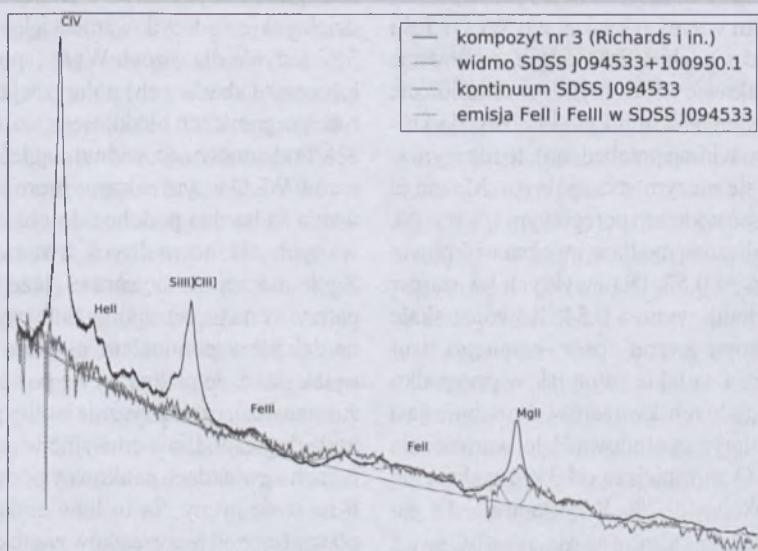
Pod koniec 2008 r. mój student Krzysztof Hryniwicz (obecnie doktorant Centrum Astronomicznego PAN) zaczął pisać pracę pod moim kierunkiem. Przeglądaliśmy katalog fotometryczny oraz widm kwazarów skolekcjonowanych w przeglądzie SDSS DR5 (*Sloan Digital Sky Survey Data Release 5*). Wśród ponad stu tysięcy widm Krzysztof znalazł kilkanaście widm dziwnych obiektów. Wydawały się być one kwazaropodobne. Kształt ich widm ciągłych (tzw. kontinua) przypominał kształt widm zwykłych kwazarów, lecz niektóre z nich posiadały zaskakująco słabe, momentami wręcz niewidoczne linie emisyjne. W wielu wypadkach były to jednak widma o małym stosunku sygnału do szumu, ponieważ obiekty te posiadały małe obserwowane strumienie, a były położone daleko (przesunięcie ku czerwieni  $z > 2$ ). Jeden z nich, SDSS J094533.99+100950.1 o przesunięciu  $z = 1,66$  wydawał się nam szczególnie obiecujący. Jego widmo charakteryzowało duży stosunek sygnału do szumu



Rys. 1. Widmo typowego kwazara. Strumień  $F_\lambda$  jest podany w jednostkach umownych. Wavelength — długość fali podana w Å. Linie emisyjne podane w tekście są podpisane. Linie przerywane oznaczają miejsca, gdzie należy mierzyć strumień kontinuum kwazara. Rysunek na podstawie Forster i in. (2001)

i było na tyle dobre, że nadawało się do ilościowej analizy zaobserwowanych linii emisyjnych, tj. do wyznaczenia ich szerokości równoważnych i połówkowych. Skontaktowaliśmy się z prof. Bożeną Czerny z Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika w Warszawie oraz z dr Joanną Kuraszkiewicz z Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics w Cambridge w USA. Hryniwicz przeprowadził analizę i okazało się, że kontinuum naszego kwazara jest bardzo podobne do widm ciągłych obserwowanych dla normalnych kwazarów. Indeks widmowy widma ciągłego wynosił  $\alpha_c$ ,

$= 0,77 \pm 0,02$  (gdzie strumień kontinuum  $F_\nu \propto \nu^\alpha$ ). W przypadku zwykłych kwazarów to wartości średnie  $\alpha_c$ , leżą w zakresie 0,25–0,76 (Richards i in. 2003). Tym samym widzimy, że kontynuum SDSS J094533 (tak skrótnie będę nazywał od tej pory SDSS J094533.99+100950.1) nie wyróżnia się niczym szczególnym. Może tylko kwazar ten jest bardziej zapylony, niż w przypadku obiektów o większym  $\alpha_c$ . Jednakże, jak już wspomniałem, zaskakująca była „słabość”, granicząca wręcz z nieobecnością niektórych linii emisyjnych (patrz rys. 2 i 3). Szerokości równoważne dubletu C IV  $\lambda 1550$  Å oraz szerokiej linii (złożonej tak naprawdę z dwóch bardzo blisko położonych siebie linii Si III]  $\lambda 1892$  oraz C III]  $\lambda 1909$ ) są odpowiednio równe 1,49 i 1,68 Å. Linie te w normalnych kwazarach są ponad 20 razy silniejsze niż w naszym przypadku. Szukaliśmy także linii He II  $\lambda 1640$ , lecz jej nie znaleźliśmy. Jeżeli fizycznie była, to gubiła się w obserwowanym szumie. Znalezliśmy natomiast dobrze widoczną linię emisyjną, pochodzącą od dubletu Mg II  $\lambda 2798$ . Jej EW = 15,3 Å jest tylko 2–3 razy słabsze od tego widzianego w zwykłych kwazarach. Niemniej jednak mierzone poszerzenie połówkowe FWHM linii Mg II jest już takie samo jak w innych kwazarach —



Rys. 2. Widmo kwazara SDSS J094533 oraz dla porównania tzw. kompozyt — uśrednione widmo składające się z wielu widm zwykłych kwazarów (Richards i in. 2003)

<sup>3</sup> Ang. Equivalent Width — mierzy intensywność linii (patrz np. [http://pl.wikipedia.org/wiki/Spektroskopia\\_astronomiczna](http://pl.wikipedia.org/wiki/Spektroskopia_astronomiczna)).

kilka tysięcy  $\text{km s}^{-1}$ . Podobne zachowania EW oraz FWHM obserwujemy również dla kontrybucji pochodzącej od jednokrotnie i dwukrotnie zjonizowanego żelaza (patrz porównanie wyników tab. 1).

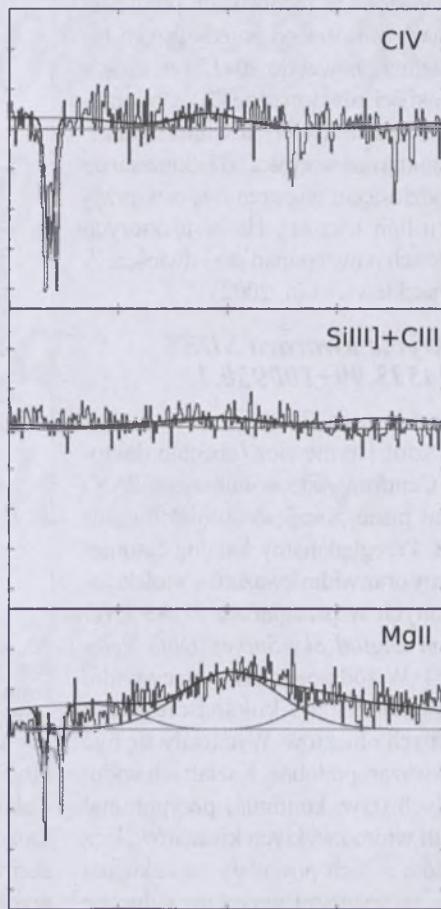
W widmie kwazara SDSS J094533 występują także linie absorcyjne. Znaleźliśmy dwa dublety. Są to Mg II oraz C IV. Wszystkie linie absorpcyjne są tu wąskie. Nie są one tak szerokie jak w kwazarach typu BAL (ang. *Broad Absorption Line Quasars*), lecz przypominają te, które występują w kwazarach NAL (ang. *Narrow Absorption Line Quasars*). Niemniej jednak w obu typach kwazarów, tj. BAL i NAL, widzimy dobrze wykształcone linie emisyjne, nie tak jak w naszym przypadku. Nasze dublety powstały w ośrodku, który przybliża się do nas. Najprawdopodobniej jest to wiejący ku nam wiatr, z prędkością przekraczającą 8 tys.  $\text{km s}^{-1}$ . Rzut tej prędkości na kierunek widzenia to ok. 8300  $\text{km s}^{-1}$  (patrz tab. 2). Nie jest to nic zaskakującego, gdyż z prędkościami takimi, a nawet i większymi, spotykamy się w kwazarach BAL. Czy zatem nasz obiekt jest kwazarem BAL? W celu sprawdzenia policzyliśmy indeks BI (ang. *Balnicity Index*). Wyszedł on równy 0, co jest dowodem na to, że SDSS J094533 nie należy do tej klasy obiektów<sup>4</sup>. Zatem może jest to NAL? Prędkości wiatru związanego z aktywnym jądrem kwazarów NAL są jednak mniejsze od 3000–5000  $\text{km s}^{-1}$  (Ganguly i in. 2001), zatem SDSS J094533 to też nie NAL.

### Kwazary o słabych liniach emisyjnych

Wkrótce okazało się, że nasz obiekt należy do mało poznanej do tej pory grupy kwazarów o słabych (w sensie małych wartości EW) liniach emisyjnych. Będziemy nazywać je kwazarami WLQ od ang. *Weak emission Line Quasar*. Pierwszy taki kwazar został odkryty w 1995 r. przez McDowella i jego współpracowników. Odkrycie kolejnych kilkunastu źródeł przyniosła następną dekadę. Dopiero w 2009 r. ukazała się praca Diamond-Stanica i współpracowników, w którym donosili o odkryciu 74 kwazarów WLQ. To było już dużo. Kolejnych 14 nowych źródeł znalazło się w pracy Plotkina i innych z 2010 r.<sup>5</sup> W tej

chwili znamy ok. 100 źródeł WLQ. Trzy z nich posiadają przesunięcia ku czerwieni  $z < 1$ , czyli leżą w odległości do 7,7 mld lat świetlnych od nas. Dwa WLQ leżą w zakresie  $1 < z < 2$ . Dla kolejnych trzech  $z > 5$ . Dla największej ilości obiektów przesunięcia ku czerwieni zawierają się pomiędzy 2 a 5, czyli odpowiadają okresowi, gdy Wszechświat był w wieku od 1,2 do 3,3 mld lat po Wielkim Wybuchu. Diamond-Stanica i inni (2009) przeprowadzili analizę występowania WLQ w swojej próbce kwazarów. Stwierdzili, że zawartość procentowa WLQ rośnie wraz z przesunięciem ku czerwieni. W ich próbce obiektów WLQ, które posiadały przesunięcie ku czerwieni pomiędzy  $z > 3$  a  $z < 4,2$  było 1,3%, natomiast tych o  $4,2 < z < 5,0$  6,2% w stosunku do wszystkich kwazarów.

Kwazary WLQ nie są do dzisiaj zbyt dobrze poznane. Ohad Shemmer z Uniwersytetu Północnego Texasu stwierdził w rozmowie z nami, że źródła te są tak słabo poznane, jak słabo były poznane kwazary BAL jeszcze 10 lat temu. Co zatem wiemy o kwazarach WLQ? Jeśli chodzi o ich widmo ciągłe, emitowane w zakresie widzialnym i w ultrafiolecie (do długości linii Ly $\alpha$   $\lambda 1216\text{\AA}$ , do której to widma przebadano), to nie wyróżnia się niczym szczególnym. Można je opisać widmem potegowym ( $F \propto \nu^{\alpha}$ ), z obliczoną medianą indeksu widmowego  $\alpha_v = 0,52$ . Dla zwykłych kwazarów mediana wynosi 0,54. Również skale czasowe zmian obserwowanego strumienia są takie same jak w przypadku normalnych kwazarów. Podobnie jest z polaryzacją liniową  $P$ . Jej wartości dla WLQ są mniejsze od 3% i wahają się w okolicy 1–2%. Przykładowo, dla ga-



Rys. 3. Linie emisyjne i absorpcyjne: trzykrotnie zjonizowanego węgla (C IV  $\lambda 1550$ ), dwukrotnie zjonizowanego krzemu i węgla (Si IIII  $\lambda 1892$ ) + C IIII  $\lambda 1909$ ), jednokrotnie zjonizowanego magnezu (Mg II  $\lambda 2800$ ). Na osi OY podano znormowany strumień. Na osi OX przedstawiono prędkość radialną źródła. Prędkości ujemne oznaczają, że źródło linii przybiera się do nas. Rysunek z pracy Hryniewicz i in. (2010)

laktyk aktywnych BL Lac (tzw. lacerdy), a są to obiekty zdominowane przez dżet, polaryzacja liniowa w zakresie widzialnym jest zdecydowanie większa od 3%. Jedynie dla dwóch WLQ (spośród kilkunastu zbadanych) polaryzacja, i to tylko w granicach błędu, sięga wartości 3%. Podsumowując, widma ciągłe kwazarów WLQ w tym zakresie promienowania są bardzo podobne do obserwowanych dla normalnych kwazarów. Zgoła inaczej ma się sprawa, jeżeli popatrzymy na poszczególne linie emisyjne. Jak już wspomniałem, niektóre linie są tak słabe, że można by się poważnie zastanawiać, czy faktycznie istnieją. I tu mała dygresja. Linie emisyjne w galaktykach i gwiazdach naukowcy podzieliли na dwie grupy. Są to linie emisyjne pochodzące od pierwiastków zjonizowanych w różnym stopniu, a energia potrzebna do jego zjonizowania określa przynależność do danej grupy. Mamy

<sup>4</sup> W przypadku kwazarów BAL indeks BI jest większy od zera.

zatem dwie grupy linii emisyjnych, słan-gowo zwane LIL i HIL. LIL (od ang. *Low Ionisation Line*) są to linie wyświe-cane przez słabo zjonizowane pierwiast-ki, a HIL (od ang. *High Ionisation Line*) pochodzą od wysoko zjonizowanych pierwiastków. Do LIL zaliczamy np. Ly $\alpha$ , Mg II, Fe II, Hb. Do linii typu HIL zaliczamy Si III, C III, Si IV, C IV, N V itd. W kwazarach, radiogalaktykach, galaktykach Seyferta widzimy zarówno linie typu LIL, jak i HIL. W przypadku SDSS J094533 czekała nas niespodzianka. Były widoczne tylko LIL, natomiast linie HIL były bardzo słabe (tab. 1). Po-dobne zachowania można też prześle-dzić wśród innych kwazarów WLQ, lecz dla nich sprawa jest mniej oczywista. Jakie dalsze właściwości posiadają WLQ? Są one obiektem radio cichymi. W bardzo wielu przypadkach para-metr radiowej głośności R, zdefiniowa-nej jako stosunek strumieni  $F_{\text{radio}}/F_{\text{UV}}$ , jest mniejszy od dziesięciu<sup>6</sup>. Diamond-Stanic i inni (2009) podają co prawda wyjątki. Są obiekty WLQ radio gło-sne, lecz jest ich względnie mało. 5 na 70 przebadanych przez nich obiektów posiada  $R > 100$ , a kolejne 10 posiada  $R > 10$ . Reszta jest cicha. Podobną kon-kuzję co do poziomu emisjności mo-żemy wyciągnąć, patrząc na zakres rent-genowski. Źródła WLQ produkują mało promieniowania X (w zakresie 0,3–8 keV). Shemmer i inni (2009), używając satelity *Chandra*, obliczyli dla 9 WLQ indeks widmowy  $\alpha_{\text{ox}}$ . Charak-te-ryzuje on stosunek mocy promieniowa-nia w dwóch różnych rejonach: ultrafio-leto-wym o długości fali  $\lambda = 2500 \text{ \AA}$  i rentgenowskim, w którym emitowane fotony niosą energię 2 keV. Wartość średnia  $\alpha_{\text{ox}}$  obliczona dla tych dziewięciu WLQ wyniosła  $-1,7$ . Jest to ok. 0,5 mniej niż dla obiektów BL Lac. Wska-zuje to tym samym, że obiekty WLQ są ogólnie „cichsze rentgenowsko” od lacertyd. Ja sam z ciekawości poszukiwa-łem jakichkolwiek obserwacji kwazara SDSS J094533 zrobionych w dowolnej dziedzinie promieniowania elektromo-netycznego (w tym także rentgeno-wskiej). W tym celu przeszukałem bazy danych Wirtualnego Obserwatorium, a rezultat przedstawiony jest na rys. 4. Zostały wykonane do tej pory jedynie obserwacje w podczerwieni (projekt IPAC/Caltech — 2MASS), zakresie wi-dzialnym (projekt SDSS) oraz w ultra-fiolecie (satelita GALEX). 10 punktów

Linia [Å]	EW(J0945) [km s $^{-1}$ ]	FWHM(J0945) [Å]	EW(LBQS) [km s $^{-1}$ ]	FWHM(LBQS)
C IV	$1,49^{+0,82}_{-0,64}$	$4000 \pm 1100$	$38 \pm 20$	$7720 \pm 150$
C III] + Si III]	$1,68^{+0,61}_{-0,52}$	$4800 \pm 4800$	$28 \pm 15$	$7820 \pm 170$
Mg II	$15,3^{+1,1}_{-1,1}$	$5490 \pm 220$	$39 \pm 22$	$5160 \pm 120$
Fe II + Fe III	58 — 85	1140 — 3450	$40 \pm 23$	$4610 \pm 130$

Tab. 1. Szerokości równoważne (EW) oraz połówkowe (FWHM) linii emisyjnych mierzone w układzie współporuszającym się źródła. Szerokości kwazara SDSS J094533.99+100950.1. oraz średnie wartości tych pa-rametrów zaobserwowane dla 993 kwazarów zawartych w przeglądzie Large Bright Quasar Survey (LBQS).

Linia	$\lambda_{\text{lab}}$ [Å]	EW(J0945) [Å]	FWHM(J0945) [km s $^{-1}$ ]	$v_w$ [km s $^{-1}$ ]
Mg II	2796,3	$-3,79 \pm 0,32$	$343 \pm 82$	$8270 \pm 60$
	2803,5	$-3,79 \pm 0,32$	$290 \pm 110$	$8270 \pm 60$
C IV	1548,2	$-3,35 \pm 0,44$	$455 \pm 63$	$8285 \pm 50$
	1550,8	$-3,35 \pm 0,44$	$269 \pm 69$	$8285 \pm 50$

Tab. 2. Szerokości równoważne (EW) oraz połówkowe (FWHM) linii ab-sorpcyjnych mierzone w układzie współporuszającym się kwazara SDSS J094533.99+100950.1.  $\lambda_{\text{lab}}$  to laboratoryjna długość fali odpowiedniego dubletu wzięta z tablic.  $v_w$  to składowa radialna prędkości wypływu skie-rowanego do nas, powodującego powstanie linii absorpcyjnej.

fotometrycznych wyznacza widmo SDSS J094533 w zakresie od ok.  $4 \times 10^{14}$  do ok.  $5 \times 10^{15}$  Hz. W zakresie rentge-nowskim, jak i w radiowym, obiekt „wtapiał się” w tlo nieba i nie było go widać. Potwierdził to prof. A. Sołtan z CAMK-u, przeszukując katalogi sate-lity rentgenowskiego *ROSAT* i dr hab. A. Marecki z Centrum Astronomii UMK, przeglądając zasoby danych ze-branych przez radioteleskop *VLA*.

### Możliwe wyjaśnienia fenomenu kwazarów WLQ

Istnieje szereg hipotez tłumaczących istnienie zjawiska kwazarów WLQ. Dziesięć z nich podał McDowell i jego współpracownicy w pracy z 1995 r. Część z nich jest dziś uważana za mało prawdopodobne. Chciałbym podać tu-taj cztery najczęściej rozważane. Zwo-lennikami pierwszej hipotezy są m.in. O. Shemmer i R. Plotkin. Sugierują oni, że kwazary WLQ są odpowiednikami stosunkowo bliskich źródeł typu BL Lac, ale występującymi w dalekim Kosmo-sie. Nieobecność linii emisyjnych była-by w WLQ w prosty sposób wytluma-czona obecnością relatywistycznego dżetu, który wzmacnia obserwowane w zakresie widzialnym kontinuum tak

samo, jak w przypadku lacertyd. Tam też linie emisyjne są słabe/niewidoczne. Potwierdzeniem, oprócz braku linii, miałyby być dodatkowo wartości indeksu  $\alpha_{\text{ox}}$  charakteryzujące obydwa rodzaje źródeł. Jednakże ta hipoteza napoty-ka poważne kłopoty. Po pierwsze obiekty WLQ są generalnie radio gło-sne —nic nie wskazuje na obecność relatywi-stycznie poruszającej się strugi materii w tych pierwszych. Polaryzacja liniowa w obu typach obiektów znaczaco różni się od siebie. Również zmienność obserwowanego w zakresie widzialnym strumienia nie wskazuje na podobieństwo kwazarów WLQ do BL Lac. Dodatkowo, jeżeli popatrzymy na kształt kontinuum obserwowanego w zakresie radiowym (tych obiektów WLQ, które są radio gło-sne), to okaże się, że ich widmo jest bardziej strome niż lacertyd.

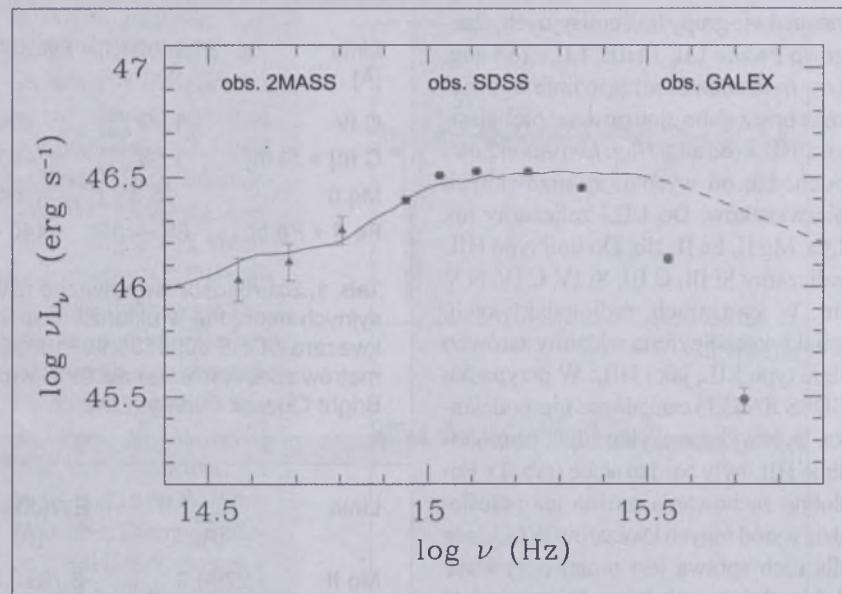
Drugą możliwością jest przynależ-ność źródeł WLQ do kwazarów BAL. Kwazary typu BAL posiadają szerokie linie absorpcyjne. W związku z tym po-

<sup>6</sup> Radiowo gło-sny obiekt to taki, dla którego  $R > 100$ , tak jak w przypadku źródeł BL Lac. Natomiast radio gło-sny obiekt posiada  $10 < R < 100$ .

jawiła się hipoteza, że silna absorpcja w jakimś gazu centralnego „silnika” kwasara powoduje słabość linii emisyjnych. Jak podaje Diamond-Stanic i inni, niektóre kwasary WLQ faktycznie zostały zaklasyfikowane jako BAL. Niestety jest wątpliwe, aby wszystkie obiekty WLQ, a między innymi nasz SDSS J094533, były kwasarami BAL. Przecież my widzimy nie szerokie, a wręcz przeciwnie, wąskie linie absorpcyjne. Dodatkowo indeks BI, który sugeruje o przynależności do BAL, jest w naszym przypadku równy zero.

Trzecia brana pod uwagę możliwość dotyczy samego widma ciągłego, które w procesie fotojonizacji wymusza emisję linii C III, C IV itp. Mówiąc, że jonizujące kontinuum w kwasarach WLQ, które jest produkowane przez dysk akrecyjny i obszary centralne wokół czarnej dziury, może być anormalne. Jest ono słabsze niż w zwykłych kwasarach. Średnie kontinuum normalnego kwasara jest przedstawione linią ciągłą na rys. 4. W porównaniu z punktami fotometrycznymi kwasara SDSS J094533 widać, że faktycznie dwa z nich — punkty w ultrafiolecie, pochodzące z GALEX-a, są położone niżej niż owo kontinuum. To mogłoby przemawiać za słusznością hipotezy. Niemniej jednak wyrysowane widmo ciągłe zostało uśrednione z widm wielu bliżej położonych kwasarów, dla których zakres powyżej  $\log n = 15,5$  z powodu absorpcji w Drodze Mlecznej nie jest widoczny. Kontinuum to, które zaznaczono linią przerywaną na rysunku, jest *de facto* prostą aproksymacją tego, co widzimy w UV oraz w zakresie X. Nie jesteśmy zatem pewni, że ono faktycznie tak wygląda i nie jest położone bliżej wspomnianych dwóch punktów fotometrycznych.

Czwarta propozycja, najmniej prawdopodobna, łączy w sobie coś z idei BAL i istnienia osłabionego przez jakiś ośrodek kontinuum jonizującego. Kluczowym elementem tej hipotezy jest szczegółowe ustalenie obserwatora względem dysku akrecyjnego. Pomiędzy dyskiem a obszarem BELR znajduje się gaz, który blokuje w jakimś stopniu przepływ promieniowania jonizującego. Obserwator widzi zarówno dysk, jak i słabo oświetlone obłoki BELR. Dysk emituje widmo ciągłe typowe dla kwasarów. To promieniowanie widzimy, natomiast obłoki, do których



Rys. 4. Punkty fotometryczne zmierzone przez teleskopy projektów 2MASS, SDSS oraz satelity GALEX. Linią ciągłą jest przedstawione kontinuum typowego bliskiego kwasara. Linią przerywaną przedstawiono hipotetyczną część widma, która nie jest obserwowana i pochodzi z aproksymacji widzianego widma UV i X

rych dociera mniej zdolnych do jonizacji fotonów, produkując osłabione linie. Gdyby faktycznie taki przypadek był realizowany, to oznaczałoby, że spoglądamy na taki kwasar całkowicie z boku. Linia naszego widzenia przebiega tuż nad powierzchnią dysku. W ten sposób widzielibyśmy dysk, a jego obraz nie byłby zasłaniany przez absorbujący gaz. Niemniej jednak taki scenariusz jest mało prawdopodobny, gdyż zgodnie z modelem unifikującym centralne „silniki” galaktyk aktywnych to dysk akrecyjny jest z boku zasłonięty przez torus molekularno-pyłowy.

### Nasza propozycja — reaktywacja życia kwasara

Nasza grupa zaproponowała jeszcze inny scenariusz. Jest nim propozycja powrotu galaktyki do życia w roli kwasara. W naszej hipotezie zwykła galaktyka buduje dysk akrecyjny z materią, która zaczęła przybliżać się i opadać na centralną czarną dziurę. Trwa to miliony lat (proces zachodzi w lepkiej skali czasowej). Dysk akrecyjny przybliża się w tym czasie na odległość kilkunastu promieni Schwarzschilda do czarnej dziury<sup>7</sup>. Przez kolejne kilka setek lat dysk schodzi coraz niżej, powiedzmy, że do ostatniej stabilnej kołowej orbity (ang. Innermost Stable Circular Orbit — ISCO). Wtedy to dysk zaczyna emitować

promieniowanie UV (szczególnie to bardziej energetyczne) oraz mniej energetyczne promieniowanie rentgenowskie. Widmo ciągłe dysku akrecyjnego staje się od tej pory „normalne”, takie jakie widzimy w kwasarach zwykłych oraz WLQ. Mniej więcej od tej chwili zaczyna też wiać wiatr z dysku. Nie jest on relatywistycznym wypływem, lecz zachwija się znacznie spokojniej — jego prędkości to setki tysiące  $\text{km s}^{-1}$ . Taki wiatr (zapewne posiadający jakiś gradient prędkości) buduje w pierwszej kolejności obłoki, które emitowałyby linie HIL. Tym samym linie Lyα, Mg II, Hβ są dobrze widoczne. Posiadają niższe wartości EW, lecz wartości poszerzeń FWHM są porównywalne z tymi, jakie widzimy w dobrze wykształconych, zwykłych kwasarach. Wiatr jeszcze nie dotarł do rejonu, gdzie produkowane są linie LIL. Tym samym nie widzielibyśmy linii Al III], C III], C IV]. A jak wy tłumaczyć te źródła WLQ, w których widać słabiutkie linie HIL? Pewnie wiatr właśnie dociera do tego rejonu BELR i powoli zaczyna produkcję tychże linii.

W naszej hipotezie proponujemy dodatkowo, aby takich początków aktywności galaktyki jako kwasara było kilka-kilkanaście. Przeglądając katalog kwasarów SDSS, natkniemy się na ok. 100 WLQ schowanych wśród ok. 100 tys. kwasarów. Oznacza to, że średnio na 1000 kwasarów jeden jest obiektem WLQ, czyli prawdopodobieństwo zna-

<sup>7</sup> Promień Schwarzschilda  $R_{\text{Schw}} = \frac{2GM}{c^2}$ , gdzie  $G$  i  $c$  to stała grawitacyjna oraz prędkość światła, natomiast  $M$  — masa czarnej dziury.

leżenia się w tym stanie jest  $10^3$ . Oszacujmy teraz czas życia, a może lepiej powiedzieć czas występowania w tym stanie ( $t_{WLQ}$ ). Założymy, że czas ten jest z grubsza równy czasowi dotarcia wiatru na odległość, na których występują obłoki BELR produkujące linie HIL. Odległości te w normalnych kwazarach są mniej więcej równe kilku miesiącom świetlnym. Jeżeli teraz założymy, że wiatr nanoszący materiał na budowę BELR wieje z predkościami kilku setek  $\text{km s}^{-1}$  (co wynika z symulacji komputerowych D. Progi, G. Risalitiego, M. Elvissa), to czas  $t_{WLQ}$  będzie rzędu 1000 lat. Czas aktywności zwykłego kwazara jest szacowany na  $10^7 < t_{WLQ} < 10^8$  lat, a w niektórych przypadkach mówi się o okresie ok.  $10^9$  lat. Oznacza to, że etap życia, jaki zajmuje zwykłemu kwazarowi stan WLQ, jest równy ok.  $10^{-5} - 1^{-4}$  jego czasu aktywności. Porównując ze sobą te ostatnie małe liczby z obserwowanym prawdopodobieństwem występowania ( $10^{-3}$ ), sugerujemy, że galaktyki przechodzą od kilku do kilkunastu stanów aktywności. Każda z nich zaczyna się stanem WLQ i przechodzi w stan zwykłej aktywności kwazara. Tym samym nasz kwazar SDSS J094533.99+100950.1 byłby obiektem złapanym na gorącym uczynku, kwaza-

rem rodzącym się do kolejnego życia.

### Postscriptum

Jeżeli hipoteza „reaktywacji życia” jest dobrym wytlumaczeniem występowania zjawiska WLQ, to nasz kwazar powinien posiadać już dobrze widoczną linię  $H\beta$  (widoczną w zakresie widzialnym, ale z racji kosmologicznej ekspansji Wszechświata przesuniętą w tym kwazarze w zakres podczerwieni). Niestety obserwacje widma emisjnego w tym zakresie nie zostały do tej pory przeprowadzone żadnym instrumentem. Nawiązaliśmy współpracę z Ohadem Shemmerem (University of North Texas) oraz Adamem Dobrzyckim (European Southern Observatory) w celu przeprowadzenia takich obserwacji. Jednocześnie chcemy wraz z Richardem Plotkinem (University of Amsterdam) przeprowadzić podobne obserwacje, lecz tym razem widma położonego w zakresie dalekiego ultrafioletu. One także pozwolą nam potwierdzić lub odrzucić naszą hipotezę.

### Bibliografia

1. Bentz M.C. i in. 2009, ApJ, 697, 160.
2. Diamond-Stanic A. i in. 2009, ApJ, 699, 782.

3. Forster K. i in. 2001, ApJS, 134, 35.
4. Ganguly R. i in. 2001, ApJ, 549, 133.
5. Hryniewicz K., Czerny B., Nikołajuk M., Kuraszkiewicz J. 2010, MNRAS, w druku.
6. Kuraszkiewicz J.K. i in. 2002, ApJS, 143, 257.
7. McDowell J.C. i in. 1995, ApJ, 450, 585.
8. Plotkin R.M. i in. 2010, AJ, 139, 390.
9. Shemmer O. i in. 2009.
10. Sulentic J.W. i in. 2006, A&A, 456, 929.
11. Vestergaard M. i Osmer P.S. 2009, ApJ, 699, 800.

**Dr Marek Nikołajuk** jest adiunktem pracującym na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymostku. W badaniach naukowych zajmuje się studiowaniem zjawisk występujących w aktywnych jądrach galaktyk i w rentgenowskich układach podwójnych

## rozmaitości

### Pierścień Lwa

Wielki, gazowy pierścień w grupie galaktyk Lwa, to przypuszczalnie efekt zderzenia dwóch galaktyk sprzed miliarda lat.

Międzynarodowy zespół uczonych, używając teleskopu CFHT (Canada-France Hawaii Telescope), zaproponował wyjaśnienie zagadki ogromnego pierścienia gazu widocznego w grupie galaktyk Lwa. Zaobserwowane przejawy formacji gwiazdowej wykluczają hipotezę, według której pierścień złożony jest z tzw. pierwotnego gazu — dawnego budulca galaktyk. Nowy scenariusz — kolizja dwóch galaktyk — jest wynikiem symulacji komputerowych wykonanych w Centre d'Etudes Nucléaires (CEA) we Francji.

Współczesne teorie dotyczące powstawania galaktyk zakładają, że jego kluczowym i pierwszym etapem jest tzw. akrecja, czyli ściąganie i akumulowanie zimnego gazu pierwotnego z przestrzeni kosmicznej. Gaz pierwotny posiada dwie główne cechy. Po

pierwsze, jest to gaz, który wcześniej nie był jeszcze częścią żadnej galaktyki. Po drugie, nie panują w nim warunki dogodne do formowania się gwiazd.

Czy proces akrecji pierwotnego gazu wciąż występuje gdzieś w pobliskich galaktykach? Odpowiedź na to zasadnicze pytanie mają dostarczyć wielkie przeglądy nieba w poszukiwaniu pierwotnego gazu.

Tymczasem pierścień Lwa, ogromny pierścień gazu o rozmiarach 650 tys. lat świetlnych, otaczający galaktyki z grupy Lwa, to jeden z najbardziej niesamowitych i tajemniczych obłoków gazu międzygalaktycznego. Odkąd został odkryty w latach 80. XX w., jego natura pozostawała przedmiotem debaty, w zeszłym roku natomiast badania zawartości metali w pierścieniu wskazały na możliwą obecność pierwotnego gazu.

Dzięki czułości kamery MegaCam zamocowanej do teleskopu CFHT, astronomowie po raz pierwszy zaobserwowali najczęstszy fragment pierścienia w świetle optycznym. Zaobserwowane światło zostało wyemitowane przez masywne, młode gwiazdy, co oznacza, że

w pierścieniu jest jednak formacja gwiazdowa.

Pierścień gazu i młodych gwiazd w pobliżu galaktyki od razu sugeruje inny scenariusz — zderzeniowy! Podobny pierścień widoczny jest w słynnej galaktyce Koło Wozu (ang. Cartwheel Galaxy). Czy zatem pierścień Lwa to także efekt zderzenia galaktyk?

W celu sprawdzenia tej hipotezy, badacze przeprowadzili symulacje komputerowe, używając superkomputera w CEA. Udało im się pokazać, że taki pierścień rzeczywiście może być wynikiem kolizji dwóch galaktyk. W czasie kolizji z jednej z galaktyk wyrzucony został dysk gazowy, który uformował następnie pierścień poza galaktyką. Symulacje pozwoliły także zidentyfikować uczestniczące kolizji: są to NGC 3384 (z centrum grupy Lwa) oraz masywna galaktyka spiralna M96 (leżąca na periferii grupy). Czas kolizji oszacowano na ponad miliard lat temu.

Tak oto okazało się, że gaz w pierścieniu Lwa zdecydowanie nie jest gазem pierwotnym, na który nadal trwa polowanie.

Andrzej Gibiec

## Rodzące się układy słoneczne w zbliżeniu!

Astronom Joshua Elsner z Uniwersytetu w Arizonie zdołał zaobserwować rodzące się układy słoneczne z niespotykaną dotąd dokładnością. Uzyskany w ten sposób szczegółowy wgląd w procesy formowania się gwiazd i planet pozwoli lepiej zrozumieć, w jaki sposób wodór z dysku protoplanetarnego staje się budulcem gwiazdy.

Nawet zdolność rozdzielcza teleskopu Hubble'a okazuje się być za słaba, aby dostrzec szczegóły otoczenia stosunkowo bliskich protogwiazd. Tymczasem połączone obserwacje dwu teleskopów Kecka na Hawajach, wsparte specjalnie skonstruowanym instrumentem o nazwie ASTRA (ang. *ASTrometric and phase-Referenced Astronomy*), umożliwiły Elsnerowi i jego kolegom dokonanie tego dzieła. Przedmiotem ich obserwacji, wykorzystujących technikę tzw. spektroastrometrii, były dyski protoplanetarne — obracające się chmury gazu i pyłu, które stają się pozywieniem dla rodzących się w ich centrach gwiazd, planet i planetoid, dających początek nowym układom słonecznym. Użyta technika polega na obserwacji dysku protoplanetarnego na kilku różnych dłużościach fal za pomocą obu teleskopów Kecka, w połączeniu z dodatkowymi zdolnościami instrumentu ASTRA.

Ewolucja dysku protoplanetarnego rozpoczyna się od chmury gazu i pyłu, która zaczyna zapadać się pod wpływem własnej grawitacji wokół lokalnego zgaszczenia materii. Zagęszczająca się

chmura zaczyna coraz szybciej rotować i spłaszczać się do postaci dysku. W dysku takim tworzą się również planetoidy i planety, co tłumaczy fakt, że poruszają się one później mniej więcej w jednej płaszczyźnie.

Proces, w którym protogwiazda akumuluje materię ze swego otoczenia, nazywamy akrecją. Sposób, w jaki przebiega to zjawisko w przypadku dysków protoplanetarnych, jest kluczowym zagadnieniem, na które próbuje odpowiedzieć zespół Elsnera. Rozważa się przy tym dwa możliwe scenariusze akrecji.

W jednym z nich materia po prostu opada na powierzchnię rodzącej się gwiazdy, po czym jest polkana do jej wnętrza. Scenariusz ten jest nieco mniej burzliwy niż druga opcja, w której istotną rolę odgrywa pole magnetyczne gwiazdy. Powstrzymuje ono bezpośredni spadek materii na gwiazdę, powodując powstanie przerwy pomiędzy powierzchnią gwiazdy a dyskiem. Materia uwieńczona w polu magnetycznym wznosi się ponad płaszczyznę dysku, ulega silnemu podgrzaniu i jonizacji, po czym jest kierowana wzduż linii pola nad bieguny magnetyczne gwiazdy, gdzie może w końcu spaść na nią z dużą prędkością. Część tej materii może także zostać wyrzucona w przestrzeń.

Zespół Elsnera przebadał łącznie aż 15 dysków protoplanetarnych wokół młodych gwiazd o masach w zakresie 0,5–10 mas Słońca. Dzięki bardzo dużej dokładności możliwe było rozróżnienie pomiędzy rozkładem gazu i pyłu w zaobserwowanych dyskach, uzyskując bardziej szczegółowy wgląd w proces

akrecji. W niektórych przypadkach stwierdzono, że gaz w dysku zamienia część swej energii kinetycznej w energię światłową, czego należałoby się spodziewać w bardziej burzliwym scenariuszu powstawania protogwiazd.

W jeszcze innych przypadkach zebrane przesłanki sugerują występowanie wiatrów, wyrzucających część akrewowanej materii w przestrzeń kosmiczną. Natomiast w jednym przypadku dysk wokół masywnej gwiazdy rozpościerał się aż do jej powierzchni.

Badane dyski protoplanetarne są młodymi tworami i pozostaną takie przez następnych kilka milionów lat, w czasie których wokół centralnych gwiazd powstaną planety podobne do Jowisza i Saturna, a dopiero potem być może także skaliste planety podobne do Ziemi.

Zespół Elsnera zastanawia się obecnie nad możliwością wykonania podobnych pomiarów pod kątem występowania molekuł organicznych i wody, które, jak wiemy, są niezbędne do powstawania życia.

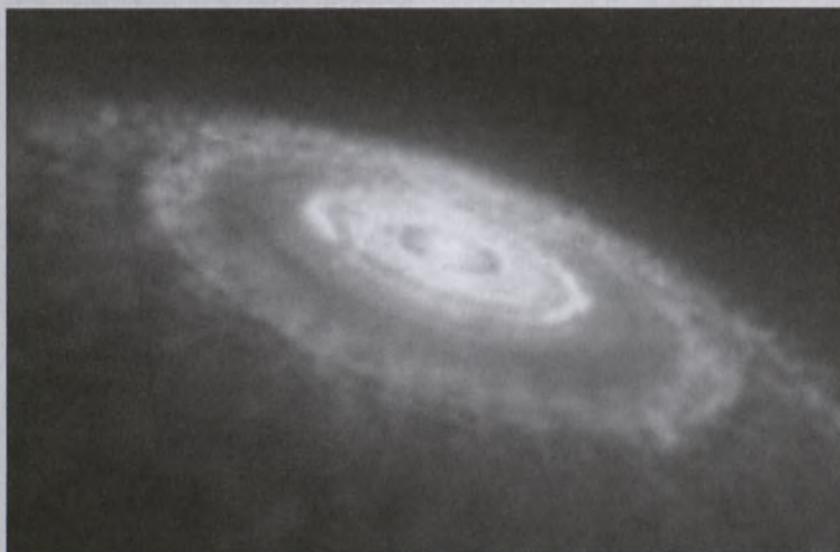
Andrzej Gibiec

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

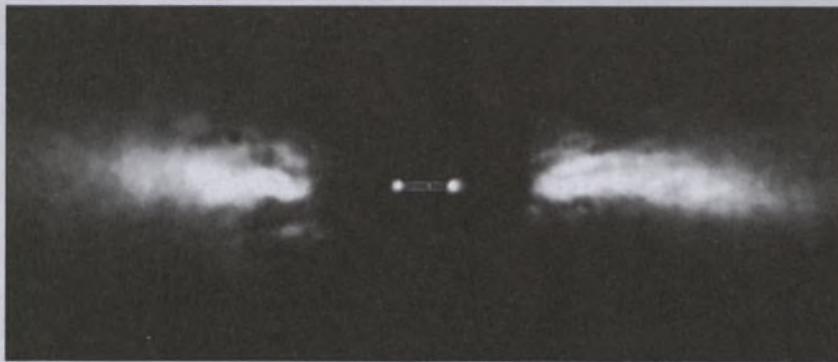
## Egzoplaneta złapana w ruchu!

Astronomowie po raz pierwszy mogli bezpośrednio prześledzić ruch pozasłonecznej planety, w miarę jak ta przechodzi z jednej strony swojej macierzystej gwiazdy na drugą. Zaobserwowań planeta ma jedną z najcięśniejszych orbit z dotąd znanych, porównywalną z orbitą Saturna wokół Słońca. Uważa się, że mogła ona powstać w podobny sposób co nasze słoneczne gazowe olbrzymy. Tym samym, jako że jej macierzysta gwiazda jest bardzo młoda, odkrycie to potwierdza wcześniejsze przypuszczenia, że gazowe olbrzymy mogą tworzyć się w dyskach protoplanetarnych zaledwie w kilka milionów lat, co jest czasem bardzo krótkim w skali kosmicznej.

Gwiazda Beta Pictoris ma zaledwie 12 mln lat, czyli tyle, co trzy tysięczne wieku naszego Słońca, a jest przy tym o 75% bardziej od niego masywna. Znajduje się 60 lat świetlnych stąd w gwiazdozbiorze Malarza (*Pictor*) i jest jedną z najlepiej znanych gwiazd otoczonych dyskiem pyłowym. Wcześniej obserwacji pokazały, że dysk ten jest zagięty i pochyły, stwierdzono także istnienie komet opadających na gwiazdę centralną. „Pośrednio zatem mieliśmy przesłanki sugerujące obecność masywnej planety i nasze obec-



Rodzące się gwiazdy formują się w obłokach gazu niczym krople deszczu w chmurze. W miarę jak protogwiazda się rozrasta, ściąga na siebie grawitacyjnie coraz większe ilości gazu i pyłu, które tworzą wokół niej dysk protoplanetarny. Ostatecznie, z dysku takiego tworzą się także planety, ich księżyce, planetoidy i komety. Źródło: NASA/JPL-Caltech



Planeta wokół gwiazdy  $\beta$  Pictoris. Źródło: ESO/A.-M. Lagrange

ne obserwacje definitelynie tego dowodzą" — powiedziała Anne-Marie Lagrange z Laboratoire d'AstrOphysique de Grenoble (fr. LAOG) we Francji. Otrzymane rezultaty wskazują, że pomimo krótkiego czasu istnienia dysków protoplanetarnych, możliwe jest powstanie w nich masywnych planet w zaledwie kilka milionów lat.

Do obserwacji użyto instrumentu NAOS-CONICA (NACO) zamontowanego na jednym z 8,2-metrowych teleskopów, wchodzących w skład VLT (ang. *Very Large Telescope*) należącego do Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO). W trakcie obserwacji wykonanych jeszcze w 2003 r., w dysku był widoczny słaby obiekt, niemniej jednak nie można było wtedy wykluczyć, że była to przypadkowa gwiazda tła. Nieco później, w roku 2008 i wiosną 2009 r., wspomniany obiekt nie był już widoczny, ale pojawił się po drugiej stronie gwiazdy jesienią 2009 r. Prawdopodobnie, gdy nie było go widać, obiekt ukrywał się przed lub za macierzystą gwiazdą. Obserwacje te potwierdzają łącznie, że mamy do czynienia z pozasłoneczną planetą, nazwaną Beta Pictoris b. Obiega ona swoją gwiazdę w odległości 8–15 jednostek astronomicznych, czyli podobnie jak Saturn na orbicie wokół Słońca. „Wyjątkowo ciasna orbita pozwoli przypuszczalnie przeledzić cały jej okres orbitalny w ciągu ok. 15–20 lat, a jej dalsze badania pozwolą niewątpliwie na uzyskanie jeszcze lepszego wglądu w fizykę i chemię atmosfer gazowych olbrzymów” — dodaje Mickaël Bonnefoy z LAOG.

Masa planety — około 9 mas Jowisza — i jej położenie świetnie tłumaczą zaobserwowane wcześniej zaburzenie samego dysku. Odkrycie to przypomina tym samym nieco historyczne przewidywania co do istnienia Neptuna, wykonane przez astronomów Adamsa i Le Verriera w XIX w. na podstawie obserwanych zaburzeń orbity Urana.

Okazuje się zatem, że gazowe olbrzymy większe od Jowisza są częstym produktem ubocznym powstawania masywnych gwiazd. Planety takie zaburzają dyski wokół swych planet, produkując struktury, będące w zasięgu obserwacyjnym budowanego obecnie interferometru ALMA (ang. *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*).

„Ostatnie bezpośrednie obserwacje egzoplanet wykonane za pomocą VLT ujawniają wielką różnorodność układów planetarnych” — podsumowuje Lagrange i dodaje, że „Beta Pictoris b jest póki co najlepszym przykładem planety, która uformowała się w podobny sposób, co olbrzymie planety z naszego Układu Słonecznego”.

Andrzej Gibiec

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Jesteśmy świadkami narodzin gwiazdy!

Obiekt, któremu nadano oznaczenie L 1448-IRS2E, znajduje się około 800 lat świetlnych stąd w gwiazdozbiorze Perseusza i dopiero zaczyna ściągać na siebie materię z otaczającej go chmury gazowo-pyłowej. Astronomowie znaleźli go za pomocą instrumentu Submilimeter Array na Hawajach oraz kosmicznego teleskopu Spitzera.

Gwiazdy formują się z wielkich, zimnych i gęstych skupisk gazu i pyłu nazywanych obłokami molekularnymi. Uważa się, że L 1448-IRS2E jest obecnie gdzieś pomiędzy fazą, w której lokalne zagęszczenie obłoku zaczyna prowadzić do wzmożonej akumulacji mate-

rii, a fazą protogwiazdy, kiedy to materii jest już wystarczająco dużo, aby utworzyć gęste, gorące jądro.

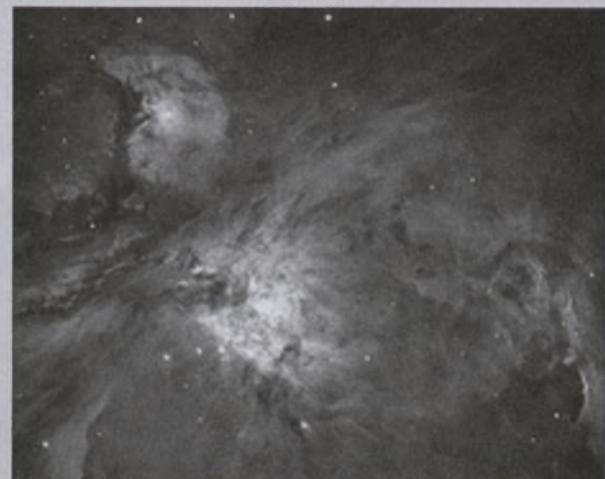
„Niezwykle trudno jest wykryć obiekty w tej właśnie fazie swej ewolucji, gdy wysyłają bardzo mało światła przez bardzo krótki okres czasu” — powiedział Xuepeng Chen z Uniwersytetu w Yale (USA).

Większość protogwiazd ma jasności od 1. do 10. jasności Słońca. Mają one wielkie otoczki pyłowe, które świecą w zakresie podczerwonym. L 1448-IRS2E świeci jednakże na poziomie zaledwie 1/10 jasności Słońca i uczeń sądzi, że jest za słaba, aby być uważaną za prawdziwą protogwiazdę. Tymczasem okazało się, że obiekt ten wyrzuca ze swego centrum strugi gazu z dużymi prędkościami. Oznacza to, że pewna masa centralna zdołała się jednak uformować. Tego typu wyrzuty materii są znanym zjawiskiem w protogwiazdach, będąc efektem istnienia pola magnetycznego otaczającego formujący się obiekt centralny. Do tej pory jednak wyrzutów tych nie widziano na tak wcześnieym etapie ewolucji protogwiazdy.

Zespół ma teraz nadzieję, że możliwe będzie skorzystanie z nowego teleskopu kosmicznego Herschela, żeby odnaleźć większą liczbę takich obiektów. Pozwoliłoby to lepiej zrozumieć, w jaki sposób gwiazdy powstają i ewoluują. „Życie gwiazdy uwarunkowane jest przez jej masę, ale nadal nie wiemy, na jakim etapie gwiazda gromadzi jej największą” — mówi Hector Arce z Uniwersytetu w Yale. Zagadka ta czeka na swoje rozwiązanie.

Andrzej Gibiec

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)



Astronomowie dostrzegli przyszłą gwiazdę w fazie jej narodzin z otaczającym ją obłokiem gazowo-pyłowym. Podobny region formowania się gwiazd ukazuje powyższe zdjęcie. NASA/ESA

## Satelita Planck po roku pracy

Satelita *Planck* wystrzelony w maju 2009 r. mierzy mikrofalowe promieniowanie tła (ang. CMB) — najstarsze promieniowanie, jakie jesteśmy w stanie zarejestrować, powstałe w Wielkim Wybuchu, a uwalnione 300 tys. lat później, gdy Wszechświat ochłodził się na tyle, aby protony i elektrony mogły połączyć się w neutralny wodór, a fotony zaczęły bez przeszkód przemierzać przestrzeń. Te właśnie fotony rejestrują czułe w zakresie mikrofal odbiorniki *Plancka*.

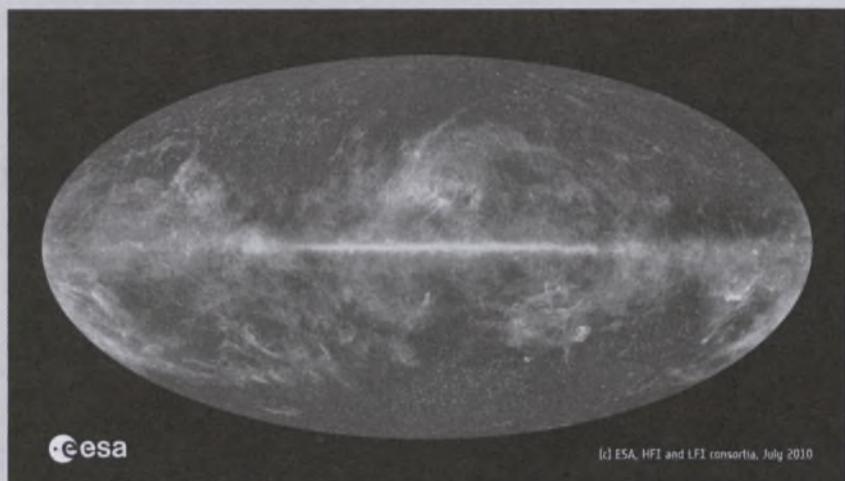
Po roku pracy satelita dokonał skanu całego nieba, dostarczając nowych, dokładniejszych pomiarów CMB. Teraz uczeni będą te dane analizować i spróbują odpowiedzieć na pytanie, jak powstał Wszechświat.

Przez środek obrazu biegnie pas Drogi Mlecznej, od której odchodzą wstęgi chłodnego pyłu i gazu — to miejsca powstawania nowych gwiazd, które *Planck* wyjątkowo dokładnie obejrzał. Czękowne to powyżej i poniżej Drogi Mlecznej to właśnie kosmiczne promieniowanie tła — cel misji *Planck*. Różne kolory odpowiadają różnej temperaturze CMB, a ta z kolei jest odzwierciedleniem obszarów o różnej gęstości materii, przez które promieniowanie przechodzi, a raczej przechodziło w bardzo odległej przeszłości. To właśnie z tych zgęszczeń materii powstały widoczne dziś galaktyki i gromady galaktyk.

Uzyskane dane zostaną teraz podane obróbce cyfrowej, aby dojrzeć słabe promieniowanie reliktowe spod dominującej emisji Drogi Mlecznej. Do końca swojej misji w 2012 r. *Planck* dokona jeszcze 4 pełnych skanów nieba. Prócz najdokładniejszej jak dotychczas mapy CMB, dane z satelity posłużą do stworzenia katalogu obiektów Drogi Mlecznej oraz katalogu odległych galaktyk.

(kz)

Źródło: [www.esa.int](http://www.esa.int)



(c) ESA, HFI and LFI consortia, July 2010

Obraz całego nieba powstał dzięki nałożeniu na siebie danych zarejestrowanych przez odbiorniki satelity *Planck* czułe na różne długości fal od 30 do 857 GHz. Źródło: ESA

## Zagadka narodzin masywnej gwiazdy rozwiązana

Obserwacje obiektu IRAS 13481-6124 dowodzą, że wszystkie gwiazdy powstają w ten sam sposób.

Wokół tego młodego obiektu, posiadającego masę 20 razy i promień 5 razy większy od Słońca, krąży dysk materii, z której gwiazda powstaje. Gwieździe z gwiazdozbioru Centaura zanurzonej w prenatalnym kokonie i znajdującej się ok. 10 000 lat świetlnych od nas przyjrzała się grupa astronomów.

Z archiwalnych obrazów NASA z teleskopu kosmicznego Spitzera oraz z obserwacji wykonanych przez 12-metrowy teleskop submilimetrowy APEX wynika, że gwiazda posiada strugę materii — dżet. Takie dżety są powszechnie w młodych małomasywnych gwiazdach i świadczą o obecności dysku. Dyski wokółgwiazdowe są kluczowym składnikiem w procesie formowania się małomasywnych gwiazd, takich jak Słońce. Nie jest jednak pewne, czy towarzyszą one też gwiazdom około 10-krotnie bardziej masywnym niż Słońce.

Nie jest jednak pewne, czy towarzyszą one też gwiazdom około 10-krotnie bardziej masywnym niż Słońce.

ce, gdyż silne promieniowanie może powstrzymywać materię od opadania na ich powierzchnie. Postulowano, że gwiazdy masywne mogą powstawać ze zlania się gwiazd mniejszych.

W celu zrozumienia właściwości dysku, astronomowie wykorzystali Very Large Telescope Interferometer (VLTI) ESO. Z połączonych obrazów z trzech 1,8-m teleskopów zaopatrzonych w instrument AMBER udało się dostrzec szczegóły, jakie byłyby widoczne przez teleskop o średnicy 85 m. Wyjściowa rozdzielcość obrazu to 2,4 milisekundy kątowej — z taką rozdzielcością można dostrzec główkę śrubki na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Ta szczególna właściwość teleskopów ESO oraz dane z 3,58-metrowego teleskopu New Technology Telescope w La Silla zaowocowały odkryciem dysku wokół IRAS 13481-6124.

Pierwszy raz można było przyjrzeć się wewnętrznej strukturze obręczy masywnej młodej gwiazdy. Z analiz wynika, że wszystkie gwiazdy powstają w ten sam sposób, niezależnie od masy.

Oszacowano, że układ ma ok. 60 000 lat, a gwiazda osiągnęła już swoją ostateczną masę. Wkrótce, z powodu silnego promieniowania — 30 000 razy silniejszego niż Słońce — dysk zacznie parować. Rozświetlony dysk rozciąga się na odległość równą ok. 130 AU. Kolejne obserwacje będą prowadzone za pomocą Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), który powstaje w Chile. Uczeni ufają, że z danych tego instrumentu otrzymają informacje o budowie wewnętrznej dysku i zrozumieją, w jaki sposób takie małe grubaski stają się ciężkie.

Karolina Wojtkowska

Źródło: [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com)

### na rozmówce:

Mikrofalowy obraz Drogi Mlecznej uzyskany przez sondę kosmiczną *Planck* po roku pracy. Z perspektywy obserwatora nasza Galaktyka zajmuje centralną część tego, sztucznie zbarwionego, obrazu Wszechświata. Jasne pasy gazu i obłoki pyłu wzduż płaszczyzny galaktyki oraz ogromne struktury łukowe są oddalone o setki lub tysiące lat świetlnych. Natomiast czękowane struktury na górze i dole obrazu reprezentują pozostałości po Wielkim Wybuchu, czyli mikrofalowe promieniowanie tła (CMB), znajdujące się w odległości 13,7 mld lat świetlnych od nas.

Źródło: ESA, Planck HFI i LFI Consortia

W poprzednim numerze „Uranii” zamieściliśmy kilka zdjęć autorstwa Marka Nikodema z Niedźwiad. Tu prezentujemy jeszcze jedno z nadesłanej kolekcji. Przedstawia ono koniunkcję Wenus z Plejadami i zostało wykonane 25 kwietnia 2010 r. o godz. 21.40 (eksp. 5 s, obiektyw 105 mm, ISO 1000)

## Galeria Uranii

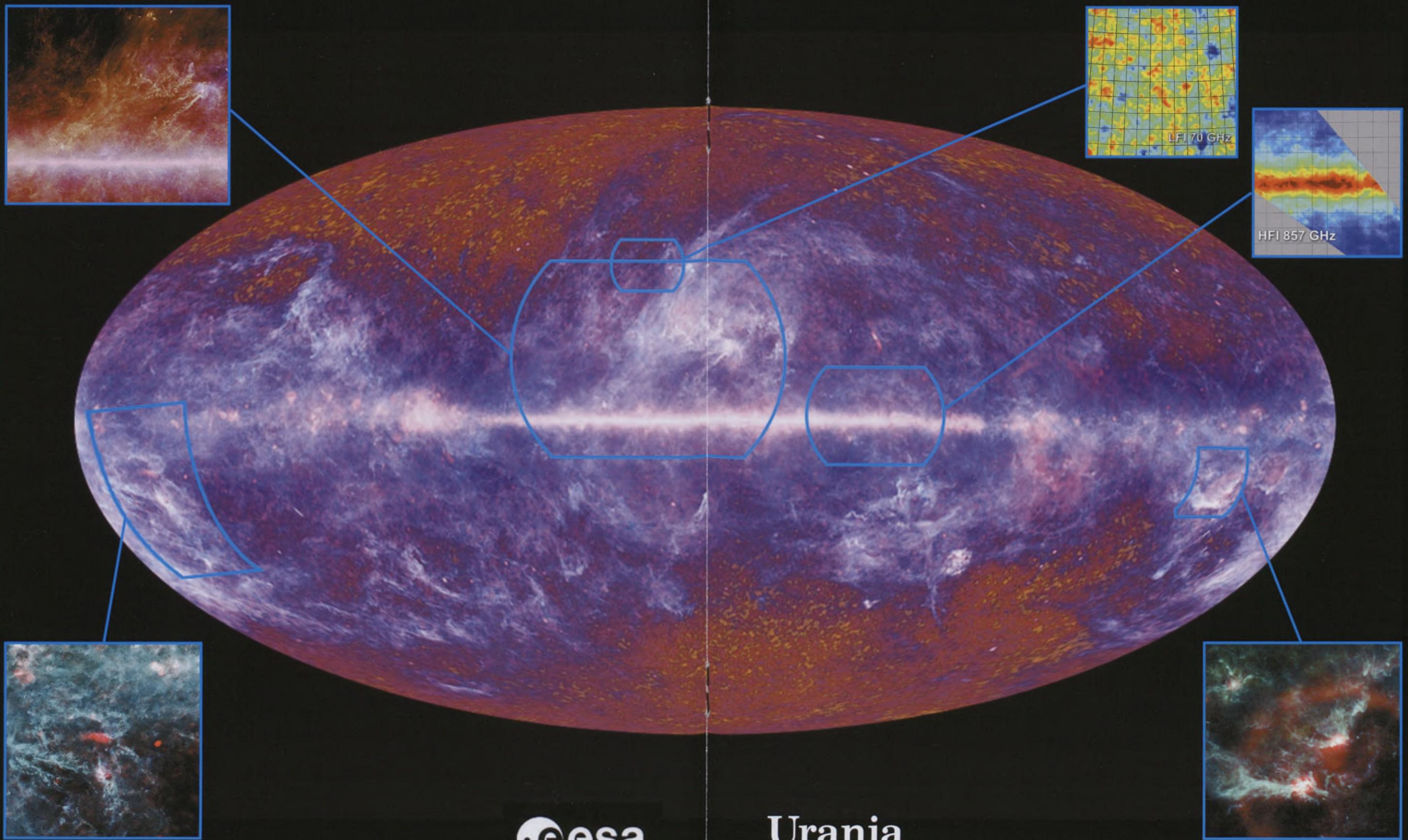


Niżej prezentujemy 3 kadry z sekwencji nadesłanej przez Krystynę i Piotra Wirkus z Torunia. Przedstawiają przejście międzynarodowej stacji kosmicznej (ISS) przed tarczą Słońca 22 lipca 2010 r. o godz. 14.59. Zostały one wycięte z filmu wykonanego za pomocą teleskopu Newtona o średnicy 135 mm i ogniskowej 650 mm (z okularem 18 mm, na podstawie Dobsona) i cyfrowego aparatu fotograficznego (Samsung S1060). Moment przelotu został wyliczony na podstawie efemerydy ze strony [www.calsky.com](http://www.calsky.com). Zdjęcia uatrakcyjniła widoczna na Słońcu dość rozbudowana grupa plam słonecznych



Ostatnio zamieszczaliśmy w Galerii Uranii sporo zdjęć z Merkurem. Franciszek Chodorowski z Kolonii Księżyco udostępnił nam ze swojego archiwum zdjęcie wschodu Księżyca i Merkurego wykonane 2 września 2005 r. (Canon 300D z obiektywem Sonar 135 mm)

# Niebo Plancka



•esa

Urania  
POSTĘPY ASTRONOMII



Pamiątkowe zdjęcie uczestników zlotu na tle radioteleskopu w Piwnicach (relacja ze zlotu na s. 226)



W roli wykładowcy Krzysztof Katarzyński



Zastawiona widownia



Zwiedzanie kopuły największego teleskopu optycznego



Obserwacje nocnego nieba już przez mniejsze teleskopy

Fot. Jarosław Suchocki

## Planeta z ogonem

Obserwacje z teleskopu kosmicznego Hubble'a udowodniły istnienie planety z ogonem. Gigantyczna planeta kometa o nazwie HD 209458b znajduje się tak blisko swojej macierzystej gwiazdy, że jej rozgrzana atmosfera ucieka w przestrzeń kosmiczną, tworząc ogon.

Cosmic Origins Spectrograph (COS) zarejestrował potężne wiatry gwiazdowe, powodujące wydmuchanie materii planety i ukształtowanie jej w ogon przypominający kometarny warkocz. W 2003 r. uczeni przewidzieli teoretycznie i oszczędzali utratę masy planety, ale dopiero teraz otrzymali dowód obserwacyjny.

Planeta znajduje się 153 lata świetlne od Ziemi, waży trochę mniej od Jowisza, ale znajduje się 100 razy bliżej gwiazdy niż Jowisz od Słońca. Rozgrzany glob okrąża swe słońce co 3,5 dnia. Układ jest dość dobrze przebadany, gdyż to jedna z niewielu planet przechodzących przed tarczą gwiazdy. Analiza atmosfery planety — jej budowa i skład chemiczny — była możliwa właśnie podczas takich tranzytów. Odkryto, że supergorąca atmosfera planety zawiera ciężkie pierwiastki — węgiel, krzem i ma ok. 1000°C. Gwiazda rozgrzewa atmo-sferę i sprawia, że cięższe pierwiastki uciekają z planety. Okazało się również, że różny rodzaj materii opuszcza atmo-sferę z różną prędkością. Gaz posiadający bardzo dużą prędkość — ok. 35 000 km/h jest rozciągany przez wiatr gwiazdowy i tworzy ogon za planetą. Najnowszy spektrograf zainstalowany na kosmicznym teleskopie Hubble'a może zbadać skład chemiczny planety w zakresie ultrafioletowym, niedostępny dla naziemnych teleskopów. Ogon planety odkryto dzięki unikalnej kombinacji wysokiej czułości w ultrafiolecie i bardzo dobrzej rozdzielczości spektralnej instrumentu COS.

Mimo że planeta jest tak blisko gwiazdy, nie zanosi się, by miała się wkrótce rozpaść. Parowanie planety będzie trwać jeszcze przynajmniej bilion lat.

Karolina Wojtkowska

Źródło: [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com)

## Antracen — życie w Kosmosie?

Odkrycia antracenu, najbardziej złożonej jak dotychczas molekuły w ośrodku międzygwiazdowym, dokonała grupa badaczy z Instituto Astrofísica de Canarias (IAC, Hiszpania) oraz Uniwersytetu w Teksasie (USA).

Obszarem, w którym odkryto antracen, okazał się być gęsty obłok, znajdu-

jący się 700 lat św. stąd w kierunku gwiazdy Cernis 52 w gwiazdozbiorze Perseusza. To ten sam region, w którym dwa lata wcześniej znaleziono inny związek organiczny — naftalen. „Wszystko wskazuje więc na to, że mamy do czynienia z obszarem formowania się gwiazd bogatym w złożone, organiczne związki chemiczne” — mówi Susana Iglesias Groth z IAC. Jeż zdaniem, kolejnym krokiem będzie poszukiwanie aminokwasów, które mogą powstawać, gdy molekuły, takie jak antracen, zostają wystawione na działanie promieniowania ultrafioletowego. Wówczas reagują one z wodą i amoniakiem, czego efektem mogą być właśnie aminokwasy i inne związki kluczowe dla powstawania życia.

Antracen odkrywano dotychczas tylko w meteorytach, ale nigdy w ośrodku międzygwiazdowym. Utlenione formy antracenu występują powszechnie w organizmach żywych i są aktywne biochemicznie. Na naszej planecie utlenione związki antracenu są podstawowym składnikiem aloesu i mają przeciwzapalne właściwości.

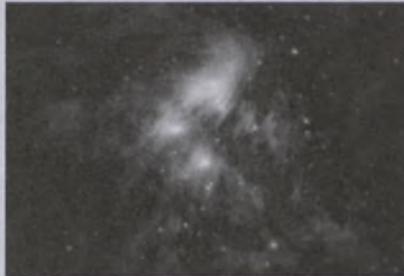
Począwszy od lat 80. XX w., znaleziono już setki tzw. rozmytych linii widmowych powstających w ośrodku międzygwiazdowym, niemniej jednak ich natura pozostała nieznana. Ostatnie odkrycie jednakże, wskazuje, iż mogą one pochodzić z molekuł opartych na antraceniu i naftaleniu. Ich powszechność w środowisku międzygwiazdowym sugeruje, że mogły one pełnić kluczową rolę w powstawaniu wielu związków organicznych w czasie formowania się Układu Słonecznego.

Andrzej Gibiec

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Pierwszy całkowity przegląd nieba WISE

Satelita Wide-field Infrared Survey Explorer — WISE — 17 lipca 2010 r. ukończył pierwszy przegląd całego nieba. Podczas misji uzyskano 1,3 mln obrazów. Niektóre z nich poddano obróbce i klejeniu z innymi, tworząc nowy obraz. Tak powstało zdjęcie Plejad, znanych jako Siedem Sióstr, zanurzonych w kłaczkowatym pyle. Obszar obrazu to siedem stopni kw. — tyle, co 35 tarcz Księzycy w pełni. Zdjęcie pokazuje możliwości teleskopu w wykonywaniu szerokich ujęć rozległych obszarów Kosmosu. Nowe zdjęcie tego regionu zrobiono w lutym. Podczerwone światło zarejestrowano czterema detektorami WISE. Teraz widać rozległą chmurę pyłową, przez którą przechodzą Ple-



Plejady oczami WISE. Źródło NASA/JPL-Caltech/UCLA

jady i inne gwiazdy gromady. Światło podczerwone ujawnia również, które gwiazdy gromady są mniejsze i chłodniejsze.

Pierwsze publikacje danych WISE, pokrywające 80% nieba, zostaną udostępnione społeczności astronomicznej w maju przyszłego roku. Trwająca misja polega na skanowaniu paskowym podczas okrążania biegunów globu. WISE zawsze znajduje się na granicy dnia i nocy. Gdy Ziemia okrąża Słońce, teleskop rejestruje nowe obszary nieba. Pełny obraz całego nieba WISE uzyskał po sześciu miesiącach, czyli po okresie potrzebnym Ziemi na przebycie połowy drogi dookoła Słońca.

Przez kolejne trzy miesiące znów zostaną wykonane mapy połowy nieba, dzięki czemu wzrośnie jakość danych z teleskopu. Ujawni się wiele planetoid, gwiazd i galaktyk. Mapowanie pomoże astronomom zorientować się w zachodzących na niebie zmianach. Misja dobiegnie końca, gdy wyczerpią się zapasy stałego wodoru chłodzącego detektory podczerwieni i instrumenty przestaną działać.

Dotychczas WISE zaobserwował ponad 100 000 planetoid — zarówno znanych, jak i nowo odkrytych. Większość z nich znajduje się w głównym pasie między orbitami Marsa i Jowisza. Około 90 obiektów przechodzi dość blisko Ziemi. WISE odkrył także ponad tuzin komet znajdujących się bardzo daleko od Ziemi.

Misja daje niezwykłą możliwość wyszukiwania blasku zarówno chłodnych gwiazd — brązowych karłów, jak i jasnych, odległych energetycznych galaktyk. Nazywa się je ultrajasnymi galaktykami podczerwonymi. Satelita WISE może określić ich jasność. Jest zdolny zaobserwować wszystkie obiekty emittujące promieniowanie podczerwone od planetoid do kwazarów. Może się zdarzyć, że satelita dokona odkrycia obiektów, których istnienia uczeni jeszcze nie przewidzieli.

Karolina Wojtkowska

Źródło: [www.sciencedaily.com](http://www.sciencedaily.com)

# Astronomia w Starożytnej Mezopotamii



Astronomia, jak należy przypuszczać, w bliskim współcześnie zakresie znaczeniowym tego słowa, narodziła się w rejonie międzyrzecza, tj. regionie obejmującym dorzecze Eufratu i Tygrysu w środkowym i dolnym biegu tych rzek. Współcześnie większa część Mezopotamii znajduje się w granicach Iraku, do tego dochodzi niewielkie pasmo południowo-wschodniej Turcji i dorzecze Eufratu we wschodniej Syrii.

W odróżnieniu od spuścizny intelektualnej mieszkańców kraju nad Nilem, i bodaj pierwszych obserwacji neolitycznych pasterzy w Nabta Playa, oddalonego 100 km na zachód od Abu Simbel, gdzie odkryto krąg kamienny, astronomia mezopotamska rozwijała się zdecydowanie dynamiczniej. Kontrast silnie zarysowuje się już na poziomie współcześnie dostępnych nam źródeł, które dla rejonów międzyrzecza zdecydowanie dominują nad egipskimi zabytkami związanymi z obserwacją nieboskłonu i kwestiami astralnymi.

To właśnie wpływy bliskowschodniej kultury możemy dostrzec współcześnie w naukach matematycznych starożytnej Grecji<sup>1</sup>, która prócz astronomii zapożyczyła z obszarów międzyrzecza wiele innych elementów, jak choćby system

miar i wag, normy ekonomiczne, wiele elementów leksykalnych czy gatunków literackich<sup>2</sup>.

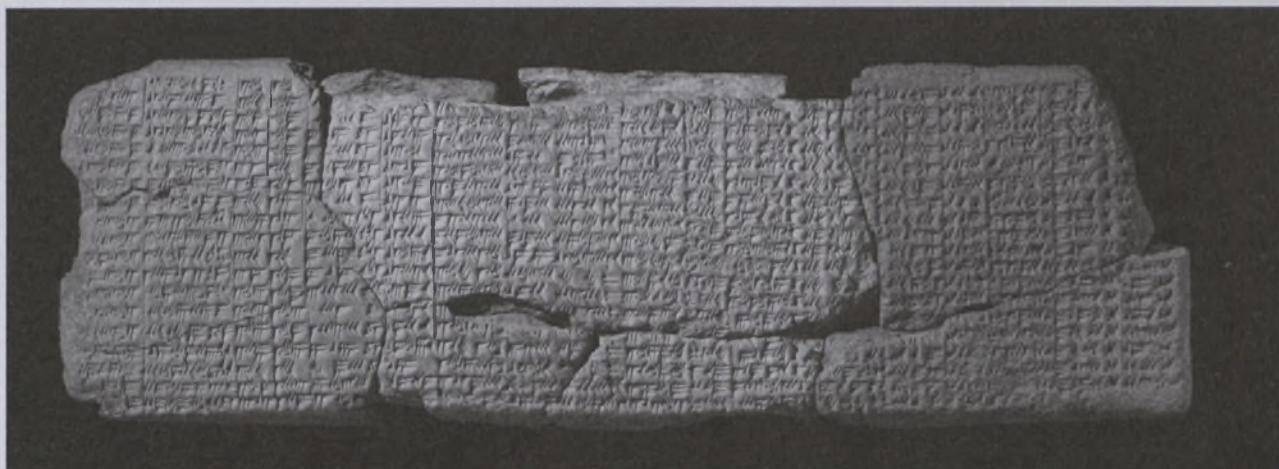
Teksty pochodzące z II lub III w. przed naszą erą pozwalają na stosunkowo dokładne obliczenia ruchu Księżyca, co z pewnością należy do najlepszych osiągnięć starożytnej nauki, porównywalnych jedynie z dokonaniami Hipparcha czy Ptolemeusza<sup>3</sup>.

Początków astronomicznych zainteresowań w rejonie międzyrzecza możemy się doszukiwać już w odległej przeszłości tego obszaru, bowiem już u starożytnych Sumerów, którzy, jak powszechnie się uznaje, pojawiły się w połowie IV tysiąclecia przed Chr. na obszarach południowej Mezopotamii. To właśnie ten dość enigmatyczny lud wyiał najpierw pismo piktograficzne, następnie przekształcił je w pismo klinowe, które rozwinęło się na potrzeby ówczesnej administracji świątynnej.

<sup>1</sup> A. Jones, *The Adaptation of Babylonian Methods in Greek Numerical Astronomy*, *Isis* 82, No. 3 1991, s. 440-453.

<sup>2</sup> M. Van De Mieroop, *Historia starożytnego Bliskiego Wschodu*, Kraków 2008, s. 234.

<sup>3</sup> O. Neugebauer, *The History of Ancient Astronomy Problems and Methods*, JNE 4, No. 1, 1945 s. 8; B. L. van der Waerden, *Babylonian Astronomy. II. The Thirty-Six Stars*, JNE 8, No. 1, 1949, s. 6 i n.



Fot. 1. Tabliczka gliniana. Babilońska kalkulacja astronomiczna pochodząca z epoki Seleukidów [(104 (23 marca) — 101 (18 kwietnia) przed Chr.)], odnosząca się m.in. do obliczeń mających na celu określenie nowiu Księżyca. Tabliczka pochodząca z Babilonu zawiera również informacje odnośnie położenia na ekleptyce Słońca i Księżyca. © The Trustees of the British Museum

Astronomiczne zainteresowania Sumerów nie spowodowały powstania oryginalnych koncepcji dotyczących planet czy gwiazd. Sytuacja ta ulega zmianie, gdy na terenach międzyczęcia w pocz. II tysiąclecia przed Chr. pojawiają się Amoryci, którzy w końcu politycznie zdominowali Sumerów i Akadów. Z pojawieniem się Amorytów nastąpił istotny wzrost liczby dokumentów świadczących o zainteresowaniach zarówno gwiazdami, jak i planetami oraz przypisywaniu im znaczeń magicznych i rytualnych.

Podaj najstarszymi dokumentami poświadczającymi zainteresowania ciałami niebieskimi są tzw. modlitwy do bogów nocy, tj. modlitwy kierowane przez kapłanów do gwiazd i planet o zapisanie dobrych ominów we wnętrznościach zwierzęcia, które rano zostanie złożone w ofierze i przebadane<sup>4</sup>.

Właściwa astronomia obserwacyjna rozpoczyna się nieco później i jest związana z tekstem pochodzącym z tabliczek władcy Babilonu Ammisaduqi (1646—1626 przed Chr.) ze wzmiankami o widoczności Wenus w 8-letnim cyklu, do którego dołączono krótkie apodoses<sup>5</sup>. Tekst ten w późniejszym okresie został włączony do serii ominów astralnych nazywanych w starożytności *Enuma Anu Enlil*<sup>6</sup>. W zbiorze znajdują się wróżby związane z Księzcem, jego wyglądem, zaćmieniami i koniunkcjami z planetami i gwiazdami stałymi, dotyczące

Słońca, jego korony, plam na nim i zaćmień, odwołujące się do zjawisk atmosferycznych, przede wszystkim błyskawic, gromów i chmur, jak również i planet, ich widoczności, wyglądu i położenia.

*Jeśli zaćmienie Księżyca nastąpi w 21 dniu, siódmeego miesiąca i potrwa do zachodu Księżyca — wezmą następcę tronu z jego pałacu w kajdanach*<sup>7</sup>.

Większość tekstów wchodzących w powyższy zbiór, jak się ocenia współcześnie, pochodzi już ze schyłku II i początków I tysiąclecia. Początkowo zawierały one spostrzeżenia związane z zaćmieniami Księżyca, do którego dołączano stopniowo kolejne<sup>8</sup>. Ostatecznie do zbioru „Kiedy Anu i Enli” („Kiedy bogowie Anu i Enli”) weszło ponad 7 tys. tekstów wróżebnych, których redakcji miał dokonać kapłan działający w Babilonie w poł. XI w. przed Chr., Esagil-kin-apla<sup>9</sup>.

Wzrastające zainteresowanie systematicznymi obserwacjami nieba jest dostrzegane już od połowy II tysiąclecia przed Chr., jednakże wyraźny wzrost nastąpił w okresie nowoassyryjskim, tj. VIII/VII w. przed Chr.

Okresem najlepiej udokumentowanym m.in. dla rozwoju astronomii są czasy panowania od Sargona II do Asurbanipala (721—627). Fakt ten

poniekąd wiąże się z pewną cechą rządów Sargonidów, mających szczególnie, niemal obsesyjne umiławianie do astromancji<sup>10</sup>. Interpretacjami „znaków na niebie” zajmowała się wyspecjalizowana grupa kapłanów nazywana *tupsar Enuma Anu Enlil*. Niektórzy z nich przebywali na stałe w ośrodkach sakralnych nie tylko w Aszur, lecz także w Kachum czy Niniwie, jak i w Babilonie czy Uruk (Al-Warka), inni natomiast na stałe przebywali bezpośrednio na dworze władcy. Mamy więc do czynienia z organizowaniem stałych punktów obserwacyjnych, które również posiadały pomieszczenia służące do gromadzenia źródłowych danych.

Królowie zasiegali rad wróżbitów przed podjęciem istotnej decyzji, zarówno o charakterze politycznym, jak i religijnym. Często sami kapłani zwracali się do władcy z zaobserwowanym niepokojącym znakiem. Za najgorszy omen uważało zaćmienie Księżyca podczas niewidoczności Jowisza, tj. planety związanej z władcą<sup>11</sup>. Fakt złego wróżebnego znaku dla króla integralnie łączy się z instytucją króla zastępczego. Władca wówczas składał symbolicznie atrybuty władzy, wycofując się niejako z życia publicznego i zamieszkiwając w swych prywatnych apartamentach. Natomiast na jego miejsce wyznaczano króla zastępczego, na którym winny skupić się wszelkie nieprzyjazne znaki.

Szczególne znaczenie astronomii wynikało z przekonania, że podczas Święta Nowego Roku bogowie zbierają

<sup>4</sup> E. Reiner, *The Uses of Astrology*, JAOS 105, 1985, s. 591; W. Heimpel, *The Sun at Night and the Doors of Heaven in Babylonian Texts*, JSC 38, 2, 1986, s. 127–151.

<sup>5</sup> Por. A. Sołtysiak, *Dobre i zle omina w astromancji mezopotamskiej. Interpretacja ekologiczna*, Nomos 49/50, 2005, s. 126.

<sup>6</sup> H. Hunger, D.E. Pingree, *Astral sciences in Mesopotamia*, Leiden 1999, s. 12 i n.

<sup>7</sup> Tekst wg przekładu M. Komorowska, zob. M. Van De Mieroop, op. cit., 2008, s. 268.

<sup>8</sup> A. Sołtysiak, op.cit., 2005, s. 126.

<sup>9</sup> U. Koch-Westenholz, *Mesopotamian Astrology: An Introduction to Babylonian and Assyrian Celestial Divination*, The Carsten Niebuhr Institute of Near Eastern Studies Publications 19, Copenhagen 1995, s. 42–43.

<sup>10</sup> A. Sołtysiak, *Religie Mezopotamii*, [w:] red. K. Pilarczyk, J. Drabina, *Religie starożytnego Bliskiego Wschodu*, Kraków 2008, s. 161.

<sup>11</sup> Ibid.

się, by ustalić los świata w ciągu kolejnego roku. Przeznaczenie to następnie było uaktualniane podczas każdego nowego przez boga Słońca (Šamaš) Szamasza i boga Księżyca Sina, wreszcie ogłoszone przez ciała niebieskie, skojarzone z odpowiednimi bóstwami<sup>12</sup>. Udoskonalenie technik obserwacji, liczne źródła w postaci dzienników oraz almanachów wskazują na niezwykłą wiedzę ówczesnych, związaną z mechaniką cał niebieskich, co znajduje choćby potwierdzenie w dokumentach pochodzących z okręgu kultowego Eanna w Uruk.

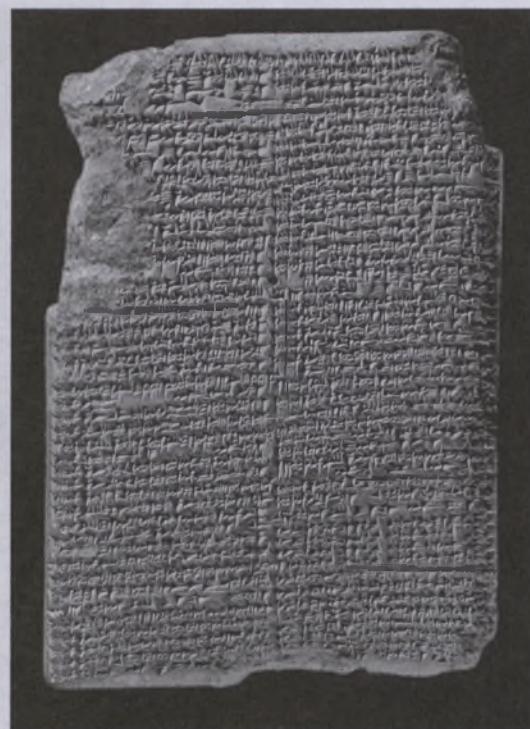
Jeśli Słońce i Księżyc swoim przewidywalnym ruchem na sferze niebieskiej sygnalizują powtarzalne zjawiska na ziemi, to związane z nimi nieprzewidywalne zjawiska, np. zaćmienia, mogą stanowić oznakę zaskakujących zdarzeń. Wydaje się, iż tak sformułowane stanowisko towarzyszyło mieszkańcom międzyczescia już w pocz. II tysiąclecia przed Chr.<sup>13</sup>.

W związku z rosnącym zainteresowaniem ciałami niebieskimi, już od okresu starobabilońskiego (ok. 1800—1595) wzrasta znaczenie triady planetarnej, do której należały Księżyc, Słońce oraz Ishtar (Ištar) identyfikowana z planetą Wenus. W tym zestawieniu najważniejszym bóstwem był Sin, co wynikało m.in. z lunalnego charakteru mezopotamskiego kalendarza. W okresie nowoasyryjskim często mówi się o religii astralnej, bo wielom ciałom niebieskim składano ofiary i kierowano do nich modlitwy, podobnie

jak do innych bóstw. Sądzącno, że ciała niebieskie mogą przekraczać granice świata ludzi i świata podziemnego, stąd też w ikonografii bóg Szamasz często przedstawiany był na swej łodzi, przepływając bramy: zachodu, kierując się do świata podziemi, lub wyłaniając się z bramy w górach na wschódzie.

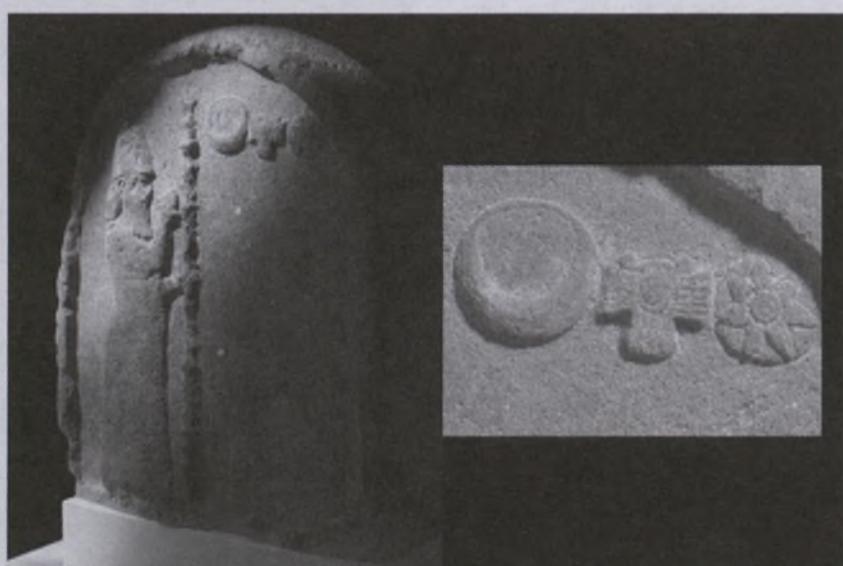
Z ciałami niebieskimi również była związana tzw. magia astralna. Współcześnie znanych jest kilkadziesiąt tekstów — receptur. Według nich sporządzano odpowiednie lekarstwa, które prócz zastosowania odpowiednich substratów wymagały również wykonania w odpowiednich dniach i odpowiedniej porze. Ponadto gotowy produkt był wystawiany kilka nocy i dni na odpowiednie, magiczne działanie ciał niebieskich, najczęściej konstelacji współczesnej Liry, którą kojarzono z Gulą (boginią lekarką)<sup>14</sup>.

Nieocenionym dokumentem, związanym z ówczesną astronomią, jest tekst znany pod nazwą *Mul.Apin*, stanowiący pierwsze kompilatorskie kompendium astronomiczne w postaci tablic, katalogów gwiazdnych, skomponowa-



Fot. 2. Gliniana tabliczka, pochodząca z okresu starobabilońskiego, z dwoma kolumnami tekstu w języku akadyjskim, stanowiącego fragment większego zbioru *Mul.Apin*, zawierającą m.in. informacje odnoszące się do konstelacji znajdującej się na drodze Księżyca. © The Trustees of the British Museum

ne z wielu źródeł, których zestawienia, jak się aktualnie określa, dokonano w latach od ok. 1000 do 687 r. przed Chr.<sup>15</sup> Współcześnie się zakłada, iż redakcja tablic miała miejsce raczej w Babilonii niż w Asyrii<sup>16</sup>. Dokumenty, o których mowa, zawierają m.in. obszerną listę skatalogowanych i usystematyzowanych zjawisk występujących na niebie sklonie. Tematem zestawień są nazwy gwiazd i określenia wzajemnego położenia na niebie gwiazd stałych, daty ich heliakalnych wschodów, równoczesne wschody i ustawienia niektórych z gwiazd oraz konstelacji, tzw. *ziqpu* gwiazd (lista gwiazd; termin *ziqpu* wywodzi się z języka akadyjskiego i w kontekście astronomicznym oznacza punkt zenitu<sup>17</sup>), krzyżujących się z zenitem obserwatora, gwiazd znajdujących się na drodze Księżyca czy astronomiczne pory roku, gwiazdny kalendarz, opisy



Fot. 3. Bazaltowa stela z okresu panowania ostatniego chaldejskiego władcy Nabonida 555—539 przed Chr. Król ukazany został wraz z astronomicznymi symbolami odnoszącymi się do bóstw: gwiazda — Isztar — Wenus, uskrzydlny dysk, identyfikowany z Szamaszem symbolizującym Słońce, dawcą życia; półksiężyc symbolizujący boga Sina. © The Trustees of the British Museum

<sup>12</sup> Ibid.

<sup>13</sup> A. Sołtysiak, op. cit., 2005, s. 128.

<sup>14</sup> A. Sołtysiak, op. cit., 2008, s. 163.

<sup>15</sup> W. Horowitz, *Mesopotamian cosmic geography*, (Mesopotamian Civilizations, 8), Winona Lake 1998, s. 168–169.

<sup>16</sup> Ibid., s. 169.

<sup>17</sup> F. Rochberg-Halton, *Stellar Distances in Early Babylonian Astronomy: A New Perspective on the Hilprecht Text (HS 229)*, JNE 42, No. 3 1983, s. 211.

pojawienia się i zanikania pięciu planet (Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn), noty dotyczące okresu widoczności planet. Źródło to zawiera również dane dotyczące czasu trwania światła dziennego i przedstawia schematy widoczności Księżyca. Ponadto, teksty te zawierają informacje odnoszące się do zjawisk przesilenia i równonocy, a także określają położenie Słońca i Księżyca w stosunku do niektórych gwiazd w momencie przesilenia i równonocy. Pierwsza i ostatnia sekcja *Mul.Apin* staje się współcześnie nieoceniona przy badaniu geografii nieba Starożytnej Mezopotamii<sup>18</sup>.

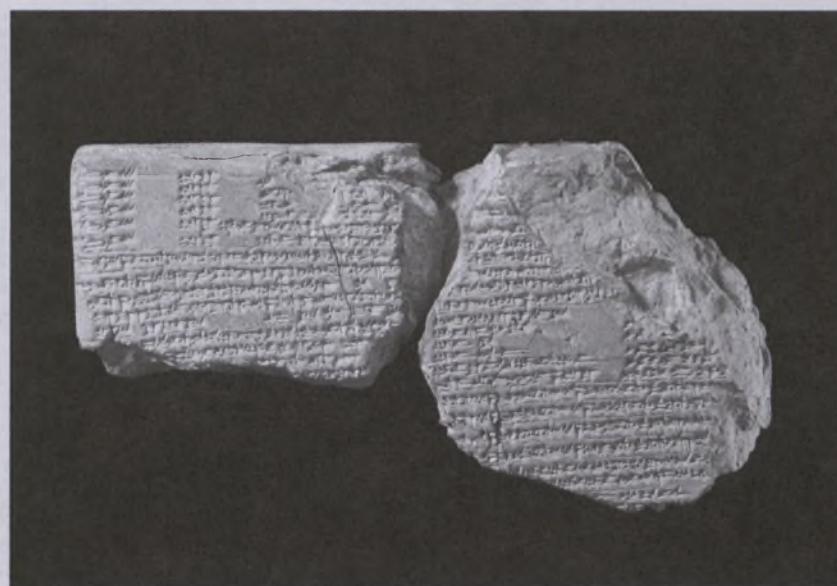
Prócz tych tekstów posiadamy również dokumenty pochodzące z miasta Aszur, wyjaśniające świat gwiezdnej geometrii i opisujące kształt niektórych konstelacji. Co ciekawe, możemy obecnie założyć, iż starożytni mieszkańcy Mezopotamii starali się przypisać ludzkie i zwierzęce kształty figurom utworzonym przez gwiazdy.

Tekstów, w których są poruszane zagadnienia związane z astronomią i obserwacją nieba, jest oczywiście dużo więcej. Wszystkich nie sposób wymienić w tak krótkim opracowaniu! Bowiem posiadamy również „notatki” stanowiące próbę skorelowania astronomicznych obserwacji z wydarzeniami o charakterze politycznym, jak np. klęską Dariusza III w bitwie stoczonej z Aleksandrem Wielkim pod Gaugamelą, 1 października 331 roku przed Chr.<sup>19</sup> Arrian z Nikomedii, grecki historyk, obywatel rzymski (86–160 po Chr.), autor dzieł filozoficznych, geograficznych, wojskowych i historycznych, opisujący m.in. historię Aleksandra III Makedońskiego (*Wyprawa Aleksandra Wielkiego*), tak relacjonuje zaćmienie Księżyca, które miało miejsce w trakcie postoju armii Makedończyka, przed bitwą pod Gaugamelą, w nocy z 20 na 21 września 331 r. przed Chr.:

*...Ale było właśnie wtedy wielkie zaćmienie księżyca. Aleksander złożył więc ofiary księżycowi, słońcu i ziemi, których dziełem według powszechnego mniemania miało być to zjawisko. Aristander uważały, że zaćmienie księżyca jest dobrym znakiem dla Makedończyków*

<sup>18</sup> Zob. H. Hunger, D. Pingree, *MUL.APIN An Astronomical Compendium in Cuneiform*, Vienna 1989.

<sup>19</sup> F. Rochberg, *The Heavenly Writing: Divination, Horoscopy, and Astronomy in Mesopotamian Culture*, Cambridge 2004, s. 8-9.



Fot. 4. Gliniana tabliczka datowana na ok. 500 r. przed Chr., zawierająca fragment tekstu *Mul.Apin*. Zabytek pochodzi najprawdopodobniej z Babilonu. © The Trustees of the British Museum

*i Aleksandra i że jeszcze w tym miesiącu rozegra się walka, a ofiary wskazały mu, że zwycięstwo będzie po stronie Aleksandra*<sup>20</sup>.

W świecie starożytym nierozerwalnie taktowano obserwację zjawisk astronomicznych z astrologią. I tak jej początki sięgają pierwszych wieków II stulecia przed Chr., na terytoriach Anatolii, Syrii, świata egejskiego, skąd szczególnie w okresie dominacji politycznej Achemenidów i w późniejszym okresie hellenistycznym przedostają się na terytorium Egiptu i Grecji. Najpóźniejsza forma astrologii, w ujęciu horoskopów, rozwijała się w Babilonii, skąd idea ta została zaadaptowana do cywilizacji greckiej, świata islamskiego, religii judaistycznej i chrześcijaństwa.

Kto obserwował niebo? Jak łatwo się domyślać, głównymi obserwatorami nieboskłonu i zjawisk astralnych była zamknięta kasta społeczna kapłanów, przekazująca swą wiedzę z pokolenia na pokolenie. Z obszarów Mezopotamii znamy wiele świątyń, które służyły też jako ówczesne obserwatoria. Kolegium kapłanów obserwujących niebo funkcjonowało m.in. w Uruk prawdopodobnie do początków naszej ery. Schyłkowe tabliczki z tego południowomezopotamskiego ośrodka<sup>21</sup> zawierają szereg informacji i zagadkowych odniesień do ciał niebieskich, interpretowanych za po-

<sup>20</sup> Wg przekładu H. Gesztoff-Gasztold, Art., *Anab.* III, 7, 4-5; zob. również: Curt. IV, 10, 1-8; Plut. *Vit. Alex.* 31,8.

<sup>21</sup> P.M.G. Akkermans, G.M. Schwartz, *The Archaeology of Syria from Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies (ca. 16000-300 BC)*, Cambridge 2003, s. 183-184.

mocą technik numerologicznych lub homofonii. W okresie sumeryjskim w tym samym mieście, w okręgu kultowym Eanna, które było poświęcone bogini Inannie, odnaleziono dokumenty pochodzące z okresu 3200–3000 przed Chr., wskazujące na skojarzenia bogini Inanny z Wenus. Związki bogini Inanny z planetą Wenus potwierdzają późniejsze teksty klinowe, a jeden z nich dostarcza informacji na temat pozycji Wenus z r. 1650 przed Chr.<sup>22</sup> Jednakże okrąg kultowy Eanna (sumer. „świątynia nieba”) mógł już w okresie sumeryjskim spełniać rolę obserwatorium astronomicznego.

Z obserwatorium astronomicznym możemy również spotkać się w Babilonie, mieście słynącym w starożytności nie tylko z pięknej i okazałej architektury o monumentalnej formie (jak choćby brama bogini Ishtar utożsamianej m.in. z wojną, wyłożona niegdyś glazurowanymi cegłami układającymi się w wizerunki byków, lwów i smoków), ale także istotnego, jak dziś byśmy się wyrazili, ośrodka badawczego. W tym przężnie rozwijającym się ośrodku dokonywano licznych rozważań teoretycznych i praktycznych z wielu dziedzin, powstawały liczne dzieła naukowe, w tym oczywiście z astronomii i matematyki.

Babilon<sup>23</sup> to bez wątpienia centrum Wszechświata, w myśl idei powziętej przez Nabuchodonozora chcącego, by

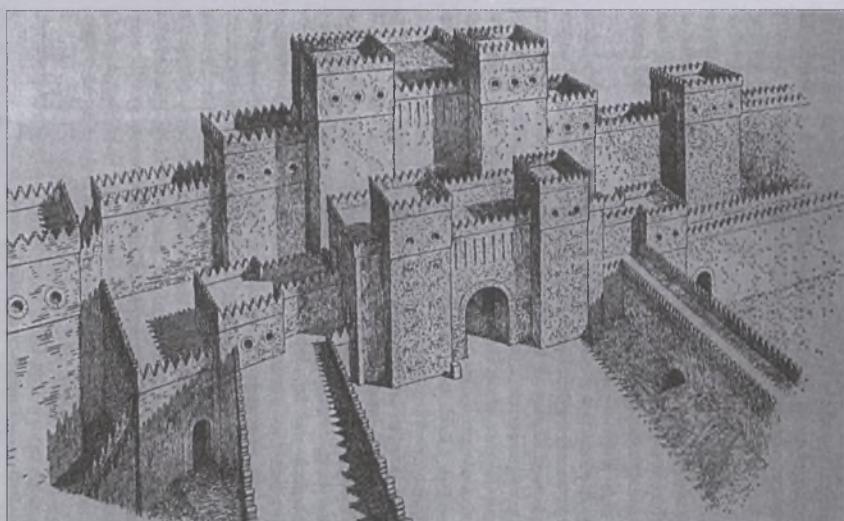
<sup>22</sup> C. Jaschek, *Data in astronomy*, Cambridge 1989, s.10.

<sup>23</sup> Starożytna nazwa najprawdopodobniej oznaczała „Bramę Bogów”.

miasto wyrażało ideę porządku w świecie chaosu i symbolicznie ilustrowało nieustannie odnawiany pradawny akt stworzenia<sup>24</sup>. Podziw, jakim w starożytności je otaczano, potwierdza opis Herodota (księga I, 178—183), który uważał Babilon za uosobienie bogactwa i majestatu<sup>25</sup>, co do pewnego stopnia zostało potwierdzone na drodze badań archeologicznych prowadzonych tam w zmiennych kampaniach od XIX w.

W centrum miasta, w niewielkim oddaleniu od zespołu pałacowego, znajdował się ogromny kompleks świątynny — potężny zikkurat — kilkukondygnacyjne sztuczne wzgórza, poświęcone bóstwu opiekuńczemu miasta, tj. Mardukowi, stanowiący inspirację biblijnej opowieści o wieży Babel, gdzie dokonywano conocnych obserwacji nieba, bowiem bóstwo to było utożsamiane z planetą Jowisz. W okręgu kultowym Esagila, świątyni boga Marduka, ówczesni skrybowie zapisywali skrzętnie wyniki obserwacji zarówno Księżyca, jak i planet, ponadto rejestrowali zmiany pogody czy odnotowywali głębokość rzeki. Dokumenty (najstarszy pochodzi z VII w. przed Chr.; współcześnie zakłada się, iż obserwacje rozpoczęto o stulecie wcześniej<sup>26</sup>), które zostały odkryte, świadczą nie tylko o skrupulatności ówcześnie podejmowanych obserwacji, ale i dowodzą o niesłychanej wiedzy ówczesnych obserwatorów — badaczy. Różnorodność tekstów klinowych, współcześnie analizowanych, pozwala sądzić, iż w starożytnym Babilonie stosowano dwie, uogólniając odrębne, metodologie badania nieba. Pierwsza oparta na obserwacji (systematycznych zapisów zamieszczonych w pamiętnikach i niesystematycznych, odnoszących się szczególnie do interpretacji osoobiści astronomicznych mogących mieć wpływ na dzieje imperium) i druga teoretyczna, oparta na modelach i schematach, odnoszących się do zjawisk policzalnych charakteryzujących m.in. planety, Słońce i Księżyce.

Podstawowe rozróżnienie metodologiczne między obserwacją i teorią widać w babilońskich tekstach astrono-



Rekonstrukcja pierwotnego wyglądu Bramy Ishtar w Babilonie (E. Strommenger, *L'Arte Della Mesopotamia*, München 1963, s. 154, ryc. 67)

micznych, ale nie do końca jest dla nas, współczesnych, klarowna kwestia wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy obserwacjami i rozwojem teoretycznym czynionym w celu przewidywania obserwowanych zjawisk<sup>27</sup>.

Po podboju Babilonu w r. 539 przed Chr., przez achemenidzkiego władcę Cyrusa, w mieście tym obserwujemy ciągły rozwój astronomii, szczególnie w kontekście technik obserwacji i korelacji wyników z matematyką<sup>28</sup>. W tym okresie niewątpliwie nastąpił ogromny postęp w arytmetyce, czego pokłosie odnajdujemy w czasach hellenistycznych. Wówczas bowiem, jak zaznacza m.in. Rochberg-Halton, astronomia staje się w pełni matematyczna<sup>29</sup>. Istotne miejsce zajmowała w niej fizyka, jak i formułowanie, wówczas jeszcze teoretycznych, modeli w oparciu o zjawiska astronomiczne. Powszechnie zakładano istnienie wzajemnych korelacji zachodzących między teorią a obserwacją i odpowiednim wcześniejszym skonstruowanym założeniem. Mamy więc zupełnie inny obraz astronomii obserwacyjnej, w której systematyczność badań ma istotne znaczenie, przekładając się choćby na gromadzenie danych.

Babilończycy umieli więc dokładnie wytyczać kursy pięciu planet, ponadto potrafili przewidywać nowy Księżyca, zaćmienia Słońca, które interpretowano

złowieszczo<sup>30</sup> oraz inne zjawiska astronomiczne.

Mezopotamski wkład w astronomię, geometrię czy arytmetykę jest bez wątpienia ogromny, czego pokłosie odnajdujemy w okresie hellenistycznym i rzymskim. Bez mezopotamskich obserwacji nie powstałyby prace Hipparcha czy Ptolemeusza. Szczególnie Grecy zapożyczyli wiele technicznych detali od „astronomów” babilońskich.

Okres hellenistyczny to czasy rozszerzenia ludzkich horyzontów, widoczny na wielu płaszczyznach ówczesnej kultury, zarówno w plastycy i sztuce, mechanice, medycynie i literaturze, jak i astronomii. Arystarch z Samos, badacz (z początków III w. przed Chr.) i autor rozprawy o rozmiarach Słońca i Księżyca oraz ich odległości od Ziemi, wysunął zaskakującą tezę, że Słońce jest środkiem Wszechświata. Nie jest do końca jasne, czy dla Arystarcha hipoteza heliocentryczna była faktem czy założeniem — podstawą do dalszego wnioskowania; bardziej prawdopodobne wydaje się to drugie przypuszczenie. Tak czy inaczej jego teza nie zyskała dużej popularności. Wiele różnych przyczyn złożyło się na to, że łatwiejszą do akceptacji okazała się druga koncepcja, autorstwa Apolloniosa z Perge (koniec III w. przed Chr.) i Hipparcha z Nikai (pocz. II w. przed Chr.), który stworzył podstawy teorii planet, rozwiniętych dalej przez Ptolemeusza. Te wszystkie dociekania nie byłyby możliwe bez wcześniejszych, systematycznych obserwacji dokonywanych w rejonie międzyrzecza.

Ogólnie astronomia i zainteresowania nieboskłonem w Mezopotamii mia-

<sup>24</sup> M. Van De Mieroop, op. cit., 2008, s. 282.

<sup>25</sup> Uczeni do dziś toczą zażarte spory, czy Herodot w istocie odwiedził to miasto.

<sup>26</sup> J. Evans, *The history and practice of ancient astronomy*, Oxford 1998, s. 16; F. Rochberg-Halton, *Between Observation and Theory in Babylonian Astronomical Texts*, JNE 50, No. 2, 1991, s. 108.

<sup>27</sup> F. Rochberg-Halton, *Between Observation and Theory in Babylonian Astronomical Texts*, JNE 50, No. 2, 1991, s. 119.

<sup>28</sup> Ibid.

<sup>29</sup> F. Rochberg-Halton, op. cit., 1991, s. 108; J.M. Steele, *Observations and predictions of eclipse times by early astronomers*, Dordrecht 2000, s. 5.

<sup>30</sup> Ibid., s. 76.

ły charakter naukowy i utylitarny, silnie zakorzeniony w świecie mitu, wróżby i bóstw. Jej pojawienie się i rozwitk był bezpośrednio związany z koncepcją przeznaczenia, człowieka, władców, ludu.

*Jeśli Wenus staje się regularny rano, ludzie całej ziemi zjadą obfitą chleb, wródzy królowie zostaną pogodzeni<sup>31</sup>.*

Kapłani mezopotamscy sądzili, iż roczna sezonowość na ziemi, podział na miesiące warunkowane są przez ciała niebieskie, Słońce i Księżyc. Bogowie identyfikowani z tymi ciałami, tj. Utu i Nanna w panteonie sumeryjskim oraz Śamaš i Sin w panteonie semickim, odpowiadali za właściwy przebieg wielu ważnych wydarzeń dla ówczesnych ludzi<sup>32</sup>.

W stosunku do zainteresowań astronomicznych w kraju nad Nilem doby faraońskiej astronomia Mezopotamii wyróżnia się innym podejściem ówczesnych, starających się nie tylko obserwować, odnotowywać, ale i tworzyć odpowiednie modele, mające na celu rozstrzygnięcie periodyczności zjawisk. Systematyczne badania koncentrujące się w ośrodkach kultowych dały nam, współczesnym, wiele zaskakujących szczególnie swą precyzją źródeł, które w niezwykły sposób ilustrują niebywałą wiedzę ówczesnych na temat ciał niebieskich i pozwalają spojrzeć na niebo Mezopotamii ich oczyma.

#### Literatura:

- P.M.M.G. Akkermans, G.M. Schwartz, *The Archaeology of Syria from Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies (ca. 16000-300 BC)*, Cambridge 2003.  
 J. Evans, *The history and practice of ancient astronomy*, Oxford 1998.  
 H. Hunger, D. Pingree, *MUL.APIN An Astronomical Compendium in Cuneiform*, Vienna 1989.  
 H. Hunger, D.E. Pingree, *Astral sciences in Mesopotamia*, Leiden 1999.  
 W. Heimpel, *The Sun at Night and the Doors of Heaven in Babylonian Texts*, JSC 38, 2, 1986, s. 127-151.  
 W. Horowitz, *Mesopotamian cosmic geography*, (Mesopotamian Civilizations, 8), Winona Lake 1998.  
 C. Jaschek, *Data in astronomy*, Cambridge 1989.  
 A. Jones, *The Adaptation of Babylonian Methods in Greek Numerical Astronomy*, Isis 82, No. 3 1991, s. 440-453.

<sup>31</sup> E. Reiner, D. Pingree, *Babylonian Planetary Omens, Part Three*, Groningen 1998, s. 41.

<sup>32</sup> A. Sołtysiak, op. cit., 2005, s. 127-128.

#### CHRONOLOGIA PÓŁNOCNEJ MEZOPOTAMII

Neolit preceramiczny	ok. 8000–5800 przed Chr.
Kultura Hassuna	ok. 5800–5500 przed Chr.
Kultura Samarra	ok. 5600–5000 przed Chr.
Kultura Halaf	ok. 5500–4500 przed Chr.
Kultura Ubaid	ok. 4500–4100 przed Chr.
Kultura Uruk północna	ok. 4100–3100 przed Chr.
Kultura Uruk południowa	ok. 3400–3100 przed Chr.
Kultura Niniwa 5	ok. 3100–2500 przed Chr.
Okres akadyjski	ok. 2350–2200 przed Chr.
Okres postakadyjski	ok. 2200–1900 przed Chr.
Okres staroassyryjski	ok. 1900–1600 przed Chr.
Państwo Mitanni	ok. 1600–1350 przed Chr.
Okres średnioassyryjski	ok. 1350–1100 przed Chr.
Okres przejściowy	ok. 1100–950 przed Chr.
Okres nowoassyryjski	ok. 950–612 przed Chr.
Okres nowobabiloński	612–539 przed Chr.
Okres achemenidzki	539–331 przed Chr.
Okres seleucydzki	331–126 przed Chr.
Okres partyjski	126 przed Chr. – 226 po Chr.

#### CHRONOLOGIA POŁUDNIOWEJ MEZOPOTAMII

Kultura Ubaid	ok. 5300–4100 przed Chr.
Kultura Uruk	ok. 4100–3100 przed Chr.
Okres Dżemdet Nasr	ok. 3100–2900 przed Chr.
Okres wcześniedynastyczny I	ok. 2900–2800 przed Chr.
Okres wcześniedynastyczny II	ok. 2800–2600 przed Chr.
Okres wcześniedynastyczny III	ok. 2600–2334 przed Chr.
Okres akadyjski	ok. 2334–2200 przed Chr.
Okres gutejski	ok. 2200–2100 przed Chr.
III dynastia z Uri	ok. 2100–2000 przed Chr.
Okres Isin–Larsa	ok. 2000–1800 przed Chr.
Okres starobabiloński	ok. 1800–1595 przed Chr.
Dynastia kasycka	ok. 1595–1157 przed Chr.
Okres postkasycki	ok. 1157–800 przed Chr.
Okres nowoassyryjski	ok. 800–625 przed Chr.
Okres nowobabiloński	625–539 przed Chr.
Okres achemenidzki	539–331 przed Chr.
Okres seleucydzki	331–126 przed Chr.
Okres partyjski	126 przed Chr. – 226 po Chr.

- U. Koch-Westenholz, *Mesopotamian Astrology: An Introduction to Babylonian and Assyrian Celestial Divination*, The Carsten Niebuhr Institute of Near Eastern Studies Publications 19, Copenhagen 1995.  
 E. Reiner, *The Uses of Astrology*, JAOS 105, 1985, s. 589-595.  
 E. Reiner, D. Pingree, *Babylonian Planetary Omens, Part Three*, Groningen 1998.  
 F. Rochberg-Halton, *Stellar Distances in Early Babylonian Astronomy: A New Perspective on the Hilprecht Text (HS 229)*, JNE 42, No. 3, 1983, s. 209-217.  
 F. Rochberg-Halton, *Between Observation and Theory in Babylonian Astronomical Texts*, JNE 50, No. 2, 1991, s. 107-120.  
 F. Rochberg, *The Heavenly Writing: Divination, Horoscopy, and Astronomy in Mesopotamian Culture*, Cambridge 2004.  
 A. Sołtysiak, *Dobre i złe omina w astromanii mezopotamskiej. Interpretacja ekologiczna*, Nomos 49/50, 2005, s. 125-139.

A. Sołtysiak, *Religie Mezopotamii*, [w:] red. K. Pilarczyk, J. Drabina, Religie starożytnego Bliskiego Wschodu, Kraków 2008, s. 111-176.

J.M. Steele, *Observations and predictions of eclipse times by early astronomers*, Dordrecht 2000.

B.L. van der Waerden, *Babylonian Astronomy. II. The Thirty-Six Stars*, JNE 8, No. 1, 1949, s. 6-26.

*Autor jest adiunktem, pracuje w Zakładzie Archeologii Antycznej w Instytucie Archeologii Uniwersytetu Gdańskiego. Zajmuje się archeologią Egiptu, szczególnie Okresu Północy i Hellenistycznego. Jest również autorem ilustracji muzycznych do niektórych spektakli astronomicznych Toruńskiego Planetarium*

## III Międzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie — warsztaty astronomiczne”

**W**dniach od 14 do 16 maja Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach gościło uczestników tytułuowej konferencji w liczbie ponad 60 osób, w tym dwadzieściooooooooooooo to czynni nauczyciele fizyki i geografii ze szkół ponadpodstawowych, a pozostało to zawodowi astronomowie z ośrodków w Warszawie, Toruniu, Poznaniu, Częstochowie i Krakowie. Byli też goście z Ukrainy, z Obserwatorium Astronomicznego w Odessie, oraz astronomowie ze Słowacji: z Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego w Preszowie oraz z Obserwatoriów Astronomicznych w Humennem i w Roztokach. W obradach i imprezach towarzyszących brali udział także studenci astronomii z Krakowa oraz uczniowie-uczestnicy zajęć astronomicznych w MOA. Obrady toczyły się w Centrum Konferencyjnym na Zamku Królewskim w Niepołomicach, a zajęcia warsztatowe odbywały się w salach Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego.

Otwarcia Konferencji dokonał patronujący jej Roman Ptak, Burmistrz Miasta i Gminy Niepołomice, która to Gmina wraz z Polskim Towarzystwem

Astronomicznym i Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii współfinansowała całe przedsięwzięcie. Po przywitaniu gości przez dyrektora MOA Zbigniewa Główną oraz po wystąpieniach Prezesów PTA i PTMA przystąpiono do obrad, których szczegółowy harmonogram zamieszczamy w załączniku. Ogółem odbyły się 23 wykłady i prezentacje, a jeden referat złożono do protokołu. Ważnym elementem Konferencji były wystąpienia nauczycieli — w liczbie 9, które prezentowały uprawianie astronomii w szkołach — od najprostszych zajęć z użyciem programów komputerowych, przez poszukiwanie planetoid, aż po wyrafinowane projekty spod znaku Eu-Hou. Astronomowie zawodowi, oprócz wykładów przeglądowych i specjalistycznych, przedstawili swoje refleksje na temat szkolnych i uniwersyteckich programów nauczania, a także na temat obecności astronomii w szeroko rozumianej kulturze.

Dwa wieczory poświęcone były zajęciom warsztatowym, prowadzonym dla nauczycieli specjalnie w celu poszerzenia możliwości szkolnych obserwacji astronomicznych. Rzec w tym, że w wielu szkołach są chętni uczniowie, w pracowniach fizycznych stoją lunety

i teleskopy czy chociażby pozostają do dyspozycji lornetki, ale obserwacje prowadzone są rzadko, z różnych powodów. Jednym z nich jest brak wyszkolenia nauczycieli fizyki w zakresie prowadzenia najprostszych spostrzeżeń, czy też wykonywania wraz z uczniami pomiarów astronomicznych. Zachęcanie do samodzielnego obserwowania dnianego czy też nocnego nieba za pomocą niewielkich instrumentów, prowadzenie szkolnych kółek astronomicznych, przygotowywanie uczniów do udziału w olimpiadach czy też konkursach astronomicznych wymaga od nauczyciela umiejętności, których nie sposób nabyć na studiach. Stąd nacisk, jaki kładziemy na kolejnych konferencjach na tę właśnie tematykę — praktyczne zajęcia w szkołach z użyciem przenośnego sprzętu. Sprzymierzeńcem nauczycieli są w obecnej dobie coraz liczniejsze zdalnie sterowane obserwatoria astronomiczne. Dzięki dostępowi via Internet do takich projektów, możliwe jest wykonywanie obserwacji astronomicznych w trakcie szkolnych lekcji fizyki, co było także tematem zajęć warsztatowych. I wreszcie Słońce — wielki nieobecny na szkolnych lekcjach. A przecież pokazanie uczniom wyglądu tarczy Słoń-



Uczestnicy Konferencji na dziedzińcu Zamku Królewskiego. Źródło: [www.moa.edu.pl](http://www.moa.edu.pl)

ca, to najprostsza rzecz — pod tym Słońcem oczywiście. Wystarczy do tego wykorzystać zjawisko camera obscura, albo zwykłą lornetkę z odpowiednio ustawnionym ekranem. Systematyczne wykonywanie spostrzeżeń, notowanie wyników, sporządzanie wykresów czasowych — to wszystko są działania niezwykle pożądane i posiadające walor edukacyjny.

Dopełnieniem Konferencji były dwie wycieczki. Jedna miała charakter czysto rekreacyjny, jej trasa bowiem wiodła do kopalni soli w Bochni, najstarszego polskiego zakładu tego typu. Przyniosła ona uczestnikom wiele wrażeń, wynikających z pobytu na głębokości ponad dwustu metrów pod powierzchnią ziemi, w komorach wypełnionych autentycznymi maszynami i urządzeniami sprzed stuleci. Druga grupa, złożona głównie z nauczycieli, odwiedziła Szkolne Obserwatorium Astronomiczne przy Zespole Szkół Gminnych w Gawłowie. Placówka ta



Zajęcia warsztatowe. Źródło: [www.moa.edu.pl](http://www.moa.edu.pl)

była już opisana na łamach czasopisma „Urania”, dodam tylko, że prowadzi się tam konsekwentne działania edukacyjne oraz popularyzujące astronomię wśród młodzieży i w środowisku lokal-

nym. Uczestnicy wycieczki zostali podjęci ciastem domowego wypieku, po czym wysłuchali informacji na temat powstania i pracy placówki, jaką przedstawiła dyrektorka Zespołu Szkół. Następnie nauczyciel, który na co dzień prowadzi tam zajęcia, oprowadził nas po Obserwatorium. Zajmuje ono całe piętro budynku, składa się z czterech pomieszczeń oraz wieży obserwacyjnej, wyposażonej w dwudziestocentymetrowy teleskop zwierciadlany. Na podporządku jest także komputer-laptop i rzutnik multimedialny, webkamera przystosowana do długich czasów ekspozycji, lustrzanka cyfrowa z łącznikiem do teleskopu, lorneta na statywie typu „żuraw” oraz druga, mniejsza, a także całe mnóstwo wydawnictw, atlasów, mapek nieba i tym podobnych pomocy szkolnych. Niektórzy z nauczycieli z zazdrością oglądali tak bogato wyposażoną placówkę.

Na zakończenie uczestnicy Konferencji wyrazili chęć ponownego przyjazdu do Niepołomic, co też będzie możliwe przy okazji czwartej konferencji, którą planujemy od 20 do 22 maja 2011 r. Zapraszamy do przyjazdu, szczegóły organizacyjne będą podane na stronie [www.moa.edu.pl](http://www.moa.edu.pl).

Lokalny Komitet Organizacyjny w składzie: dr A. Michalec i dr Z. Głowinajeszczek raz dziękują sponsorom i gospodarzom miasta Niepołomice za wsparcie przy organizacji trzeciej Międzynarodowej Konferencji.

Grzegorz Sek

#### Spis wykładów i zajęć warsztatowych w kolejności chronologicznej

piątek 14 maja:

- E. Wnuk — „Satelitarne badania Ziemi”
- B. Czerny — „Ewolucja aktywnych jąder galaktyk”
- I. Andronov — „Structure and evolution of binaries”
- L. Lehman — „Okruchy nieba”
- J. Kreiner — „Astronomia w nowych programach szkolnych”
- M. Mikołajewski — „Pogrzeb Mikołaja Kopernika”
- L. Lehman — „EAAE — Europejskie Stowarzyszenie na rzecz Edukacji Astronomii”
- D. Latos — „Astronomia outdoorowa”
- L. Gut — „Międzynarodowa kampania poszukiwania planetoid”
- G. Sek — Warsztaty obserwacyjne

sobota 15 maja:

- H. Brancewicz — „OMSA od kuchni”
- I. Kudzej — „Egzoplanety”
- D. Kozięć — „Pierwiastki we Wszechświecie”
- Z. Golda — „Program nauczania astronomii w UJ”
- L. Gładyszewski — „Astronomia w szkole”
- R. Bury — „Projekty astronomiczne w szkole”
- N. Virnina — „Methodology of discovery and classification of New Variable Stars”
- M. Mikołajewski — „Astronomia w kulturze”
- W. Polesiuk — „Proste pomiary astronomiczne — pod sztucznym niebem”
- L. Lehman — „Odyseja kosmiczna 1609”
- N. Britavsky — „Chemical composition of semi-regular variable stars”
- B. Wszolek — „Astronomia w Częstochowie”
- R. Kolivoskova — „Planetarium w Presovie”
- M. Kołodziej — „Obserwacje fotometryczne EX Hydrae i projekt FT”
- G. Sek — „Piknik pod Gwiazdami jako aktywizująca forma nauczania astronomii” — złożono do protokołu
- G. Sek — Warsztaty obserwacyjne

## Finał VII Konkursu Astronomicznego URANIA\* w Częstochowie

**W**dniu 8 czerwca 2010 r. odbył się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał VII międzypowiatowego konkursu astronomicznego „URANIA” dla młodzieży z gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych. Konkurs został zorganizowany przez Częstochowski Oddział PTMA we współpracy z Instytutem Fizyki AJD. Etap wstępny, decydujący o kwalifikacji do finału, polegał na poprawnym rozwiązaniu przynajmniej dwóch spośród pięciu zadań ogłoszonych pod koniec zeszłego roku. Jedno z nich polegało na wykonaniu pracy plastycznej o treściach astronomicznych. Wielu uczniów wołało wykonać ambitną i bardzo czasochłonną pracę plastyczną niż rozwiązać proste zadanie. W roz-

Szczegóły dotyczące konkursu podano na stronie [www.ptma.ajd.czest.pl](http://www.ptma.ajd.czest.pl)

grywkach finałowych uczniowie mieli odpowiedzieć na 30 pytań (test wyboru). O ostatecznym zwycięstwie decydowała suma osiągnięć w etapie wstępny i finałowym. Spośród 45 finalistów najlepiej wypadli:

w grupie ponadgimnazjalnej: I miejsce — Dominik Krzemiński (ZS CKN

w Częstochowie), II miejsce — Aleksandra Żurawska (TZN w Częstochowie), III miejsce — Oliwier Roszak (ZS w Truskolasach), IV miejsce — Stanisław Skiba (ZS w Złotym Potoku), V miejsce — Artur Paruzel (ZST JPII w Częstochowie);

w grupie gimnazjalnej: I miejsce — Jakub Gania (Gimn. Nr 2 w Lublinie), II miejsce — Jakub Góralski (Gimn. JPII w Wieruszowie), III miejsce — Aleksandra Kwiecińska (Gimn. JPII w Wieruszowie).

Uczestnikom konkursu wręczone dyplomy i nagrody ufundowane przez PTMA (dotacja celowa z UM w Częstochowie) i PTA (zeszyty „Uraniia-PA”). Na zakończenie uczniowie i ich opiekunowie obejrzeli w planetarium pokazy: „Lodowe krainy” i „Cuda Wszechświata”.

Bogdan Wszolek



Zwycięzcy w VII konkursie astronomicznym URANIA. Od lewej: Jakub Góralski, Dominik Krzemiński, Aleksandra Kwiecińska, Aleksandra Żurawska, Jakub Gania i Oliwier Roszak. Fot. K. Błaszczyk

## Toruński Zlot Miłośników Astronomii 2010

**Z**łoty miłośników astronomii zorganizowano już w kilku miastach Polski, jednak żaden z nich nie odbył się w tak wyjątkowym dla astronomii miejscu — rodzinnym mieście naszego największego astronoma — Mikołaja Kopernika. To tutaj urodził się i dorastał, a także po raz pierwszy spojrzał w niebo.

Pasjonaci związani z Internetowym Portalem Astronomicznym AstroVision.pl wyszli z inicjatywą zorganizowania Toruńskiego Zlotu Miłośników Astronomii. Poszukiwania optymalnego miejsca na tego typu imprezę nie trwały długo. Szkoła Leśna na Barbarce jest uroczym zakątkiem Torunia o bogatej historii i ciekawych walorach przyrodniczych. Międzynarodowa akcja „100 godzin astronomii” podczas Roku Astronomii stanowiła astronomiczny debiut tego miejsca, ważnego przystanku na planowanej astronomicznej ścieżce turystycznej prowadzącej z toruńskie-

go planetarium aż do Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach. Ośrodek posiada dużą bazę noclegową, sale konferencyjne, dużą polanę (w miarę niski horyzont), a okoliczne lasy dobrze izolują to miejsce od światła miasta. Paradoksalnie nad Barbarką miłośnicy znajdą lepsze niebo niż w samym Centrum Astronomii w Piwnicach.

Toruński Zlot Miłośników astronomii odbył się w dniach 13–15 sierpnia 2010 r., a więc tuż po maksimum Perseidów. Zabawa była przednia, a czas wypełniony po brzegi atrakcjami. Mimo że zlot trwał ponad 2 dni, to minął w mgnieniu oka.

Zlot rozpoczął się zgodnie z planem w piątek 13 sierpnia. Już po godzinie 12.00 pojawiły się pierwsi uczestnicy. Organizatorzy, od rana zabiegani, dopinali wszystko na ostatni guzik, a prace przerywały tylko telefony od prasy i mediów. Zwiezienie całego sprzętu i przeniesienie go było nie lada wyczynem.

O godzinie 18.30 zaczęło się! Uczestnicy zasiedli w sali konferencyjnej i obejrzeli film otwierający TZMA2010. Nastąpiło przywanie wszystkich gości i oficjalne otwarcie Zlotu.

Wykład inauguracyjny poprowadził Pan Andrzej Niedzielski (CA UMK) na przewrotny temat „Ile jest planet we Wszechświecie?”. Zaraz po nim „scenę” przejął Pan Marcin Gawroński (CA UMK), który opowiedział zlotowiczom o „Projekcie OCRA”. Jak to zwykle bywa, plany się zmieniają. Trzeci wykład został przeniesiony na kolejny wieczór, ale o tym później. Uczestnicy udali się na kolację.

Po godzinie 22.00 wszyscy ruszyli na polanę. Zabrali cały sprzęt obserwacyjny oraz aparaty. Obserwacje czas zacząć! Jeszcze o godzinie 20.00 w trakcie wykładów niebo było zachmurzone. Jednak tuż przed zakończeniem chmury rozeszły się, jak ręka odjął! Piękne, rozgwieździone niebo stanęło dla nas

otworem. Najbardziej wytrwali obserwowali do godziny 3.00.

Kolejnego dnia od rana czekały na wszystkich atrakcje. 14 sierpnia, sobota. Nie zapowiadało się ciekawie. Pochmurne niebo i burza trochę nas zasmuciły, do tego spóźnione śniadanie przyjechało o 8.30, ale za to jakie smaczne! I stało się! Promienie słońca ponownie wygrały! Po śniadaniu wszyscy udali się do czekającego już autokaru i pojechali do Centrum Astronomii UMK, czyli Obserwatorium w Piwnicach. Gdy tylko największy w Polsce radioteleskop ukazał się na horyzoncie, można było dostrzec zafascynowanie wśród uczestników.

Złotowicze udali się do sali konferencyjnej, gdzie przywitał ich Pan Krzysztof Gęsicki (CA UMK), który poprowadził wykład o „Zmienności gwiazdnych olbrzymów”. Tuż po nim wykład „Na drugim krańcu świata, na drugim krańcu widma obserwatorium HESS” Pana Krzysztofa Katarzyńskiego (CA UMK). Chwila przerwy i wykład Pani Grażyny Gawrońskiej „Aktywność słoneczna na falach radiowych”.

Zakończyła się I tura sobotnich wykładów. Czas na najciekawszą część, szczególnie dla młodszych uczestników Zlotu. Wycieczka po obserwatorium. Przed zwiedzaniem pamiątkowe zdjęcie na tle radioteleskopu. Szybki podział na dwie grupy i zwiedzanie. Połowa osób udała się do części radiowej, a druga do części optycznej. Później zamiana. Wycieczka się przedłużała, czego można było się spodziewać.

Powrót do sali konferencyjnej i II tura wykładów. Pan Andrzej Woszczyk opowiedział o „Roli i znaczeniu miłośników astronomii we wspólnocznym nurcie badań astronomicznych”. Pan Tomasz Kamiński (CAMK PAN) krótko poprowadził wykład nt. „Gwiazda V838 Monocerotis: zagadkowy kataklizm i echo świetlne”. Na zakończenie wykładów złotowych Pani Milena Ratajczak, Pan Piotr Sybilski i Pan Krzysztof Hełminiak (CAMK PAN) przygotowali prezentację „Zrobotyzowane obserwacje nieba — teraźniejszość i przyszłość”.

O godzinie 17.00 powrót na Barbarkę i ognisko. W czasie zabawy przy ognisku trwały przygotowania do publicznej imprezy dla torunian. Wystawiono cały sprzęt obserwacyjny, a sklep AstroZakupy.pl prezentował swoją ofertę. Ze względu na jeszcze dość długie dni „Pokazy nieba w Toruniu” rozpoczęły się o godzinie 20.00. Mieszkańcy Torunia i okolic tłumnie zebraли się na polanie Osady Leśnej na Barbarce. Pierwszy otwarty wykład dla mieszkańców poprowadził Pan Marcin Kaczmarzyk (PTM). Opowiedział o „Meteorytach — ich rodzajach i rozpoznawaniu”. Wykład cieszył się wielkim zainteresowaniem. Pan Marcin zaprezentował także swoją bogatą kolekcję meteorytów.



Uczestnicy konkursu wiedzy astronomicznej. Fot. J. Suchocki

Gdy w końcu się ściemniło, rozpoczęła się wędrówka po niebie. Koordynator Damian Puchalski poprowadził dosłowną wycieczkę po niebie, a złotowicze odpowiadali na pytania zgromadzonych i prezentowali niebo przez teleskopy. W czasie imprezy odbył się konkurs wiedzy o astronomii dla uczestników Zlotu. Najbardziej wytrwali miłośnicy nieba zostali z nami do północy.

Ostatni dzień Zlotu, 15 sierpnia, także wypełniony atrakcjami. Po śniadaniu uczestnicy pojechali autokarem do centrum Torunia. Tam udaliśmy się do Domu Kopernika, by zobaczyć, jak żył i pracował Wielki Astronom. Po zwiedzaniu uczestnicy mieli czas wolny, a o 14.30 spotkaliśmy się wszyscy pod pomnikiem Mikołaja Kopernika i zrobiliśmy pamiątkowe zdjęcie. Następnie przejście do Toruńskiego Planetarium, gdzie zobaczyliśmy seans „Wehikuł czasu”. Po seansie uczestnicy przenieśli się do świata nauki w Orbitarium. Gdy skończyli zwiedzanie, nadszedł czas na oficjalne zakończenie Toruńskiego Zlotu Miłośników Astronomii. W doskonałej kosmicznej scenerii nasz Zlot dobiegł końca. Nagrodziliśmy uczestników konkursu, którym serdecznie gratulujemy.

Mamy nadzieję, że za rok ponownie się spotkamy, w jeszcze większym grupie, z jeszcze ciekawszym programem.

Organizatorem TZMA był portal astronomiczny AstroVisioN.pl. W inicjatywie jako partnerzy/sponsorzy uczestniczyli: Szkoła Leśna na Barbarce, Toruńskie Planetarium oraz Centrum Astronomii UMK Toruń w Piwnicach, Muzeum Okręgowe w Toruniu oraz grupa „Pokazy nieba w Toruniu”.

Jarosław Suchocki



Nocne pokazy nieba. Przy mikrofonie Marcin Gładkowski. Fot. J. Suchocki

# Do czego komputer nigdy się nie przyda?\*

Czym jest programowanie? Zapewne ilu programistów, tyle opinii. Na potrzeby tego artykułu przyjmijmy taką definicję: programowanie to sztuka formalnego (w ścisłe określonym języku) zapisu sposobu postępowania (algorytmu) w celu rozwiązywania określonego problemu dla konkretnych danych. A więc programista tworzy *przepis*, który żmudnie wykonywany na krzemowych bramkach procesora pozwala komputerowi odpowiadać na różnorodne pytania. Chcemy szybko obliczyć  $n$ -tą liczbę Fibonacciego? Powiedzmy komputerowi, jak ma to robić, tzn. napiszmy odpowiedni program. Wówczas możemy bez trudu wyznaczyć, na przykład, setny wyraz tego ciągu. Oczywiście, od wyboru algorytmu, a więc od naszej inwencji, zależy, jak długo takie obliczenie będzie trwać. Jednak nie to zagadnienie zamierzamy w tym artykule rozważać. Chcemy pokazać coś dużo bardziej zaskakującego. Otóż istnieją problemy, dla których nie istnieje żadna metoda postępowania! To znaczy, że nie da się napisać programu, który by je rozwiązywał. Zaznaczmy to wyraźnie: to nie tak, że jeszcze nikt nie wypadł na pomysł, jak taki problem rozwiązać. Po prostu można w ścisły sposób udowodnić, że nigdy nikomu się to nie uda. Problemy tego typu nazywamy nierostrzygalnymi. Kilka z nich spróbujemy w tym artykule naszkicować.

Pierwszym przykładem jest tak zwany problem Posta. Ustalmy jakiś alfabet, dla uproszczenia niech będą to dwie litery  $a$  i  $b$ . Nasze zadanie określmy następująco: dla danych  $n$  par słów nad tym alfabetem, tj. dla wejścia

$$(u_1, w_1), \dots, (u_n, w_n),$$

chcemy sprawdzić, czy istnieje taki skończony ciąg indeksów  $i_1, i_2, \dots, i_k \in \{1, \dots, n\}$ , że

$$u_{i_1}, u_{i_2} \dots u_{i_k} = w_{i_1} w_{i_2} \dots w_{i_k}.$$

Na przykład, dla danych  $(u_1 = aa, w_1 = aaa), (u_2 = aba, w_2 = b), (u_3 = ababa, w_3 = aaaaab)$  odpowiedź brzmi tak, a opisaną własność realizuje ciąg  $(1, 2, 1)$ , ponieważ  $u_1 u_2 u_1 = aa aba aa = aaa b aaa = w_1 w_2 w_1$ .

Okazuje się, że problem Posta, choć dość łatwo go sformułować, jest nierostrzygalny. Jest on istotny także z jeszcze innego powodu. Otóż często wykorzystuje się go do tego, żeby udowodnić, że inne problemy są nierostrzygalne. Jest więc trochę „ważniejszym” przykładem niż inne, stąd pokazujemy go na początku.

Mowa tu o tak zwanym sprowadzeniu badanego problemu do jakiegoś innego problemu nierostrzygalnego. Tzn. aby udowodnić, że problem  $P$  jest nierostrzygalny, możemy zastosować następujące rozumowanie nie wprost. Założmy, że  $P$  jest rozstrzygalny. Wówczas pokazujemy pewną ustaloną konstrukcję, która przekształca dane wejściowe problemu Posta na dane wejściowe problemu  $P$  w taki sposób, aby na podstawie wyniku działania  $P$  można było odczytać rozwiązanie problemu Posta (dla tych konkretnych danych). To już oznacza sprzeczność, bo tym samym pokazaliśmy

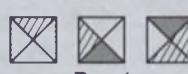
program, który (uruchamiając program rozwiązuający  $P$ ) potrafi rozstrzygać własność Posta. Ta sprzeczność dowodzi nierostrzygalności  $P$ .

Podobny status mają niektóre problemy NP-zupełne, np. problem spełnialności formuł logicznych (SAT).

We współczesnej informatyce teoretycznej badanie problemów nierostrzygalnych (a raczej rozstrzyganie, które problemy są, a które nie są rozstrzygalne) ma niebagatelne znaczenie. Wachlarz znanych zagadnień nierostrzygalnych jest przez to bardzo szeroki. Są to zadania często głęboko teoretyczne i trudne do przejrystego, nawet powierzchownego omówienia. My jednak spróbujemy przedstawić kilka bardzo prostych do opisania problemów, które okazują się nierostrzygalne. (Pierwsze dwa zostały zaczerpnięte z prac Davida Harela, wybitnego informatyka izraelskiego). Przykłady są zróżnicowane, aby Czytelnik wyrobił sobie jakąś intuicję, co może być niemożliwe, a co — tylko trudne.

## Problem 1. Klocki

Na wejściu otrzymujemy skończoną liczbę rodzajów kwadratowych klocków, które mają pokolorowane ćwiartki (jak na rys. 1) — klocków każdego rodzaju jest w zestawie nieskończonie wiele. Chcielibyśmy móc odpowiadać na pytanie, czy mając tylko takie klocki, można nimi pokryć całą płaszczyznę (rys. 2). Przy tym dwa klocki wolno postawić obok siebie, gdy stykają się ćwiartkami w tym samym kolorze. W ogólności komputer nam w tym nie pomoże, bo to problem nierostrzygalny...



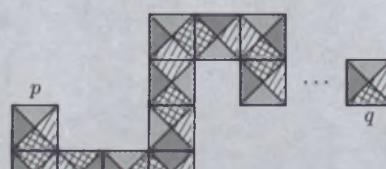
Rys. 1



Rys. 2

## Problem 2. Wąż z klocków na półpłaszczyźnie

Wejście tego problemu jest takie samo jak poprzednio. Powiedzmy, że dla rodzajów klocków określonych w wejściu i wskazanych dwóch punktów na kratowanej płaszczyźnie chcielibyśmy sprawdzić, czy istnieje wąż z klocków łączący te punkty (rys. 3). Tak opisany problem jest rozstrzygalny. Jednak jeśli nieco zmienimy zasady, tzn. zażądamy, by węże mieściły się w całości w górnej półpłaszczyźnie — nasz problem stanie się nierostrzygalny.



Rys. 3

\* Artykuł został pierwotnie napisany dla „Delt” i opublikowany w „Deltie” nr 9(424) 2009. Komputer stał się drugim obok teleskopu podstawowym narzędziem pracy astronomów, warto więc znać jego ograniczenia.

### Problem 3. Uniwersalne programy do debugowania

Nierozstrzygalne są wszelkie problemy, które miałyby weryfikować odpowiednio nietrywialne własności programów podanych na wejściu. Nierozstrzygalny jest np. problem sprawdzania, czy dany program nie ma wycieków pamięci, czy zawsze się kończy, czy daje poprawny wynik (w jakimś określonym sensie) itp. Na dużym poziomie ogólności można o tym myśleć tak, iż nie istnieją (i nie mogą istnieć) żadne uniwersalne programy do automatycznego *debugowania*, czyli usuwania błędów z innych programów.

### Problem 4. Dziesiąty problem Hilberta

Nie jest możliwe napisanie programu, który stwierdzałby, czy zadane równanie diofantyczne ma choć jedno rozwiązanie, czy nie.

Równanie diofantyczne to równanie wielomianowe, którego rozwiązania szukamy w zbiorze liczb całkowitych. Najczęściej rozważa się równania diofantyczne z kilkoma niewiadomymi. Przykłady:  $x^5 + y^5 = z^5$ ,  $x^2 - 3y^2 = 1$ .

Problem ten postawiony został na przełomie XIX i XX w. przez Hilberta. Oczekiwania były raczej pozytywne. Niestety, marzenia prysły za sprawą Jurija Matijasiewicza, który w latach 70. XX w. jako pierwszy wykazał nierozstrzygalność tego problemu. Uwaga: dla części wejść oczywiste można ten problem rozwiązać. Być może nawet da się napisać program, który zadziała na pewnym ograniczonym podzbiorze danych, chociażby na równaniach liniowych. Nierozstrzygalność oznacza tyle, że nie da się napisać programu zawsze poprawnego, działającego dla każdych możliwych danych. Tu: rozwiązuje go każde możliwe równanie diofantyczne lub choćby stwierdzającego, czy jego rozwiązanie istnieje.

### Problem 5. Automatyczne rozstrzyganie hipotez

Nierozstrzygalny jest problem, czy podana na wejściu hipoteza matematyczna jest prawdziwa czy fałszywa. Tzn. jakąś hipotezę formułujemy ściśle i czekamy na weryfikację. Zwrot *ściśle* oznacza tutaj — w języku jakiejś odpowiednio silnej logiki (nieformalnie: chcielibyśmy, aby hipoteza była wyrażona w dostatecznie bogatym języku matematycznym, np. przy użyciu takich pojęć, jak „dla każdego” czy „istnieje”).

Okazuje się, że pewne wąskie podproblemy tego zagadnienia są rozstrzygalne. Na przykład, Mojżesz Presburger udowodnił, iż hipotezy z dziedziny arytmetyki, ale te nie używające mnożenia (a więc samo dodawanie), które da się wyrazić w tzw. języku logiki pierwszego rzędu, można weryfikować automatycznie za pomocą komputera.

### Problem 6. Problem stopu

Nierozstrzygalne jest pytanie, czy dany program dla konkretnych danych wejściowych pętli się czy nie. W języku programisty powiedzielibyśmy, że nie da się napisać programu *super-program.c*, który — dostawszyszy na wejściu jakiś inny program do-testowania.c oraz dane wejściowe

*dane.in* — stwierdzałby (w skończonym czasie), czy dla danych *dane.in* program do-testowania.c kończy się czy nie. Podamy pełny dowód tego twierdzenia.

*Dowód.* Założymy nie wprost, że taki program jednak udało nam się napisać. Tzn. mamy funkcję

```
bool stop(program, dane),
która zawsze działa w skończonym czasie i zwraca prawdę wtedy i tylko wtedy, gdy podany program dla wejścia dane się zatrzymuje. Napiszmy teraz inną funkcję:
```

```
bool fun(program)
if stop(program, program) then
    while true do sleep();
else
    return true;
```

Zauważmy, że w powyższej funkcji jako drugi parametr funkcji *stop*, a zatem jako dane wejściowe, podany jest sam *program*!

Zastanówmy się, jaki jest wynik działania *fun(fun)*. Każdy program dla określonych danych albo się pętli, albo nie — rozważmy więc dwa przypadki. Najpierw założymy, że wykonanie *fun(fun)* się zatrzymuje. Wówczas, na mocy określenia problemu stopu, *stop(fun, fun)* zwraca *true*. Jednak wtedy analiza kodu funkcji *fun* pokazuje, że *fun(fun)* pętli się, gdyż warunek po *if* jest prawdziwy. Uzyskaliśmy sprzeczność, co oznacza, że *fun(fun)* musi się pętlić. To jednak (znów patrzymy na instrukcję *if* w funkcji *fun*) implikuje, że *stop(fun, fun)* zwraca prawdę, a to, z definicji funkcji *stop*, oznacza dokładnie tyle, że *fun(fun)* się zatrzymuje.

W każdym przypadku uzyskaliśmy zatem sprzeczność, więc teza została udowodniona. □

Autor ma świadomość, że ten artykuł w dużej mierze jest tylko namiastką, prezentacją ledwie kilku przykładów, i ma stanowić raczej zachętą do dalszych poszukiwań. Przy okazji ma jednak nadzieję, że udało się, choćby mgliście, dać ogląd, czym się — między innymi — zajmuje współczesna informatyka teoretyczna. Samą tematykę problemów nierozstrzygalnych można oczywiście rozwijać dalej. Ciekawy, być może wart oddzielnego przedstawienia, wydaje się temat hierarchii problemów nierozstrzygalnych. Mówimy tu o takiej hierarchii, w której problemy nierozwiązywalne (tzn. nierozstrzygalne) dzielimy na mniej i bardziej beznadziejne przypadki. Porządek jest tu taki, że problem  $P_1$  jest *trudniejszy* od  $P_2$ , jeśli założenie o tym, że  $P_1$  byłby rozstrzygalny, pozwoliłoby hipotetycznie rozstrzygać  $P_2$ , a odwrotnie — już nie. Pewnie można by tu mieć wątpliwości, po co w ogóle porównywać problemy, które i tak są niemożliwe do rozwiązania. Z pewnością jest tu jakiś element sztuki dla sztuki (jak w każdej bardzo teoretycznej dyscyplinie nauki), jednak tego typu zagadnienia nie są wyłącznie domeną smakoszy.

Rezultaty z dziedziny nierozstrzygalności to tak zwane twierdzenia o niemożności — zjawisko fascynujące samo w sobie! To znaczy udaje nam się dowieść, że czegoś nie da się rozwiązać. Wskutek tego musimy mieć świadomość, że istnieją problemy, na które nie pomogą ani nasze szkiełka, ani nasze oczy, ani nawet tona krzemiu zaprogramowana przez najlepszych algorytmików.

Tomasz Kazana

## Tajemnica narodzin Drogi Mlecznej

Ogromny obłok gazu, z którego uformowała się nasza Droga Mleczna, musiał wyewoluować z początkowo gładkiej struktury w zagęszczony obiekt w niespełna kilkaset milionów lat. Scenariusz ten jest wynikiem badań grupy astronomów z Argelander Institute for Astronomy przy Uniwersytecie w Bonn (Niemcy) oraz Max Planck Institute for Radio Astronomy w Bonn.

Przedmiotem badań grupy, której przewodniczył Pavel Kroupa z Argelander Institute for Astronomy, były gromady kuliste gwiazd. Te sferyczne zgrupowania setek tysięcy gwiazd znajdują się w tzw. galaktycznym halo, czyli wewnętrznych obszarach Drogi Mlecznej, daleko poza dobrze znany ramionami spiralnymi, w jednym z nich znajduje się nasze Słońce. Uważa się, że gromady kuliste powstawały w tym samym czasie co protogalaktyka, która ewoluowała następnie w znaną nam obecnie Drogię Mleczną. Gromady kuliste można zatem uważać za swego rodzaju kosmiczne skamieniałości, gdyż, jak się okazuje, niosą one informacje o najwcześniejszej historii Galaktyki.

Gwiazdy w gromadach powstawały z chłodnych obłoków molekularnych. Niewykorzystana część gazu była wyrzucana z gromad przez promieniowanie i wiatry nowo powstałych gwiazd. W wyniku odrzucenia pewnej masy gazu gromady kuliste rozszerzały się, tracąc tym samym część gwiazd znajdujących się w ich zewnętrznych regionach. „Oznacza to, że obecny wygląd gromad jest bezpośrednim przejawem wydarzeń ze wczesnych etapów ich istnienia” — wyjaśnia Michael Marks z Argelander Insti-

tute for Astronomy przy Uniwersytecie w Bonn.

Powstająca Droga Mleczna także kształtała gromady, a uczeni z Bonn obliczyli, w jaki sposób to się działo. Ich wyniki pokazują, że oddziaływanie grawitacyjne, jakie protogalaktyka wywierała na gromady, niszczyły się wraz ze wzrastającą metalicznością gwiazd w gromadach. Warto tutaj przypomnieć, że w astronomii metalami nazywamy pierwiastki cięższe od helu.

„Ilość żelaza w gwiazdzie jest wyznaczniem jej wieku. Im młodsza gromada gwiazd, tym więcej metali ona zawiera” — mówi Marks. Tymczasem wszystkie gromady kuliste mają podobny wiek i żeby wyjaśnić różnice w siłach wywieranych na poszczególne gromady przez protogalaktykę, trzeba założyć, że struktura Galaktyki szybko uległa zmianie. Gwałtowny przebieg tej fazy ewolucji Drogi Mlecznej może wyłumaczyć znaczący wzrost siły oddziaływań na gromady w tak krótkim czasie. Gromady kuliste powstawały z tej samej materii, co sama protogalaktyka, nieco młodsze z nich zostały wcześniej wzbogacone w metale przez szybko ewoluujące gwiazdy ze starszych gromad.

„W ten oto elegancki sposób możemy połączyć zarówno wyniki obserwacji, jak i przewidywania teoretyczne, oraz zrozumieć, dlaczego powstałe nieco później, bogatsze w ciężkie pierwiastki gromady kuliste doświadczyły silniejszych oddziaływań grawitacyjnych” — mówi Kroupa. Powoli wyjaśnia się zatem zagadka dotycząca najwcześniej chwil istnienia naszej Drogi Mlecznej.

*Andrzej Gibiec*

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)

## Czy słynne komety to dzieci innych słońc?

Słynne obiekty, takie jak choćby kometa Halleya, kometa Hale'a-Boppa, a także obserwowana ostatnio kometa McNaught, mogły tak na prawdę narodzić się wokół innych gwiazd. Hipotezę taką wysunęła ostatnio międzynarodowa grupa badawcza działająca pod kierunkiem astronoma Hala Levisona z Southwest Research Institute (SwRI) w Boulder, Colorado (USA).

Hal Levison z SwRI, Martin Duncan z Queen's University w Kingston (Canada), Ramon Brasser z Observatoire de la Côte d'Azur we Francji oraz David Kaufmann z SwRI wykonali ostatnio symulacje komputerowe, które wskazują



Kometą McNaught na czerwonym niebie.  
Źródło: Paolo Candy

na pozasłoneczne pochodzenie wielu komet Układu Słonecznego.

Uważa się, że Słońce wraz z setkami innych gwiazd z jego sąsiedztwa powstało kiedyś z gęstej chmury gazu. Każda z rodzących się gwiazd posiadała własne, małe, lodowe ciała, przy czym większość z nich została w początkowym okresie wyrzucona poza układ przez powstające protoplanety (głównie gazowe olbrzymy), stając się chmarą swobodnie poruszających się członków gromady.

Gromada, w której narodziło się Słońce, przeszła jednakże burzliwy okres, kiedy to najmłodsze i najmasywniejsze gwiazdy odrzuciły w przestrzeń otaczającą je gaz. Wtedy to właśnie, jak przypuszczają uczeni, Słońce przechwyciło wiele spośród istniejących komet.

„Proces przechwytu pozasłonecznych komet okazuje się być bardzo efektywny, co prowadzi do ekscytującej możliwości, iż chmura komet w Układzie Słonecznym to istna próbka materiału z wiele innych gwiazd powstałych nigdy wraz z naszym Słońcem” — mówi Martin Duncan.

Scenariusz zarysowany przez grupę Levisona wiąże się z istnieniem tzw. Obłoku Oorta — sferycznej chmury kometarnej, otaczającej Słońce i rozciągającej się aż do połowy odległości do najbliższej gwiazdy. Do tej pory dość powszechnie uważało się, że chmura ta powstała ze słonecznego dysku protoplanetarnego. Niemniej jednak symulacje pokazywały, że Obłok Oorta pochodzenia czysto słonecznego powinien być bardziej anemiczny niż faktycznie obserwujemy. Stąd pojawiła się potrzeba znalezienia dodatkowego źródła komet. Wyniki badań grupy Levisona wskazują, że aż około 90% komet z Obłoku Oorta pochodzi z innych układów słonecznych.

„Powstanie Obłoku Oorta pozostawało zagadką przez ostatnie 60 lat, a nasza praca prawdopodobnie przyniesie wreszcie jej rozwiązanie” — dodaje członek grupy Ramon Brasser.

*Andrzej Gibiec*

Źródło: [www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)



Obraz gromady kulistej M80 (NGC 6093) wykonany kosmicznym teleskopem Hubble'a. M80 zawiera setki tysięcy gwiazd i jest jedną z 147 gromad kulistych związanych z naszą Galaktyką. Źródło: The Hubble Heritage Team/AURA/STScI/NASA

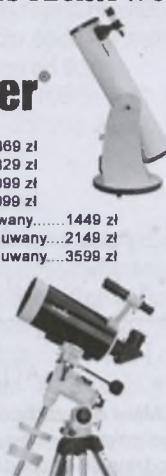


EPU H Astrokrak ul. Mogilecka 51 31-545 Kraków  
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - www.astrokrak.pl  
tel. (+48) 413 55 26 sklep czynny pon - pi 9 - 17 sob 10 - 14

**DOŁĄCZ DO GRONA ODKRYWCÓW. Już siódma supernowa została odkryta naszym teleskopem!**

## Sky-Watcher

Synta Sky-Watcher DOB 6"	869 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8"	1329 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10"	1999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12"	2999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8" rozsuwany	1449 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10" rozsuwany	2149 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12" rozsuwany	3599 zł
Synta BKPM085 EQ2	768 zł
Synta SK1309 EQ2	599 zł
Synta BKPM1507EQ3-2	1249 zł
Synta BKPM2001EQ5	2198 zł
Synta 909AZ3	599 zł
Synta 809	399 zł
Synta 1021EQ3-2	1648 zł
Synta 1206EQ3-2	1949 zł
Synta BKMAK102	749 zł
Synta BKMAK127	1299 zł
Synta BKMAK150	2549 zł
Synta MAK180	3599 zł



## GSO

Crayford 2" do Newtona CRF001	349 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF086	549 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF230	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-SCT001	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-MLP230	459 zł
Tuba optyczna GSO MT-800	1999 zł
Tuba optyczna GSO MT-1000	1999 zł
NLA001 Newtonian Kolimator 1.25"	199 zł



Lornetka Nikon Action VII 8x40	240 zł
Lornetka Nikon Action VII 7x50	290 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	305 zł
Lornetka Nikon Action VII 12x50	340 zł
Lornetka Nikon Action VII 16x50	390 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x35	460 zł
Lornetka Nikon Action EX 8x40	500 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x50	535 zł
Lornetka Nikon Action EX 10x50	565 zł
Lornetka Nikon Action EX 12x50	630 zł
Lornetka Nikon Action EX 16x50	680 zł



## MEADE

Meade LightBridge 8" Pyrex De Lux.	2295 zł
Meade LightBridge 10" Pyrex De Lux.	2995 zł
Meade LightBridge 12" Pyrex De Lux.	3895 zł
Meade LightBridge 16" Pyrex De Lux.	9899 zł
Meade LX200 ACF 8"	15999 zł
Meade LX200ACF 10"	18999 zł
Meade LX200ACF 12"	26999 zł
Meade LX200ACF 14"	39999 zł
Meade LX200ACF 16"	84999 zł
Meade" SN LXD-75 6"	4999 zł
Meade" SN LXD-75 8"	6299 zł
Meade" SN LXD-75 10"	8899 zł
Meade ETX 80 AT	1298 zł
Meade ETX 90 PE	2799 zł
Meade ETX 125 PE	4199 zł



## LUMICON



Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 1,25"	375 zł
Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 2"	730 zł

Niniejszy cennik nie stanowi oferty w myśl przepisów prawa handlowego



## Filtry Baader

Semi APO	1,25"....279 zł
Semi APO	2".....409 zł
Solar Continuum1,25"	209 zł
Solar Continuum 2"	339 zł
UV / IR cut	1,25"....165 zł
UV / IR cut	2".....249 zł
UHC-S	1,25"....189 zł
UHC-S	2".....379 zł
O-III	1,25"....255 zł
O-III	2".....419 zł
Neodymium Moon&Skyglow 1,25"	155 zł
Neodymium Moon&Skyglow 2"	289 zł
Filtr słoneczny folia	10 zł / dm <sup>2</sup>



## Wyciągi Baader

Wyciąg 2" Crayford NT	829 zł
Wyciąg 2" Crayford RT	909 zł
Wyciąg 2" Crayford SCT	809 zł
Wyciąg 3" Crayford RT	1139 zł
Korektor komety 2"	469 zł



## SKY PUBLISHING

Okular W-O SWAN 9 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 15 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 20 mm 1,25"	309 zł
Okular W-O SWAN 25 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 33 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 40 mm 2"	459 zł



## COR NADO

Teleskop słoneczny "Coronado" SolarMax 40/10	9999 zł
Teleskop słoneczny "Coronado" PST	2999 zł



## Vixen



## Okulary NPL

Plissia "Vixen" NPL 8mm	....109 zł
Plissia "Vixen" NPL 10mm	....109 zł
Plissia "Vixen" NPL 15mm	....115 zł
Plissia "Vixen" NPL 20mm	....135 zł
Plissia "Vixen" NPL 25mm	....115 zł
Plissia "Vixen" NPL 30mm	....165 zł
Plissia "Vixen" NPL 40mm	....165 zł



## Okulary NLV

Lantanowy NLV 2,5mm	....519 zł
Lantanowy NLV 4mm	....488 zł
Lantanowy NLV 5mm	....449 zł
Lantanowy NLV 6mm	....429 zł
Lantanowy NLV 9mm	....449 zł
Lantanowy NLV 10mm	....429 zł
Lantanowy NLV 12mm	....449 zł
Lantanowy NLV 15mm	....449 zł
Lantanowy NLV 20mm	....519 zł
Lantanowy NLV 25mm	....519 zł



## Okulary LVW

Lantanowy LVW 3,5mm	....879 zł
Lantanowy LVW 5mm	....879 zł
Lantanowy LVW 8mm	....819 zł
Lantanowy LVW 13mm	....849 zł
Lantanowy LVW 17mm	....879 zł
Lantanowy LVW 22mm	....879 zł
Lantanowy LVW 42mm	....1289 zł

## Listopad

### Słońce

Dni są coraz krótsze, co widać po momentach wschodu i zachodu Słońca w Warszawie. Dnia 1 listopada Słońce wschodzi o 5<sup>h</sup>31<sup>m</sup>, zachodzi o 15<sup>h</sup>07<sup>m</sup>, a 30 listopada wschodzi o 6<sup>h</sup>21<sup>m</sup>, zachodzi o 14<sup>h</sup>28<sup>m</sup>.

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
XI 1	24,52	4,40	339,21
3	24,17	4,20	312,83
5	23,79	3,99	286,46
7	23,39	3,78	260,09
9	22,94	3,56	233,73
11	22,47	3,33	207,36
13	21,97	3,11	180,99
15	21,44	2,87	154,62
17	20,88	2,64	128,26
19	20,29	2,40	101,89
21	19,67	2,16	75,53
23	19,02	1,91	49,17
25	18,34	1,67	22,80
27	17,64	1,42	356,44
XI 29	16,91	1,16	330,08
XII 1	16,15	0,91	303,73

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

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

26<sup>d</sup>17<sup>h</sup>31<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

### Księżyc

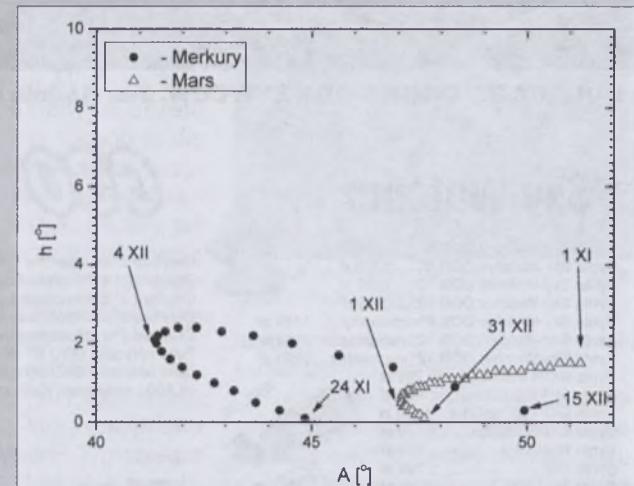
Bezksiężycowe noce będącym mieli na początku listopada, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: nów 6<sup>h</sup>04<sup>m</sup>51<sup>s</sup>, pierwsza kwadra 13<sup>d</sup>16<sup>h</sup>39<sup>m</sup>, pełnia 21<sup>d</sup>17<sup>h</sup>27<sup>m</sup> i ostatnia kwadra 28<sup>d</sup>20<sup>h</sup>36<sup>m</sup>. W perigeum Księżyca znajdzie się 3 listopada o 17<sup>h</sup>23<sup>m</sup>, w apogeum 15 listopada o 11<sup>h</sup>48<sup>m</sup> i ponownie w perigeum 30 listopada o 19<sup>h</sup>10<sup>m</sup>.

### Planety, planetoidy i planety karłowate

W ostatnich dniach listopada tuż po zachodzie Słońca bardzo nisko nad zachodnim horyzontem pojawia się **Merkury**. Obserwacja planety jest jednak raczej niemożliwa, pomimo jasności wynoszącej aż -0,4<sup>m</sup>, gdyż pod koniec zmierzchu cywilnego (w godzinę po zachodzie Słońca) wznieś się ona na wysokość zaledwie 1,4° nad południowo-zachodnim horyzontem, ginąc w blasku zorzy wieczornej.

W pierwszych dniach listopada nad ranem, nad północno-wschodnim horyzontem, pojawia się **Wenus** jako „Gwiazda Poranna” o jasności -3,8<sup>m</sup>. Warunki widoczności planety w ciągu miesiąca szybko się poprawiają — pod koniec listopada na godzinę przed wschodem Słońca znajdziemy ją już na wysokości 21° nad horyzontem. Przez teleskop dostrzegamy wtedy tarczę Wenus w postaci bardzo wąskiego sierpa o średnicy 42''.

Przez cały listopad tuż po zachodzie Słońca zachodzi



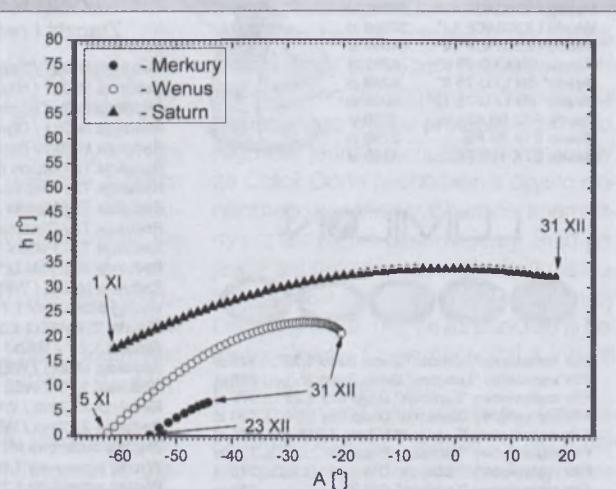
Rys. 1. Merkury i Mars nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) pod koniec zmierzchu cywilnego w listopadzie i grudniu 2010 (około godzinę po zachodzie Słońca)

**Mars**, na początku miesiąca wznosząc się na maksymalną wysokość zaledwie 1,5° nad południowo-zachodnim horyzontem. Przy jasności +1,4<sup>m</sup> planeta ginie w blasku zorzy wieczornej i jej obserwacja jest niemożliwa.

W pierwszej połowie nocy na granicy gwiazdozbiorów Wodnika i Ryb znajdziemy **Jowisza**, świecącego z jasnością -2,7<sup>m</sup>. W ciągu miesiąca warunki widoczności planety praktycznie nie ulegają zmianie. Przez teleskop możemy obserwować tarczę Jowisza o średnicy 45'', zmiany w układzie chmur planety oraz zjawiska w systemie jej księżyców galileuszkowych.

Nad ranem w gwiazdozbiorze Panny widoczny jest **Saturn** świecący z jasnością +0,7<sup>m</sup>. Warunki widzialności planety w ciągu miesiąca szybko się poprawiają — wysokość Saturna nad horyzontem, mierzona na godzinę przed wschodem Słońca, zwiększa się od 18° do 32°.

W pierwszej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Ryb, można obserwować **Urana** jako „gwiazdę” o jasności 5,8<sup>m</sup>. Wieczorem w gwiazdozbiorze Koziorożca, na wysokości 20° nad południowym horyzontem (półtorej godziny po zachodzie Słońca),



Rys. 2. Merkury, Wenus i Saturn nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) na początku świtu cywilnego w listopadzie i grudniu 2010 (około godzinę przed wschodem Słońca)

ca), można natomiast obserwować Neptuna jako „gwiazdę” o jasności 7,9<sup>m</sup>.

Planeta karłowata (134340) Pluton znajduje się na niebie zbyt blisko Słońca i jest niewidoczna.

W listopadzie w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida (jaśniejsza od 9,0<sup>m</sup>):

(6) Hebe, (jasność 8,5<sup>m</sup>–8,9<sup>m</sup>): 7 XI: 0<sup>h</sup>06,6<sup>m</sup>, -22°05'; 17 XI: 0<sup>h</sup>10,1<sup>m</sup>, -21°00'; 27 XI: 0<sup>h</sup>16,4<sup>m</sup>, -19°28'.

### Meteory

Od 25 września do 25 listopada promieniują 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<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, dekl. +13° oraz rekt. 3<sup>h</sup>52<sup>m</sup>, dekl. +22°. Maksimum aktywności STA przypada 5 listopada, natomiast NTA 12 listopada. W obrębie omawianych rojów stosunkowo często występują jasne bolidy, w bieżącym roku możliwa jest ich wzmożona aktywność. Tym razem obserwacjom STA nie będzie przeszkadzał Księżyc tuż przed nowiem, natomiast w momencie maksimum NTA Księżyc w pierwszej kwadrze nie będzie przeszkadzał w obserwacjach tego roju w drugiej połowie nocy.

Od 10 do 21 listopada promieniują meteory z roju Leonidów (LEO), związanego z kometą 55P/Tempel-Tuttle. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne: rekt. 10<sup>h</sup>08<sup>m</sup>, dekl. +22°. Główne maksimum aktywności przypada w tym roku 17 listopada o 21:15 UT, jednak możliwe jest wystąpienie innych maksimów. W obserwacjach w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyc po pierwszej kwadrze.

\*\*\*

3<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Hya (miryda) (13<sup>h</sup>29,7<sup>m</sup>, -23°17') osiąga maksimum jasności (4,5<sup>m</sup>).

4<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł. 8°.

4<sup>d</sup>02<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

5<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

5<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł. 1°.

6<sup>d</sup>02<sup>h</sup>05<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2006].

6<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (6,8°) w kierunku Mare Humboldtianum (oświetlone).

7<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł. 2°.

7<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Neptun nieruchomy w rektascensji.

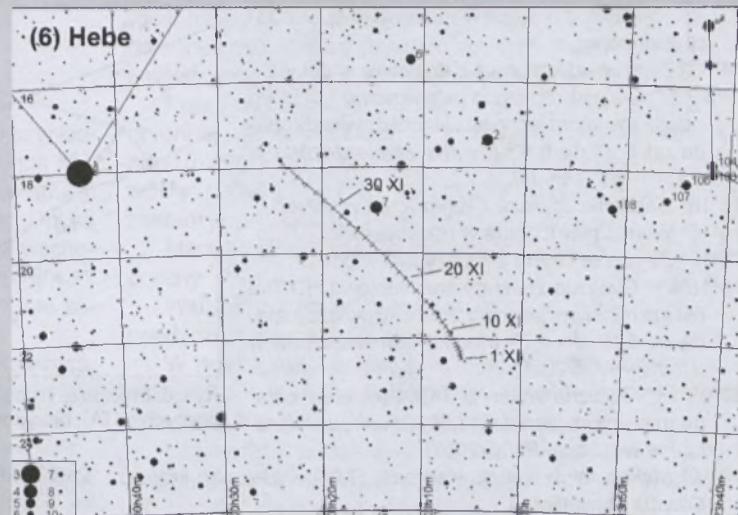
7<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odł. 2°.

11<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa S Cmi (miryda) (7<sup>h</sup>32,7<sup>m</sup>, +8°20') osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 2/2005].

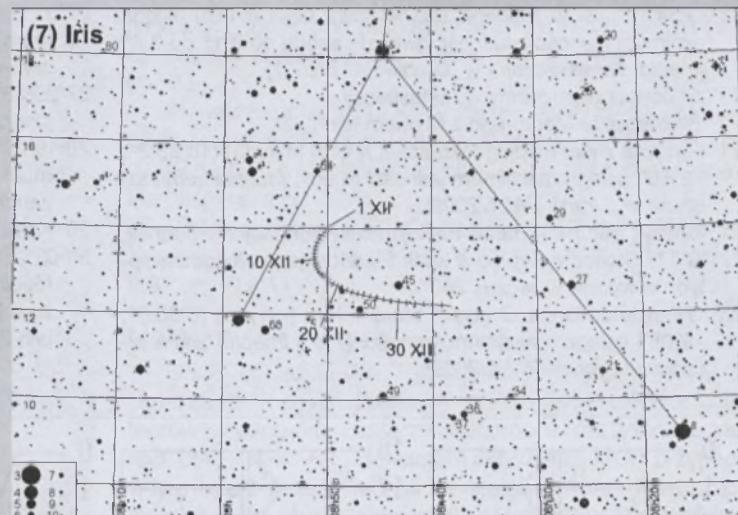
11<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa U Cet (miryda) (2<sup>h</sup>33,7<sup>m</sup>, -13°09') osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2006].

11<sup>d</sup>18<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

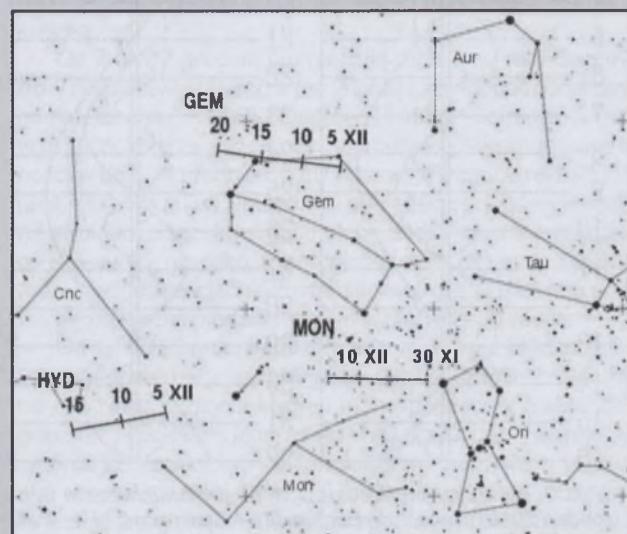
12<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (5,8°) w kierunku Mare Australie (oświetlone).



Rys. 3. Trasa planetoidy (6) Hebe na tle gwiazd gwiazdozbioru Wieloryba w listopadzie 2010 (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



Rys. 4. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Raka w grudniu 2010 (zaznaczone gwiazdy do 10<sup>m</sup>)



Rys. 5. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych Monocerotydów (MON), Geminidów (GEM) i Sigma Hydrydów (HYD) w okresie od 30 listopada do 20 grudnia 2010

13<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

14<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł. 4°.

14<sup>d</sup>19<sup>h</sup>37<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2005].

16<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł. 6°.

16<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Wenus nieruchoma w rektascensji.

16<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odł. 5°.

16<sup>d</sup>18<sup>h</sup>41<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

17<sup>d</sup>03<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

18<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,0°) w kierunku krateru *Ciavius* (zaciemiony).

18<sup>d</sup>20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

18<sup>d</sup>23<sup>h</sup>34<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

19<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Jowisz nieruchomy w rektascensji.

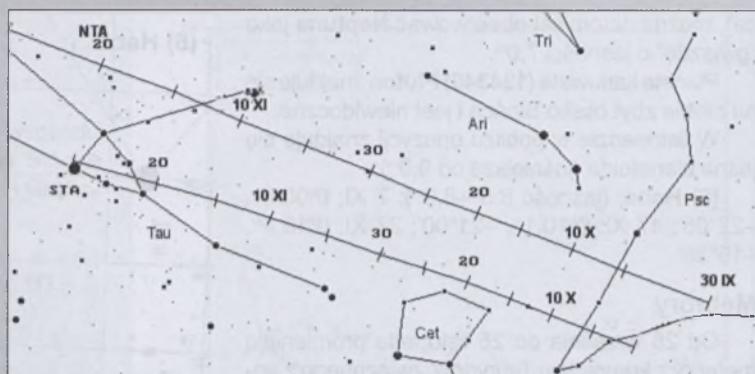
20<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Marsem w odł. 2°.

21<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa X Oph (miryda) (18<sup>h</sup>38,3<sup>m</sup>, +8°50') osiąga maksimum jasności (6,85<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2009].

21<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

22<sup>d</sup>10<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Strzelca, jego długość eklptyczna wynosi wówczas 240°.

23<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa T Hya (miryda) (8<sup>h</sup>55,6<sup>m</sup>, -9°08') osiąga maksimum jasności (7,8<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2005].



Rys. 6. Położenie i ruch własny radiantów meteorowych Południowych (STA) i Północnych (NTA) Taurydów w okresie od 30 września do 20 listopada 2010

24<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (4,3°) w kierunku Oceanus Procellarum (oświetlony).

25<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R UMa (miryda) (10<sup>h</sup>44,6<sup>m</sup>, +68°47') osiąga maksimum jasności (7,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2009].

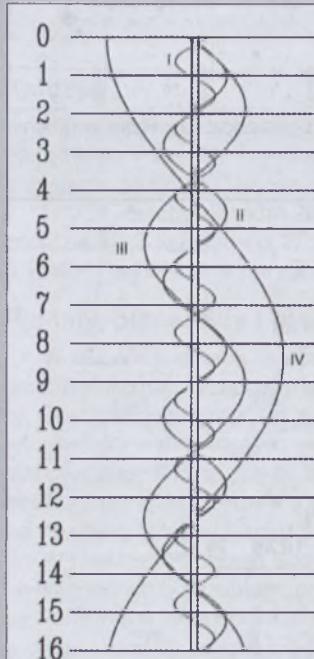
27<sup>d</sup>01<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

27<sup>d</sup>20<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

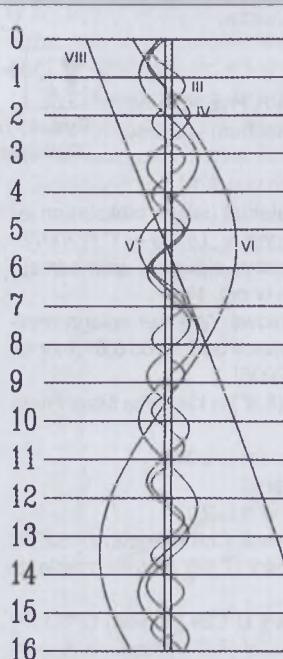
28<sup>d</sup>19<sup>h</sup>29<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

29<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

30<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Odkrycie gwiazdy 87 Leo (4,8<sup>m</sup>) przy ciemnym brzegu Księżyca po ostatniej kwadrze, widoczne w całej Polsce na wysokości 17° nad horyzontem (Zielona Góra 2<sup>h</sup>12<sup>m</sup> — Lublin 2<sup>h</sup>16<sup>m</sup>).



Rys. 7. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w listopadzie 2010 (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Callisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 8. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w listopadzie 2010 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Titan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

# Grudzień

## Słońce

Słońce w swym ruchu rocznym po ekliptyce zmierza w kierunku punktu przesilenia zimowego: 21 grudnia osiąga najniższy punkt ekliptyki pod równikiem niebieskim i wstępując w znak Koziorożca rozpoczyna astronomiczną zimę. Dni są nadal coraz krótsze. W Warszawie 1 grudnia Słońce wschodzi o 6<sup>h</sup>22<sup>m</sup>, zachodzi o 14<sup>h</sup>27<sup>m</sup>, 21 grudnia wschodzi o 6<sup>h</sup>43<sup>m</sup>, zachodzi o 14<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, a 31 grudnia wschodzi o 6<sup>h</sup>45<sup>m</sup>, ale zachodzi o 14<sup>h</sup>33<sup>m</sup>.

W dniu 21 grudnia wystąpi całkowite zaćmienie Księżyca, widoczne w Polsce przy zachodzie jako częściowe.

roku, na godzinę przed wschodem Słońca, wznieś się on na wysokość 7° nad południowo-wschodnim horyzontem, świecąc jednak wtedy z jasnością jedynie +0,3<sup>m</sup>.

Przez cały miesiąc praktycznie nie zmieniają się warunki porannej widzialności **Wenus**, którą na początku święta cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca) można obserwować na wysokości 23° nad południowo-wschodnim horyzontem jako „Gwiazdę Poranną” o jasności -4,6<sup>m</sup>.

**Mars** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Warunki obserwacji **Jowisza** w porównaniu do listopada praktycznie się nie zmieniają.

W drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Panny nadal możemy obserwować **Saturna**, świecącego z jasnością zaledwie +0,8<sup>m</sup>.

**Urana** można obserwować w pierwszej połowie nocy w gwiazdozbiorze Wodnika, na praktycznie stałej wysokości 36° nad południowym horyzontem.

Wieczorem można próbować dostrzec znacznie słabszego **Neptuna**, jednak będzie to trudne w związku z jego położeniem zaledwie 20° nad południowo-zachodnim horyzontem (w półtorej godziny po zachodzie Słońca). Pod koniec miesiąca wysokość planety nad horyzontem zacznie się szybko obniżać.

Planeta karłowata (**134340**) **Pluton** nadal znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczna.

W grudniu w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida (jaśniejsza od 9,0<sup>m</sup>):

(7) **Iris**, (jasność 8,8<sup>m</sup>-8,2<sup>m</sup>): 7 XII: 8<sup>h</sup>51,2<sup>m</sup>, +13°30'; 17 XII: 8<sup>h</sup>50,1<sup>m</sup>, +12°49'; 27 XII: 8<sup>h</sup>45,3<sup>m</sup>, +12°22'; 6 I 2011: 8<sup>h</sup>37,3<sup>m</sup>, +12°11'.

## Meteory

Od 27 listopada do 17 grudnia promienią meteory ze słabo zbadanego roju **Monocerotydów (MON)**. Radiant meteoriów leży w gwiazdozbiorze Jednorożca i ma współrzędne: rekt. 6<sup>h</sup>40<sup>m</sup>, dekl. +8°. Maksimum aktywności MON przypada w tym roku 9 grudnia, jednak istnieją obserwacje świadczące również o innych maksimach (6 i 16 grudnia). Strumień jest wizualnie słaby, jednak bardzo mało zbadany i pilnie wymagający obserwacji, zwłaszcza że tegorocznym obserwacjom meteorów nie będzie przeszkadzał Księżyca przed pierwszą kwadrą.

Od 7 do 17 grudnia promienią meteory z roju **Geminidów (GEM)** związanego z planetoidą (prawdopodobnie „wygasłą” kometą) (3200) Phaeton. Radiant Geminidów leży w gwiazdozbiorze Bliźniąt i w momencie maksimum aktywności w dniu 14 grudnia o 11 UT ma współrzędne rekt. 7<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, dekl. +33°. Strumień jest zawsze obfity, jednak jego wewnętrzna struktura pozostaje nadal słabo zbadana, toteż wymaga on obserwacji nie tylko w momencie przewidywanego maksimum. W obserwacjach tych meteorów w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyca w pierwszej kwadrze.

Od 17 do 26 grudnia promienią meteory z bardzo słabo zbadanego roju **sigma Hydrydów (HYD)**. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Hydry i ma współrzędne: rekt. 8<sup>h</sup>28<sup>m</sup>, dekl. +2°. Maksimum aktywności HYD przypada w tym roku 12 grudnia, jednak możliwe jest również drugie maksimum 14 grudnia i trzecie 9 grudnia. Strumień jest znany głównie z obserwacji fotograficznych, jednak można zobaczyć pochodzące z niego meteory również wizualnie. Tegorocznym obserwacjom tego interesującego roju w drugiej połowie nocy nie będzie przeszkadzał Księżyca, zbliżającego się do pierwszej kwadry.

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

Data 2010	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
XII 1	16,15	0,91	303,73
3	15,37	0,66	277,37
5	14,57	0,40	251,01
7	13,75	0,15	224,66
9	12,91	-0,11	198,31
11	12,04	-0,37	171,95
13	11,16	-0,62	145,60
15	10,27	-0,88	119,25
17	9,36	-1,13	92,90
19	8,43	-1,39	66,55
21	7,50	-1,64	40,20
23	6,55	-1,89	13,86
25	5,60	-2,13	347,51
27	4,64	-2,38	321,16
29	3,68	-2,62	294,82
XII 31	2,71	-2,86	268,48
2010 I 2	1,74	-3,09	242,14

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

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

24<sup>d</sup>01<sup>h</sup>14<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

## Księżyca

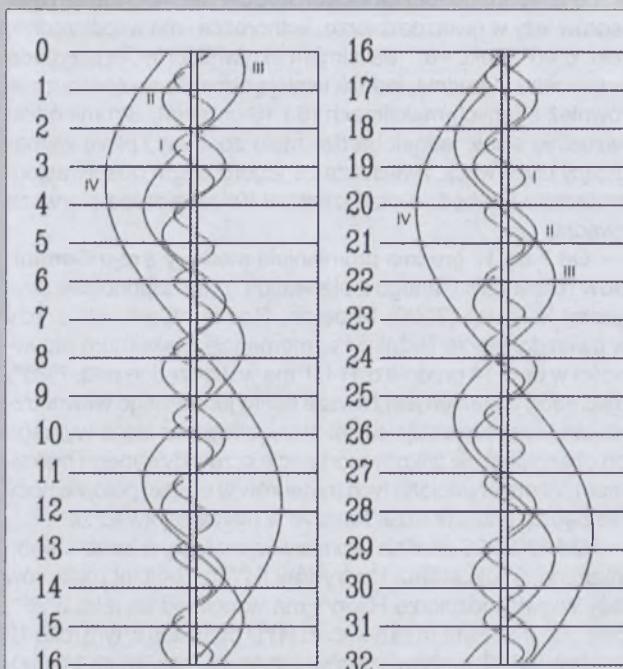
Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku grudnia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: now 5<sup>d</sup>17<sup>h</sup>36<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 13<sup>d</sup>13<sup>h</sup>59<sup>m</sup>, pełnia 21<sup>d</sup>08<sup>h</sup>13<sup>m</sup> i ostatnia kwadra 28<sup>d</sup>04<sup>h</sup>18<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 13<sup>d</sup>08<sup>h</sup>36<sup>m</sup>, natomiast w perigeum 25<sup>d</sup>12<sup>h</sup>25<sup>m</sup>.

## Planety, planetoidy i planety karłowate

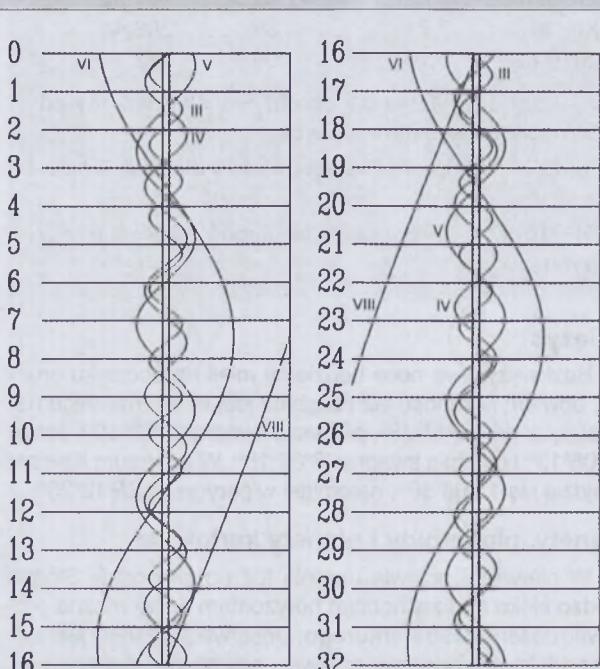
W pierwszej połowie grudnia tuż po zachodzie Słońca bardzo nisko nad zachodnim horyzontem nadal można próbować obserwować **Merkurego**. Obserwacja planety jest jednak nadal praktycznie niemożliwa, pomimo jasności aż -0,4<sup>m</sup>, gdyż w godzinę po zachodzie Słońca wznieś się ona na maksymalną wysokość zaledwie 2,4° nad południowo-zachodnim horyzontem, ginąc w blasku zorzy wieczornej. Merkurego możemy jednak próbować obserwować również pod koniec grudnia, tym razem na niebie porannym. W ostatnim dniu

- 1<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $6,8^\circ$ ) w kierunku *Mare Fregoris* (zaciemnione).
- 1<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odł.  $8^\circ$ .
- 1<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji wschodniej od Słońca w odległości  $21^\circ 28'$ .
- 2<sup>d</sup>18<sup>h</sup> Złączenie Wenus z Księżykiem w odł.  $7^\circ$ .
- 2<sup>d</sup>19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].
- 3<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa U Ari (miryda) ( $3^h 11,1^m$ ,  $+14^\circ 48'$ ) osiąga maksimum jasności ( $8,1^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2009].
- 3<sup>d</sup>20<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].
- 6<sup>d</sup>08<sup>h</sup>31<sup>m</sup> Uran nieruchomy w rektascensji.
- 6<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odł.  $0,05^\circ$ .
- 7<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.
- 7<sup>d</sup>08<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odł.  $1^\circ$ .
- 7<sup>d</sup>17<sup>h</sup>45<sup>m</sup> 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].
- 8<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,3^\circ$ ) w kierunku *Mare Fecunditatis* (oświetlone).
- 8<sup>d</sup>21<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].
- 9<sup>d</sup>01<sup>h</sup>17<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].
- 9<sup>d</sup>23<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].
- 10<sup>d</sup>10<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Merkury nieruchomy w rektascensji.
- 11<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odł.  $4^\circ$ .
- 11<sup>d</sup>22<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

- 13<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy  $\kappa$  Psc ( $5,0^m$ ) przez ciemny brzeg Księżyca w pierwszej kwadrze, widoczne prawie w całej Polsce (z wyjątkiem części południowo-wschodniej) na wysokości  $38^\circ$  nad horyzontem (Szczecin  $17^\circ 33'$  — Lublin  $18^\circ 02'$ ). Wzdłuż linii biegnącej 15 km na północ od Tarnowa i 15 km na południe od Sandomierza zakrycie widoczne jako brzegowe.
- 13<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odł.  $6^\circ$ .
- 13<sup>d</sup>23<sup>h</sup>06<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].
- 13<sup>d</sup>23<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].
- 14<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Marsem w odł.  $1^\circ$ .
- 14<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odł.  $5^\circ$ .
- 14<sup>d</sup>18<sup>h</sup>55<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].
- 15<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.
- 16<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $7,3^\circ$ ) w kierunku krateru *Clavius* (zaciemniony).
- 17<sup>d</sup>04<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].
- 19<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa U Her (miryda) ( $16^\circ 25,8^m$ ,  $+18^\circ 54'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,5^m$ ).
- 19<sup>d</sup>00<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].
- 19<sup>d</sup>19<sup>h</sup>16<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].
- 20<sup>d</sup>01<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji dolnej ze Słońcem.
- 21<sup>d</sup> Całkowite zaćmienie Księżyca, widoczne w Ameryce Północnej, na Morzu Arktycznym, we wschodniej części Oceanu Spokojnego; we wschodniej Azji, w Indonezji, w Australii oraz zachodniej części Oceanu Spokojnego przy wschodzie Księżyca, natomiast w Europie, zachodniej Afryce i na Atlantyku przy zachodzie Księżyca. Przebieg zaćmienia:



Rys. 9. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w grudniu 2010 (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. 10. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w grudniu 2010 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Tytan, VIII — Iapetus). Zachód na lewo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na prawo

początek zaćmienia półcieniowego: 5<sup>h</sup>29<sup>m</sup>, początek zaćmienia częściowego: 6<sup>h</sup>33<sup>m</sup>, początek zaćmienia całkowitego: 7<sup>h</sup>41<sup>m</sup>, maksimum zaćmienia: 8<sup>h</sup>17<sup>m</sup>, koniec zaćmienia całkowitego: 8<sup>h</sup>53<sup>m</sup>, koniec zaćmienia częściowego: 10<sup>h</sup>01<sup>m</sup>, koniec zaćmienia półcieniowego: 11<sup>h</sup>05<sup>m</sup>. Maksymalna faza zaćmienia całkowitego wyniesie 1,2561. We wschodniej Polsce Księżyc zajdzie przed rozpoczęciem fazy częściowej, w zachodniej Polsce przed rozpoczęciem fazy całkowitej.

21<sup>d</sup>23<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Koziorożca, jego długość eklipsyczna wynosi wówczas 270°; rozpoczyna się zima astronomiczna.

22<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca (4,2°) w kierunku Oceanus Procellarum (oświetlony).

23<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

23<sup>d</sup>19<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

24<sup>d</sup>16<sup>h</sup>50<sup>m</sup> Gwiazda zmienia δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

25<sup>d</sup>20<sup>h</sup>21<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

26<sup>d</sup> Gwiazda zmienia długookresowa R Oph (miryda) (17<sup>h</sup>07,8<sup>m</sup>, -16°06') osiąga maksimum jasności (7,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 3/2007].

27<sup>d</sup>21<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

28<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,2°) w kierunku Mare Frigoris (zaciennione).

29<sup>d</sup>02<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

29<sup>d</sup>22<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Gwiazda zmienia ξ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

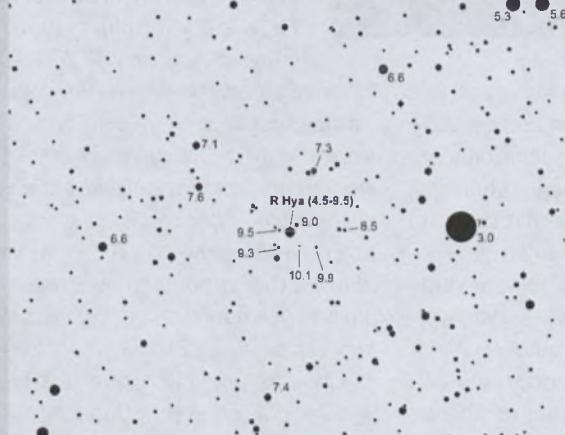
29<sup>d</sup>23<sup>h</sup>03<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].

30<sup>d</sup>01<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Gwiazda zmienia δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

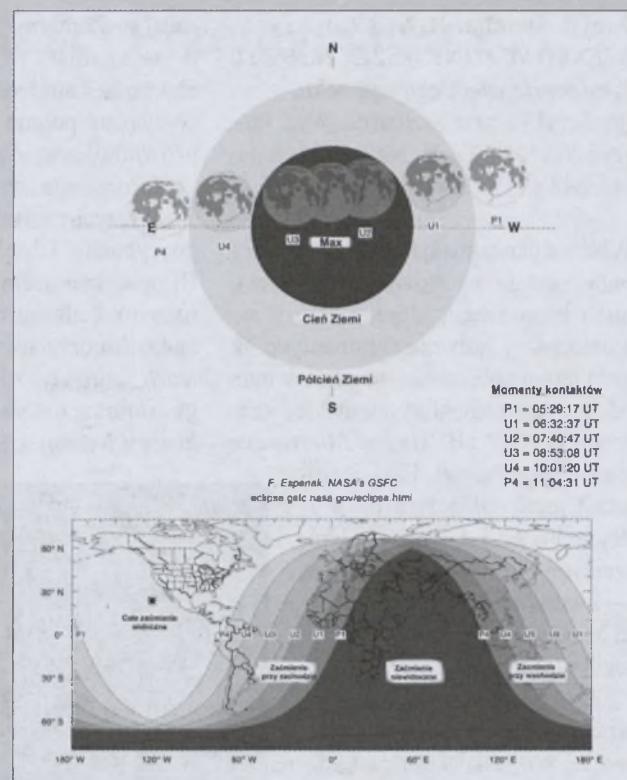
31<sup>d</sup> Gwiazda zmienia długookresowa R Gem (miryda) (7<sup>h</sup>07,4<sup>m</sup>, +22°42') osiąga maksimum jasności (7,1<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2005].

31<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

31<sup>d</sup>23<sup>h</sup>49<sup>m</sup> Gwiazda zmienia zaćmieniowa Algol (β Per) osiąga



Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Hydry do obserwacji gwiazdy zmiennej długookresowej R Hya ( $13^{\circ}29'42,8''$ ,  $-23^{\circ}16'53''$ ). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 7°, północ u góry)



Rys. 11. Schemat całkowitego zaćmienia Księżyca w dniu 21 grudnia 2010 [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

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

Aby otrzymać datę w obowiązującym w listopadzie i grudniu w Polsce „czasie zimowym”, należy dodać 1 godzinę.

Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podejne są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

Opracował T. Ścieżor



Rys. 13. Mapa gwiazdozbioru Herkulesa do obserwacji gwiazdy zmiennej U Her ( $16^{\circ}25'47,5''$ ,  $+18^{\circ}53'33''$ ). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 5°, północ u góry)

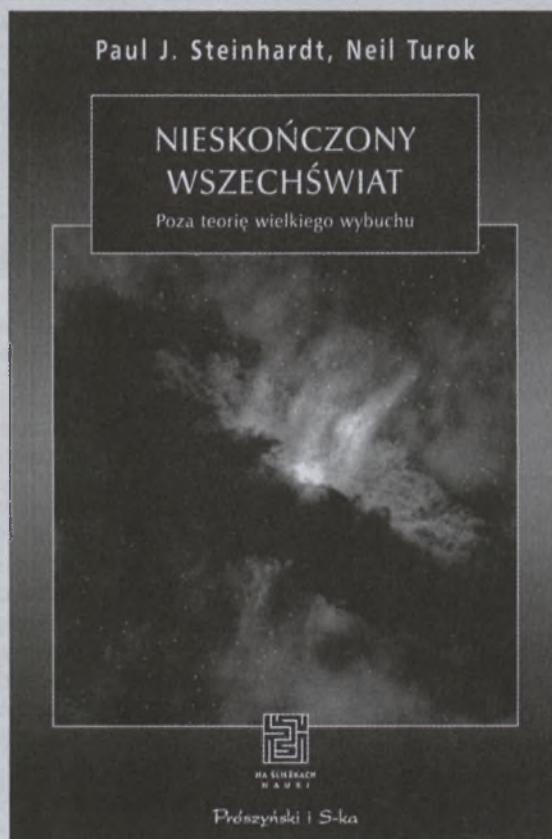
**Paul J. Steinhardt, Neil Turok:**  
**NIESKOŃCZONY WSZECHŚWIAT.**  
**Poza teorię wielkiego wybuchu.**  
Przełożył Tomasz Krzysztoń. Wyd. Prószyński i S-ka. Seria: Na ścieżkach nauki, 248 s., Warszawa 2009.

Właśnie ukazała się nowa pozycja popularnonaukowa z dziedziny astronomii i kosmologii, której sukcesy zauważamy głównie astronautyce, tj. satelitarnym obserwacjom uwolnionym od wpływu atmosfery ziemskiej, tzw. misji WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*). Paul Steinhardt jest profesorem na Wydziale Fizyki i Astrofizyki Uniwersytetu Princeton; Neil Turok — kierownikiem Katedry Fizyki Matematycznej na Uniwersytecie w Cambridge.

Książkę otwiera *Przedmowa* uzasadniająca celowość powstania tej pozycji. Natomiast rozdział I — 2001 — wprowadza nas w problematykę dwóch aktualnych modeli ewolucji Kosmosu: inflacyjnego oraz cyklicznego, stanowiącego nową teorię naszego Wszechświata i lansowaną właśnie przez jej twórców-autorów. Rozdział II z kolei opisuje obserwacje obiektów Wszechświata, dzięki czemu było możliwe zarówno stworzenie nowej teorii, jej weryfikacja, a także szokujące w pewnym sensie odkrycie tzw. ciemnej energii (stwierdzenie istnienia ciemnej materii nie było niczym niezwykłym — jej obecność podejrzewano już od dość dawna).

Następnie Autorzy przedstawiają „Dwie opowieści o jednym wszechświecie” (tłumacz uparcie pisze nazwę „wszechświat” małą literą, podczas gdy w literaturze astronomicznej przyjęło się ją traktować jako nazwę własną — *the Universe* po angielsku). Jedną z nich jest „opowieść o inflacji”, drugą — „opowieść o modelu cyklicznym”, preferowanym (jak to już wspominałem) przez Autorów. Dalej rozwijają oni dawną, acz genialną, myśl Demokryta, iż wszystka materia jest zbudowana z podstawowych, niepodzielnych czę-

stek (elementarnych). W miarę rozwoju nauki miały to być atomy, potem elektrony i nukleony, wreszcie kwarki — wiązane polami oddziaływania. Dopuszczało to Autorów do pojęcia „kwantowego wszechświata” oraz „szokującej prostoty podczas wielkiego wybuchu” (dzięki istnieniu tzw. pola Higgsa, łamiącemu symetrię między różnymi rodzajami cząstek i sił). Ponadto Autorzy stwierdzają: *W wielkiej teorii unifikacji różne grupy pól Higgsa stają się ważne w różnych chwilach historii wczesnego wszechświata.*



Kolejny rozdział stanowi opowieść o inflacji i opowieść dwóch kosmologów. Autorzy nader krytycznie odnoszą się do modelu inflacyjnego, ponieważ wydawało się, iż przedstawia on Wszechświat nazbyt regularnym, pozbawiając możliwości powstawania w nim galaktyk. Pozostało jedyne wyjście: tzw. fluktuacje kwantowe. Autorzy rozwinięli zatem teorię ewolucji fluktuacji kwantowej, a jej rezultatem okazał się właśnie wspominany już cykliczny model Wszechświata.

W dalszym ciągu tej pozycji Autorzy dość szczegółowo omawiają teorię

strun. Jej najnowsze konstrukcje teoretyczne, w tym tzw. M-teoria, również walnie przyczyniły się do powstania cyklicznego modelu Wszechświata, który został *explicite* przedstawiony w rozdziale 7 oraz 8 (*Ostatnie pytanie*). Rozdział 9 nosi charakterystyczny tytuł „*Zobaczyć to uwierzyć*”, a poprzedzające motto z Williama Blake'a: *Prawdziwą metodą zdobywania wiedzy jest eksperyment*. Nic dodać, nic ująć!

Kolejny, 10 rozdział, przynosi rozważania, czy mamy do czynienia z „wielością światem” inflacyjnym, czy raczej z Wszechświatem cyklicznym — wraz z włączeniem zagadnienia tzw. zasady antropicznnej. Porównuje się w nim także inflację z modelem cyklicznym, który charakteryzuje się tym, że ma mniej składników (potrzebuje tylko tzw. ciemnej energii), jest bardziej skąpy („prawie cała przestrzeń ma takie same prawa fizyczne i taką samą strukturę”), ponadto jest bardziej wybiorczy (tzn. „prawa fizyki kierują Wszechświat do cyklicznie samoreprodukującego się stanu...”). Nie zabrakło w nim też rozważań o czasie. Autorzy stwierdzają, że wszechświat cykliczny jest stary, czyli „istnieje znacznie dłużej niż 14 miliardów lat, tj. wiek wszechświata podawany przez model inflacyjny”.

Ostatni, 11 rozdział, nosi tytuł jakby rodem z science fiction — *Z powrotem do przyszłości*, w którym Autorzy m.in. logicalnie stwierdzają: *W 2006 roku* (tj. kiedy powstawała ta pozycja — uwaga recenzenta) *jest jeszcze zbyt wcześnie, by powiedzieć, który z tych modeli zajmie miejsce w podręcznikach następnego stulecia*.

Przedstawianą książkę zamykają: *Słownik* (nader pomocny w zrozumieniu wielu terminów), wykaz *Dalsze lektury* i oczywiście *Indeks*.

Chociaż pozycja ta nie jest łatwa w odbiorze, gorąco ją polecam miłośnikom astronomii, zwłaszcza bardziej zaawansowanym i znającym również fizykę.

T. Zbigniew Dworak

## Kosmologiczne opowieści Przemysława R.

**P**rzemysław Rudź jest osobą dobrze znaną miłośnikom astronomii, a to za sprawą pięknie wydanych książek popularyzujących astronomię (*Niebo na weekend*, *Atlas nieba*, *Niebo*).

W ubiegłym roku Rudź objawił swoją inną wielką muzyczną pasję. Nagrała przez niego płyta „*Summa Technologiae*” (wspomniałem ją w „Uranii” 6/2009) szybko zyskała grono wielbiceli i stała się jedną z najlepiej sprzedających się płyt z polską muzyką elektroniczną.

Druga płyta z kompozycjami Przemysława jest zatytułowana *Cosmological Tales* (*Kosmologiczne opowieści*) i o niej chcę tu napisać więcej.

Płyta zaczyna się utworem *Through The Planck Era* (*Poprzez erę Plancka*), który sprawia wrażenie, jakby autor posłuchał rad mistrza Hitchcocka dla młodych reżyserów, iż dobry film (kryminał) powinien zaczynać się od trzęsienia ziemi, a potem powinno już tylko napięcie rosnąć. Po tym energetycznym kawałku otrzymujemy chwilę wtychnienia na początku drugiego utworu *The God Particle's Dance* (*Taniec boskiej cząstki*), jednak po chwili w leniwie rozlewające się plamy dźwiękowe wdzierają się dość łagodny, lecz zdecydowany ciąg sekwencerowy budzący lekkie skojarzenia z dokonaniami Marka Bilińskiego

\* Zapewne chodzi tu o bozon Higgsa.

(nie da się ukryć, iż pan Marek jest w naszym kraju swoistym guru dla wielu młodych twórców el-muzyki).

Trzeci utwór zaczyna się jeszcze bardziej łagodnie, by po minucie-dwóch zacząć hipnotyzować słuchaczy sekwencjami przypominającymi klimatem stare, „kosmiczne” nagrania Tangerine Dream. W pewnym momencie utwór zostaje zdominowany mocnymi „błyskami” dźwięków, wszak tytuł tej kompozycji to *Let There Be Light* (*Niech stanie się światło*).



Czwarta kompozycja zatytułowana *Islands Of The Universe* (*Wyspy Wszechświata*), wbrew naszej wiedzy (czy raczej — niewiedzy) na temat formowania się galaktyk, jest bardzo stonowana i zapewne opisuje stan kontemplacyjny owsch wysp, jaki może towarzyszyć obserwatorowi mgławicowych obiektów ciemnego nieba.

*We Live Here (Tu żyjemy)* to tytuł piątego utworu na płycie. Aż chce mi się żartobliwie powiedzieć, że w nim mamy jedno wielkie lanie wody! Ot, kompozycję tę tworzy subtelny temat fortepianiczny snuty na tle dźwięków ulewnego deszczu i sporadycznych odgłosów burzy. Wszak Ziemia — nasz kosmiczny dom — to jak na razie jedyna znana nam wodna planeta, a woda równa się życie i ten fakt dobrze podkreśla kompozytor.

Utwór zamkajacy płytę nosi tytuł *Disputable Future* (*Nieznana przyszłość*, a może lepiej *Dyskusyjna przyszłość*). Dzięki wzbogaceniu syntezatorowych dźwięków żywą grą na gitarze elektrycznej mamy tu swoisty dialog instrumentów, niczym dysputy kosmologów na temat przyszłości naszego Wszechświata.

W sumie jest to bardzo interesująca i przemyślana płyta. Nie ukrywam, iż bardziej mi się podoba od poprzedniego dzieła Rudzia. Jak widzę, w internetowym sklepie z muzyką elektroniczną „*Cosmological Tales*” zajmuje właśnie pierwsze miejsce w kategorii najczęściej kupowanych! Podejrzewam, że nie tylko ja niecierpliwie czekam na trzecią płytę z zapowiedzianego przez autora tryptyku. Tym bardziej iż wszystkie te płyty wyróżniają się świetnie zrealizowanymi graficznie okładkami z pewną ideą przewodnią i bardzom ciekaw, co kryje w swym wnętrzu ta kolejna.

Jacek Drążkowski

### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

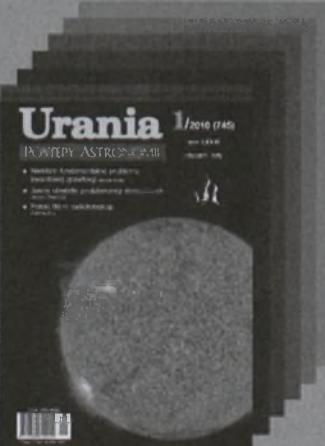
Prenumerata na rok 2010 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 zł. Wpłaty prosimy kierować na konto:

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:

Monika Adamów  
Centrum Astronomii UMK  
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

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



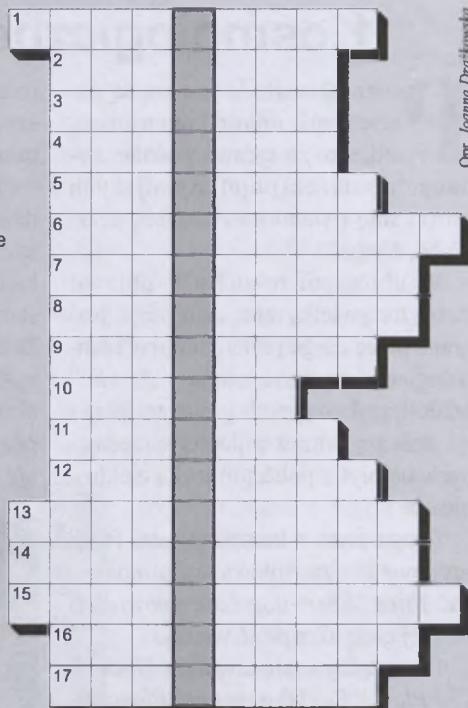
**W** „Uranii-PA” nr 3/2010 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło HISTORIA ASTRONOMII. Nagrody książkowe wylosowali Ryszard Górecki z Będzina i Jerzy Strzałkowski z Bydgoszczy.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązania nowej krzyżówki:

1. Pozorna droga Słońca po niebie
2. Odbyła się tam tegoroczna OZMA
3. ... częstek, jest wytwarzana przez wysokoenergetyczne promieniowanie kosmiczne
4. Np. protony
5. Tam usytuowane jest Obserwatorium Pierre Auger
6. Przyrząd badawczy, np. teleskop
7. Np. kosmiczne
8. Warstwa atmosfery najbardziej odczuwająca aktywność Słońca
9. Często używana w astronomii jednostka długości
10. Polskie konsorcjum współpracujące z projektem LOFAR
11. Opadanie materii z dysku na obiekt centralny
12. Najbardziej złożona molekuła znaleziona dotychczas we Wszechświecie
13. Powoduje osłabienie światła docierającego do nas od odległych obiektów
14. Cecha charakterystyczna obiektu
15. Zakres widma fal elektromagnetycznych dłuższych niż światło widzialne
16. Miasto w pobliżu centrum sieci interferometrycznej systemu LOFAR
17. Naturalny lub sztuczny towarzysz planety

Tym razem do rozlosowania mamy 2 płyty z muzyką Przemysława Rudzia (patrz s. 239). Na rozwiązania czekamy do końca października 2010 r. 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 rozwiązania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 3/2010: 1. Schwabe, 2. Radian, 3. Wilson, 4. Arystarch, 5. Asteroida, 6. Gingrich, 7. Zjawisko, 8. Metanol, 9. Almagest, 10. Obserwacje, 11. Perturbacje, 12. Copemicanum, 13. Protogwiazda, 14. Tranquility, 15. Kolodziej, 16. Zeemana, 17. Namibia, 18. Żagiel.



Opr. Joanna Drągowska

### Ciekawe strony internetowe...

W numerze 2/2008 pisałem o Google Sky, umożliwiającym oglądania map Marsa stworzonych ze zdjęć uzyskanych przez różne misje kosmiczne. Z kolei w numerze 4/2008 pojawiła się inna notka o oferowanym za darmo przez Microsoft programie World Wide Telescope (WWT), stanowiącym krok w kierunku integracji danych astronomicznych dostępnych w Internecie. Niedawno pojawił się nowy element programu WWT — WWT Mars. Tak jak w wypadku WWT, można go znaleźć pod adresem <http://www.worldwidetelescope.org> — stanowi on część oferowanego przez Microsoft programu pracującego pod MS Windows. Niecierpliwi mogą przejść bezpośrednio na stronę <http://www.worldwidetelescope.org/whatIs/whatIsWWT.aspx?Page=Mars> poświęconą modułowi WWT Mars. Pozwala on na dostęp do map Marsa o bardzo wysokiej rozdzielczości. Skomponowane zostały one z 74 tys. obrazów uzyskanych przez kamerę orbitera misji Mars Global Surveyor i ponad 13 tys. obrazów zarejestrowanych przez kamerę HiRISE (jeden taki obraz składa się z ponad miliarda pikseli) wchodząącą w skład misji Mars Reconnaissance Orbiter. Na mapy składa się mozaika z ponad pół miliarda mniejszych obrazów. Mając do dyspozycji taką liczbę danych, można urządzać fascynujące „wycieczki” po powierzchni Marsa. Program oferuje dostęp do szeregu wędrówek, z których dwie są komentowane przez naukowców z NASA. Jedna poświęcona jest geologicznej historii Marsa z uwzględnieniem potencjalnych lądowisk dla misji załogowych (przewodnikiem jest James Garvin z NASA Goddard Space Flight Center), druga dotyczy pytań o życie na Marsie z uwzględnieniem wyników misji Mars Phoenix Lander — przewodnik to Carol Stoker z NASA Ames Research Center. Podobnie jak w przypadku Google Mars mamy możliwość obserwacji trójwymiarowych struktur na powierzchni planety, pochyłając mapę tak, aby pojawił się horyzont. Dodatkowo jest możliwe generowanie map stereoskopowych, tak aby, np. używając dwubarwnych okularów, zobaczyć powierzchnię Marsa w trzech wymiarach. Na koniec warto wspomnieć o starych mapach Marsa — dostępne są m.in. mapy/rysunki Giovanniego Schiaparelliego (1890), Percivala Lovella (1896) czy mapa United States Air Force (1962) użyta do planowania przelotu misji Mariner 4 w pobliżu Marsa. Te pracowicie wykonywane rysunki uświaddamiają nam, jak wielki postęp w badaniach Marsa (jak i innych ciał Układu Słonecznego) dokonał się w ciągu ostatniego półwiecza.

(rs)



# XIV OZMA w Urzędowie



Pamiątkowe zdjęcie uczestników XIV Ogólnopolskiego Zlotu Miłośników Astronomii w Urzędowie. Obszerną relację ze zlotu zamieścimy w następnym numerze „Uranii – Postępów Astronomii”



Kamil Złoczewski namawia do udziału w konkursie Skyquest



Pełna sala podczas referatu Marcina Mazura



Otwarcie wystawy „Dogonić Kosmos”



Prof. Leon Gladyszewski demonstruje swój mały radioteleskop



Dziennie testowanie sprzętu przywiezionego przez firmę Astrozakupy.pl



Stoisko pana Mirka Brzozowskiego



Pojazd marsjański „Magma” napotyka dziwny przedmiot do badań



Przygotowania do odpalenia modeli rakiet



Uczestnicy konkursu astronomicznego w czasie turnieju



Zaledwie sto lat temu przyjęto za rzeczą naturalną to, że uprawianie nauki jest twórczością w tym samym sensie co malowanie obrazów, komponowanie utworów muzycznych, pisanie prozy czy poezji. Sama nauka jest tym samym pełnoprawnym składnikiem ludzkiej kultury, a więc tego, co już od dawna (a może od zawsze) formuje człowieka w większym znaczeniu stopniu niż jego cechy biologiczne. Dziedziczenie w tym względzie odbywa się nie przez geny, lecz przez komunikację społeczną.

*Delta* została założona przez uczonych o ambicjach uchwycenia kontaktu ze społeczeństwem. Chodziło jednak o kontakt rzetelny, a nie służący jedynie stworzeniu chwilowej sensacji, która w żadnym stopniu kultury społecznej nie wzbogaci. Owi uczeni uparli się, że powinno istnieć czasopismo realizujące ideę **mówiącej nauki**, czyli nauki przemawiającej w sposób zrozumiałym ustami (a może lepiej piórami) ludzi uprawiających, współtworzących ją. I tak 1 stycznia 1974 roku pierwszy numer *Delta* znalazła się w kioskach. Wygraliśmy dzięki temu, iż za nami opowiedziało się środowisko, wszyscy Wielcy matematyki polskiej owszych lat (jako że od matematyki wszysko się zaczęło).

*Delta* w dalszym ciągu, już 37 lat, istnieje. To zaprzeczenie praw ekonomii (żeby nie powiedzieć przyrody) dowodzi, że nie wszysko podlega konieczności rozkładu. Wręcz przeciwnie: w *Delta* od pewnego czasu pracują także ludzie znacznie młodzi od niej.

W imieniu redakcji życzę, aby nasze teksty się komuś do czegoś przydały. Bo po to były pisane.

Marek Kordos

[www.mimuw.edu.pl/delta](http://www.mimuw.edu.pl/delta)

Z tym zeszytem płyta DVD *Eyes On The Skies!*

# Urania 6/2010 (750)

## POSTĘPY ASTRONOMII

tom LXXXI

listopad—grudzień

- Otwarcie na Wszechświat  
— astronomia naszych czasów  
*Peter N. Wilkinson*
- Subtelna struktura protuberancji słonecznych  
*Janusz Osarczuk, Krzysztof Radziszewski*
- Jan Śniadecki 1756–1830  
*Tomasz Kardaś*



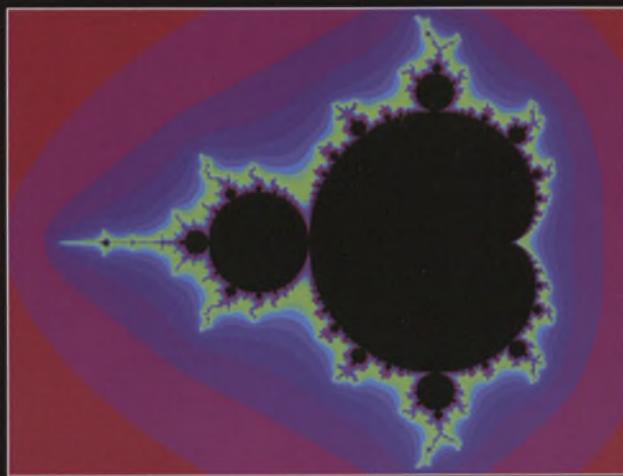
ISSN 1689-6009



9 771689 600003  
Cena 10,90 zł (0% VAT)

Konkurs *Moje okno na Wszechświat*  
do wygrania własne obserwatorium  
astronomiczne z teleskopem!

Może właśnie tak wygląda z bliska gwiazda, która wybuchła jako supernowa, będąc otoczona swoim własnym pyłem. Dlatego nie zobaczyliśmy błysku na niebie, a jej istnienie wyszło na jaw przez przypadek, gdy polsko-amerykańska grupa astronomów analizowała gigabajty danych pochodzących z podczerwonych obserwacji Kosmicznego Teleskopu Spitzera, szukając aktywnych jąder galaktyk. Znaleziono obiekt w galaktyce odległej o 3 mld lat świetlnych, który przez pół roku wyemitował więcej energii niż Słońce w ciągu całego swojego życia. Udało się policzyć, że wybuchała gwiazda o masie 50 mas Słońca, a przed wybuchem wyrzuciła w przestrzeń ogromne ilości gazu i pyłu, które teraz ją przesłaniają. Takiego losu może spotkać położoną zaledwie 7,5 tys. lat świetlnych od nas gwiazdę Eta Carinae.



14 X w wieku 86 lat zmarł Benoit Mandelbrot, francusko-amerykański matematyk urodzony w Polsce. Był ojcem geometrii fraktalnej, wymyślił słowo fraktal i opisał zbiór Mandelbrota, tzw. żuk Mandelbrota — powiększając żuka zobaczymy na obrzeżach kolejne małe żuki, a na nich kolejne i kolejne... Takie obiekty samopodobne spotykamy w różnych dziedzinach, również w astronomii.



Jeśli wszystko pójdzie zgodnie z planem, 1 listopada wahadłowiec Discovery rozpocznie 133. misję promów kosmicznych NASA i zarazem swój ostatni lot w służbie ludzkości. Służbę tę rozpoczął w 1984r. w misji SDS-41-D. Latał w 36 misjach, spędził w przestrzeni kosmicznej ponad 309 dni. Discovery wyniósł na orbitę teleskop Hubble'a i służył w czasie jego 2 misji serwisowych. Na przełomie 1995/96 przeszedł gruntowny remont i modernizację. Na początku 2011 r. poleci po raz ostatni Endeavour, a latem Atlantis. Następnie flotylla promów kosmicznych NASA pojedzie na emeryturę.



## Szanowni i Drodzy Czytelnicy,

Czy zauważycie Państwo, że mają w rękach „Uranię” nr 750? Tyle numerów wyszło od początku wydawania drukiem naszego pisma. Jego początki sięgają roku 1919. Ukazał się wtedy pierwszy numer kwartalnika, wydanego na powielaczu przez Koło Miłośników Astronomii w Warszawie. Tak samo były wydawane 4 następne numery. Ale od początku 1922 r. „Urania” była czasopismem drukowanym i od tego momentu liczne są jej numery. Założycielami Koła Miłośników Astronomii (które rozrosło się do rozmiarów ogólnopolskich i nazywa się dzisiaj Polskim Towarzystwem Miłośników Astronomii), którzy to czasopismo założyli i wydawali, byli ówczesni uczniowie Gimnazjum im. Mikołaja Reja w Warszawie, m.in. Stefan Kaliński, Jan Mergenthaler (poźniejszy astronom, twórca heliofizyki we Wrocławiu), Stanisław Mrozowski (wybitny fizyk, sławny specjalista fizyki węgla), Felicjan Kępiński (astronom, profesor Politechniki Warszawskiej), Maksymilian Białecki, Edward Stenz (wybitny geofizyk), Antoni Zygmund (wybitny matematyk). „Urania” (podobnie jak PTMA) ma obecnie przeszło 90 lat i należy do najstarszych polskich czasopism popularnonaukowych. Do dzisiaj zachowuje tradycyjny układ publikowanych materiałów.



for. A. Dauksza-Wiśniewska

Ten numer otwiera artykuł o astronomii naszych czasów profesora Piotra N. Wilkinsona z Uniwersytetu w Manchesterze, który jest prawie dokładnym Jego wykładem z okazji otrzymania tytułu doktora honoris causa Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i początku nowego roku akademickiego w Toruniu. Tysięczne audytorium złożone ze studentów i profesorów Uniwersytetu przyjęło ten wykład prawdziwą owacją, więc mam nadzieję, że i Państwo przyjmą go z zainteresowaniem i pozykiem.

Astronomowie wrocławscy zdradzają nam tajniki struktur protuberancji słonecznych. Protuberancje są jednymi z najciekawszych zjawisk obserwowanych na Słońcu. Są to twory zbudowane z raczej chłodnej i stosunkowo gęstej plazmy zawieszonej w koronalnym polu magnetycznym na wysokości kilkudziesięciu tysięcy kilometrów nad fotosferą. Posiadają bogatą strukturę wewnętrzną.

9 listopada przypada 180 rocznica śmierci jednego z największych uczonych polskiego Oświecenia, Jana Śniadeckiego. To On reformował Akademię Krakowską, założył Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie i odnowił Obserwatorium Wileńskie, doprowadzając je do poziomu europejskiego. Przypominamy Jego życie i działalność piorem Tomasza Kardasia, profesora fizyki w LO w Strzelinie.

W Rozmaitościach piszemy o błędzie, jaki popełniliśmy, donosząc, na podstawie publikacji w renomowanym brytyjskim czasopiśmie, o odkryciu antracenu w materii międzygwiazdowej. Donosimy też m.in. o odkryciu układu planetarnego z wieloma planetami, o odkryciu pierwiastka o Z = 112 i nazwaniu go na cześć Mikołaja Kopernika copernicium (Cn).

W Wiadomościach z kraju informujemy o otwarciu planetarium w Niepołomicach, o OZMA 2010 i o nowym konkursie z nagrodami.

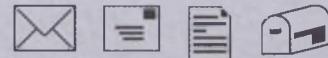
W Astronomii w szkole piszemy o Miedzynarodowej Olimpiadzie Astronomicznej dla uczniów w Pekinie, której zwycięzcą został uczeń z Warszawy Przemysław Mróz, a dwaj inni Polacy zdobyli srebrne medale. Przytaczamy zadania teoretyczne, z jakimi musieli m.in. zmierzyć się zawodnicy z 23 krajów — może polscy uczniowie zechcą spróbować je rozwiązać, ćwicząc się w ten sposób do startu w przyszłorocznej olimpiadzie międzynarodowej, która odbędzie się we wrześniu w Polsce.

Jest kalendarz astronomiczny, felieton muzyczny, krzyżówka i ciekawe strony internetowe. Do tego zeszytu dołączamy płytę DVD z filmową opowieścią o historii teleskopów, a w przyszłym numerze będzie dla prenumeratorów, podobnie jak w latach ubiegłych, ścienny kalendarz astronomiczny. Myślę, że przyjmą Państwo ten numer z zainteresowaniem i życzliwością.

Życzę Państwu przyjemnej i ciekawej lektury oraz choć skrawka czystego nieba

Toruń, w październiku 2010 r.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "J. Wroncy".



## Szanowna Redakcja

Cieszę się że w „Uranii” są artykuły pozwalające być na bieżąco z postępem wiedzy w astronomii, jednakże brakuje mi artykułów dotyczących z grubsza powiedziawszy, obserwacji nieba-wątku dotyczącego analizy, podsumowania zjawisk zaobserwowanych na niebie głównie przez astronómów amatorów. Chciałbym, aby choć raz w roku pojawiły się takie artykuły, jak w przesłanych załącznikach (lub ich tłumaczenie).

Myślę, że wartościowe byłoby umieszczenie zaobserwowań na świecie analiz zmian: — w atmosferze Jowisza, Saturna, Wenus (informacji o aktywności danych utworów, stref), *The climax of Jupiter's global upheaval*, *The variability of Venusian markings in the visual waveband*, *Jupiter embarks on a global upheaval* — widoczności i zmian tworów na Marsie w czasie opozycji — *Mars in 2003: Fifth interim report* — relacji obserwacyjnych z ciekawych zjawisk na niebie *The great Saturn cover-up*, *Supernova in galaxy M51*.

Proszę także o wznowienie na łamach waszego pisma wyśmienitego cyklu artykułów o obiektach z katalogu NGC.

Proszę o kontynuację artykułów dotyczących historii astronomii (odkryć, obserwacji, np. planet)

Z poważaniem

Paweł Drożdżał

**Red.:** Dziękujemy Panu za konkretne wskazania interesujących tematów. Postaramy się je stopniowo realizować. Najważniejsze będzie znalezienie odpowiednich Autorów. A może wśród P.T. Czytelników znajdzie się chętni do podjęcia wskazanych tematów? Bardzo prosimy o zgłoszenia.

## Medal Włodzimierza Zonna

Zarząd Główny PTA przypomina o kolejnej edycji Nagrody im. Włodzimierza Zonna za szeroko rozumianą popularyzację astronomii (regulamin Nagrody [http://www.pta.edu.pl/dok/regulamin\\_Zonna.pdf](http://www.pta.edu.pl/dok/regulamin_Zonna.pdf)). Zgłoszenia kandydatów mogą dokonywać członkowie PTA, Zarząd Główny PTMA oraz astronomiczne placówki naukowe i planetaria. Zgłoszenia powinny być kierowane do Zarządu Głównego PTA i wysłane listownie bądź elektronicznie na adres Przewodniczącego Komisji dr. hab. Macieja Mikołajewskiego: [mamko@astri.umk.pl](mailto:mamko@astri.umk.pl) do 31 stycznia 2011 r.

Szanowna Redakcjo, od pewnego czasu spisuję wspomnienia z mojego życia i jeden z działań poświęciłem mojemu Dziadkowi, Ojcu Mamy. Inżynier Tadeusz Wyspiański był specjalistą budowy dróg i mostów, ukończył Lwowską Politechnikę i całe życie pracował na kolei, zaczynając jeszcze na c.k. kolejach żelaznych w Galicji. Zaszczepił mi zamilowanie do techniki, co stało się powodem wyboru zawodu (radiotechnika, obecnie powiedzielibyśmy — elektronika). Był też wielkim „kawalarzem”, a Jego powiedzenia i dowcipy powtarzamy sobie jeszcze do dzisiaj, chociaż od dawna nie ma Go wśród żywych.

Przesyłam fragment moich wspomnień zatytułowany: „Wystawa Kopernikowska”.

W czasie wojny Dziadkowie po ucieczce ze Lwowa osiedlili się w Krakowie, a ja z Rodzicami i Bratem musiałem zamieszkać na tzw. Ziemiach Odzyskanych — to tyle w skrócie na temat miejsca i akcji w przesłanym opowiadaniu.

Serdecznie pozdrawiam  
Jan Zyndram Maszkowski

## Wystawa Kopernikowska

Dziadzio Tadzio, chcąc uatrakcyjnić pobyt wnuków w Krakowie, z tym, że to właściwie tylko ja wchodziłem w rachubę, jako że mój brat w latach 40. był kilkuletnim brzędaczem, wynajdował najrozmaitsze „atrakcje”. Razu pewnego, a było to ok. roku 1947, przeczytał w gazecie, że w Muzeum Narodowym jest otwarta wystawa poświęcona Kopernikowi, a szczególnym eksponatem jest jeden z zachowanych egzemplarzy słynnego dzieła „O obrotach ciał niebieskich”. Poszedłem więc z Dziadkiem na

# tu jest miejsce na Twoją **REKLAMĘ**

Kontakt: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl), tel. (56) 61130 14

**Zapraszamy na nasze łamy!**

Krakowski Rynek i, ku naszemu zaskoczeniu, zastaliśmy drzwi Muzeum zamknięte, jako że był to poniedziałek, kiedy tradycyjnie wszystkie muzea są zamknięte. Nie wiem, czy Dziadzio nie doczytał dokładnie, czy też nie było w gazecie to wyraźnie napisane, dość, że mój żal był niebotyczny.

Wtem spostrzegliśmy grupę kilkunastu ludzi zbliżających się w naszą stronę i kierujących się wyraźnie do zamkniętych drzwi. Kiedy drzwi przed nimi się otwarty, Dziadzio razem ze mną „wkręcił” się do środka. Szybko spostrzegliśmy, że weszliśmy razem z wycieczką obcokrajowców posługujących się językiem niemieckim. Ich eleganckie ubrania, nam, po kilkuletniej okupacji i wojnie, szczególnie rzuciły się w oczy. Wycieczkę prowadził kustosz mówiący po polsku, a tłumacz przekładał jego słowa na niemiecki. Tak więc mieliśmy pełną, dwujęzyczną „obsługę”, tylko do dzisiaj nie rozumiem, dlaczego nas nie wyproszeno.

Najciekawszy moment nastąpił, gdy grupa doszła do dużej gabioty z opasłym toriskiem otwartym, jak mi się zdaje, na stronie ze znany rysunkiem Wszechświata proponowanego przez słynnego astronoma, ze Słońcem w samym środeczku. Kustosz opowiadał o wojennych losach tego egzemplarza, który hitlerowcy zrabowali z biblioteki uniwersyteckiej, odnależeli go bohaterzy żołnierze Armii Czerwonej, a rząd ZSRR wrócił Polsce. Po przetłumaczeniu tych słów najgrubszy z Niemców powiedział: „Ja, das Rote Armee zapzarap, und Sowjeti-

sche Regierung zurückgegeben” (w wolnym tłumaczeniu: tak, Armia Czerwona zwędziła, a rząd sowiecki wrócił) i wykonał gesty obrazujące kradzież i oddawanie. Wszyscy Niemcy wybuchały gromkim śmiechem, a najgłośniej śmiały się ten gruby żartowniś. Nie potrafię opisać, jak mu się trzęsło jego wielkie brzuszyko! Reakcją Polaków, kustosza i tłumacza, było pobłedniście i zesztywnienie oraz zachowanie całkowitego milczenia, a my mieliśmy satysfakcję, że ktoś głośno i dobitnie powiedział to, czego doświadczyliśmy od bohaterowej Armii Czerwonej na własnej skórze. Wreszcie Niemcy dosyći się naśmiali i cała wycieczka przeszła do dalszych eksploratorów. O ile sobie przypominam, to Dziadzio zamienił kilka słów z jednym z Niemców. Tak więc wycieczka do Muzeum udała się w pełni, a jeszcze mieliśmy dodatkowe atrakcje!

\*\*\*

Wielce Szanowny Redaktorze, drogi Profesorze.

Uprzejmie informuję, że mam na imię LONGIN a nie Leon. Dotyczy s. o.III (wnętrze okładki) i podpisu pod fotografią z OZMA w poprzednim zeszycie „Uranii”.

Z poważaniem

Longin Gladyszewski  
— członek PTMA od r. 1954,  
członek PTA od kilku lat.

**Red.:** Nasz redakcyjny chochlik, o czym już nie raz mieliśmy okazję się przekonać, ma brzydkie zwyczaj zmieniać imion znanych osób, nam pozostaje tylko bardzo przeprosić Szanownego Pana Profesora.

Dwumiesięcznik poświęcony upowszechnianiu wiedzy astronomicznej. Czasopismo powstałe z połączenia się „Uranii” (ISSN 0042-0794) — dotyczącego miesiącnika PTMA, ukazującego się od 1922 r. i „Postępów Astronomii” (ISSN 0032-5414) — dotyczącego kwartalnika PTA, wychodzącego od 1953 r. Patronat: Polskie Towarzystwo Astronomiczne i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii. Zachowana zostaje dotycząca numeracji „Uranii”. Pismo jest częściowo finansowane przez MNiSzW.

Nakład: 1700 egz.

**Redaktor Naczelny:**

Andrzej Woszczyk, CA UMK Toruń

**Zespół Redacyjny:**

Marek Golębiewski, CA UMK Toruń  
Magdalena Kożuchowska, CAMK Warszawa  
Adam Michalec, UJ/PTMA Kraków  
Roman Schreiber, CBK PAN  
Karolina Zawada, CA UMK 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) 611 30 08

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

**Adres WWW:**

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

**Druk:**

Zakład Poligraficzno-Wydawniczy  
POZKAL, Inowrocław

**Dystrybucja:**

Monika Adamów, CA UMK,  
ul. Gagarina 11, 87-100 TORUŃ  
tel. (0-56) 611 30 14  
E-mail: urania@astri.uni.torun.pl

Prenumerata w roku 2011 kosztuje 54 zł.  
Można również zamawiać pojedyncze zeszyty  
w cenie 10,90 zł.

Bank Millennium S.A. o/Toruń  
Nr 44 11602202000000055305241

**Wydawca:**

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

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii  
ul. Miodowa 13 m. 35, 31-055 Kraków  
tel. (0-12) 422 38 92  
E-mail: ptma@oa.uj.edu.pl  
WWW: [ptma.astronomia.pl](http://ptma.astronomia.pl)

Numer zamknięto w październiku roku 2010

\* 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 *Otwarcie na Wszechświat — astronomia naszych czasów*

Peter N. Wilkinson

Wykład inauguracyjny roku akademickiego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika. Znakomity astronom z Manchesteru, dr h.c. UMK, przedstawia drogi rozwoju astronomii i jej perspektywy. Podkreśla wagę postępu technologicznego i nie omija swego wkładu w ten rozwój. W radioastronomii widzi dziedzinę, która może jeszcze nam przynieść wiele odkryć i prowadzić do lepszego zrozumienia Wszechświata

### 250 *Subtelna struktura protuberancji słonecznych*

Janusz Osarczuk, Krzysztof Radziszewski

Słońce, jako najbliższa nam gwiazda, jest doskonałym źródłem informacji o strukturze i życiu gwiazd. Takich zjawisk, jak protuberancje, na innych gwiazdach nie możemy obserwować. Warto więc poznać dogłębie morfologię i fizykę tych zjawisk, w co wprowadzają nas Autorzy

### 258 *Jan Śniadecki 1756–1830*

Tomasz Kardaś

Jan Śniadecki, w ocenie historyków, był pierwszym polskim uczonym europejskiej miany końca XVII i początku XVIII w. Matematyk i astronom krakowski i wileński, założyciel Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie, odnowiciel Obserwatorium w Wilnie oraz długletni rektor Uniwersytetu Wileńskiego. 9 listopada 2010 r. przypada 180 rocznica Jego śmierci. Z tej okazji przypominamy Jego życie i działalność

**w kolorze:** P... (o.II); Otwarcie planetarium w Niepołomicach (w.I); Ewolucja Wszechświata — od Wielkiego Wybuchu do... WMAP (w.II–III); IOAA w Chinach; Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga (w.IV); Galeria Uranii (o.III); Mgławica NGC 346 w Małym Obłoku Magellana (o.IV)

**rozmaitości:** Odkryto najliczniejszy pozasłoneczny układ planetarny (257); Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga (265); Kamień z Księżyca w Częstochowie (265); Wpływ lotów kosmicznych na biofizykę krążenia (268); Pomarszczone góry Tytana (269); Uchwała ZG PTA w sprawie IOAA (269); Antracen, czyli amatorszczyna (270); Kopernik w tablicy okresowej pierwiastków (271); Film o poszukiwaniach grobu Kopernika doceniony w Chinach! (272);

**w kraju i na świecie:** Walny Zjazd Delegatów i nowe władze Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (263); Otwarcie planetarium w Niepołomicach (264); OZMA XIV w Urzędowie (266)

**astronomia w szkole:** XXXVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne (273); Międzynarodowa Olimpiada Astronomii i Astrofizyki 2010 (274)

**konkurs astronomiczny:** Moje Okno na Wszechświat

**kalendarz astronomiczny 2011:** Styczeń — luty

**galeria Uranii:** Jowisz, Uran i ISS

**astronomia i muzyka:** Camerata Warmińska o Koperniku

**relaks z Uranią:** Krzyżówka

**ciekawe strony internetowe**

## NA OKŁADCE

### Cassiopeia A, echo świetlne w podczerwieni

Pozostałości wybuchu supernowej, która pojawiła się 330 lat temu w gwiazdozbiorze Kasjopei zostały tu przedstawione w obrazie złożonym ze „zdjęć” w promieniowaniu X, w świetle widzialnym i promieniowaniu podczerwonym. Dwa obrazy uzyskane w odstępie roku w podczerwieni (teleskopem kosmicznym Spitzera) ujawniły rozszerzanie się mgławicy z ogromną, niewiarygodną wręcz prędkością. Zrozumiano, że jest to w istocie „echo świetlne”. Promieniowanie z supernowej ogrzewało okoliczny pył, który świecił, a z upływem czasu coraz bardziej odległy pył był ogrzewany i rozpoczynał świecenie. Sprawia to wrażenie szybkiej ekspansji mgławicy.

Mgławica Cas A jest silnym radioźródłem. Rozciąga się na przestrzeni 125 lat świetla i leży w odległości 10 tys. lat świetla od nas.

Źródło: O. Krause (Steward Obs.) et al., SSC, JPL, Caltech, NASA

Peter N. Wilkinson

# Otwarcie na Wszechświat — astronomia naszych czasów\*

**C**hciałbym dziś opowiedzieć Państwu o znaczeniu astronomii dla całej ludzkości, o moich własnych, drobnych przyczynkach do niej oraz o perspektywach na przyszłość, a zwłaszcza o szansach dla Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

## Lad Wszechświata

Wszyscy wiemy o tym, jak silne są związki religii, mitologii czy wreszcie astrologii z niebem. Przede wszystkim jednak przez tysiąclecia używano Słońca i gwiazd do nawigacji i do układania kalendarzy, by oddać w nich cykliczność pór roku oraz ustanowić czas siewu i żniw. Swoją drogą, skonstruowanie kalendarza jest całkiem skomplikowanym zadaniem, jako że okres rotacji Ziemi (czyli dzień), okres obiegu Księżyca na orbicie okołoziemskiej (miesiąc) i okres obiegu Ziemi wokół Słońca (rok) to trzy niepowiązane ze sobą liczby. W starożytności stworzono przeto wiele kalendarzy, a najdokładniejszy był ten z czasów Juliusza Cezara, kiedy to znano długość roku z dokładnością — aż albo tylko — 11 minut. Po 1500 latach z tych minut uskładało się 10 dni, na tyle dużo, że początki pór roku rozmijały się już bardzo wyraźnie z odpowiadającymi im datami. W 1582 r. porządek przywrócił

astronomowie pracujący na zlecenie papieża Grzegorza XIII. Efekt ich pracy, opartej zresztą w całości na obserwacjach okiem nieuzbrojonym, przyjmujemy dziś za oczywistość, gdy podajemy datę. Rzeczą jasną, dzisiaj nie obserwujemy nieba „okiem nieuzbrojonym”, lecz „uzbrajamy” je w wielkie teleskopy, a jeśli chodzi o czas, to zamiast rotacji Ziemi za jego wzorzec służą nam „chód” nieporównywalnie od niej dokładniejszych zegarów atomowych. *Notabene*, związek świata atomów i Wszechświata został udokumentowany przez współczesną naukę jako niezwykle scisły. Do tej kwestii nawiążę jeszcze nieco później.

Na razie cofnijmy się o ok. 40 lat od momentu kalendarzowej rewolucji gregoriańskiej, która nastąpiła w Watykanie, do epoki innej, zresztą o wiele ważniejszej, rewolucji biorącej swoje początki tu, w Toruniu. Mam oczywiście, na myśli Mikołaja Kopernika i jego *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, dzieło opublikowane tuż przed jego śmiercią w 1543 r. Nawiąsem mówiąc,

\* Nieznacznie skrócony wykład na otwarcie roku akademickiego na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika i po nadaniu Autorowi tytułu dr h.c. UMK. Tłumaczenie Andrzej Marecki. Śródtuły pochodzą od Redakcji.

aż połowa nakładu tego pierwszego wydania, liczącego prawdopodobnie ok. 500 egzemplarzy, przetrwała do dziś: najwięcej (44) w Niemczech, gdzie *De Revolutionibus* się ukazało, ale na drugim miejscu jest Wielka Brytania z 42 egzemplarzami. Mój Uniwersytet w Manchesterze posiada aż dwa i w ubiegłym tygodniu miałem szczyt mieć w rękach jeden z nich!

Kopernikańska interpretacja ruchu planet bazowała na estetyce, a nie fizyce. Ale rzucone przez Kopernika wyzwanie staremu myśleniu, polegające na zastąpieniu wyjaśnienia „oczywistego” wyjaśnieniem „piękniejszym”, zapoczątkowało nowy trend w myśleniu. Oto bowiem przez następne stulecie pogłębiało się zrozumienie owego „pięknego” eksperymentu fizycznego odbywającego się na niebie. To piękno polegało zwłaszcza na braku tarcia podczas ruchu „sfery niebieskich”, o co tak martwili się filozofowie, poczynając od Arystotelesa. Zrozumienie fizyki odpowiedzialnej za to obserwowane piękno skutkowało rewolucją naukową, ta zaś kompletnie zmieniła życie ludzi.

Istotą wszelkich nauk ścisłych jest tzw. „metoda naukowa” — najbardziej skuteczne podejście do systematycznego myślenia, jakie ludzkość wynalazła. Jej podstawą jest staranny opis zjawiska, do wyjaśnienia którego konstruuje się teorię czy mechanizm jego powstawania. Następnie teoria — i to jest najważniejsze — musi zostać przetestowana poprzez wykazanie, że jest w stanie przewidywać wyniki nowych obserwacji, innych niż dotychczasowe. Metoda naukowa oparta jest zatem na twardych dowodach. Otóż model kopernikański można by uznać za tylko elegancką w porównaniu z epicyklami Greków sposób opisu widomych ruchów planet, gdyby nie jedno „ale”. Z opisu tego wynikało mianowicie to, iż planeta Wenus powinna mieć fazy tak jak Księżyc oraz że jej widome rozmiary powinny cyklicznie się zmieniać. Niestety, okiem nieuzbrojonym nie można sprawdzić tych przewidywań, ale Galileusz — przy użyciu jednego z pierwszych teleskopów — był w stanie ocenić zmiany rozmiarów i faz Wenus, co dostarczyło bezspornego dowodu na to, że Kopernik miał rację.

Jeszcze dokładniejsze pomiary dokonane przez Tycho de Brahe, a następnie przeanalizowane przez Johannesa Ke-

plera ujawniły pewne subtelne szczegóły zachowania planet w ich ruchu orbitalnym, nieznane Kopernikowi. Zostały one poprawnie wyjaśnione w ramach prawa powszechnego ciążenia Izaaka Newtona. Tym samym, bodajże po raz pierwszy w historii, ludzkość doznała olśnienia, że istnieje pewien dogłębny ład rządzący Wszechświatem. Sam Newton miał natomiast powiedzieć, że *był w stanie widzieć dalej, bo stanął na barkach olbrzymów*. Jednym z nich był Kopernik, a więc rzec by można, iż współczesna nauka narodziła się m.in. w Toruniu.

Teorie naukowe są zawsze otwarte na atak ze strony nowych danych empirycznych. W odniesieniu do prawa powszechnego ciążenia upłynęło 350 lat, by — w obliczu niemożności poprawnego wyjaśnienia przezeń ruchu Merkurego — teoria ta musiała zostać zastąpiona przez inną. Nowa teoria grawitacji, czyli ogólna teoria względności Einsteina, była w stanie rozwiązać problem Merkurego, ale także przewidziała ugięcie promieni światła przechodzących w pobliżu tarczy Słońca. Zostało to triumfalnie potwierdzone podczas zaćmienia Słońca w roku 1919, Einstein z miejsca stał się ogólnoświatową naukową supergwiazdą, a astronomia — ponownie — okazała się nieodzowna do ustalenia pewnych fundamentalnych prawideł rządzących światem fizycznym.

10 lat później Edwin Hubble, astronom z Kalifornii, ogłosił odkrycie eksplansji Wszechświata. W ślad za tym inni astronomowie śmiało spróbowali „cofać wskazówki kosmicznego zegara” i tak oto w roku 1930 zaczął się wyłaniać obraz Wszechświata, który, chociaż dzisiaj jest ogromny, to kiedyś był nieporównywalnie gęstszy i gorący, a jego ewolucję opisują równania Einsteina. Jeśli się zwróci uwagę na to, jak Watykan prześladował Galileusza za wsparcie dla teorii Kopernika, na ironię zakrawa to, iż owa radykalna idea ekspandującego Wszechświata, nazwana potem Wielkim Wybuchem, po raz pierwszy została zaproponowana przez młodego katolickiego księdza George'a Lemaitre'a z Uniwersytetu w Louvain.

Po wojnie zaczął się masowy napływ nowych, szokujących danych obserwacyjnych. Zrodziła się zupełnie nowa gałąź astronomii — radioastronomia, której impuls rozwojowy dał wynalazek radaru. W latach 50. radioastronomowie

udowodnili, że liczba obiektów kosmicznych emitujących fale radioowe, czyli tzw. radioźródeł, była większa w przeszłości niż obecnie. To kolejny dowód na to, iż Wszechświat jest zupełnie inny niż głoszono jeszcze parę dekad wcześniej: rozszerzający się, a nie statyczny.

### Lata sześćdziesiąte

Lata 60., gdy zarówno ja, jak i liczni obecni tu znamienici profesorowie, byliśmy studentami, to czasy szczególnie bogate w nowe odkrycia na polu radioastronomii. Niemalże każdy rok owej dekady przynosił coś nowego i ekscytującego. Przewidywane wcześniej echo Wielkiego Wybuchu, zwane dziś kosmicznym mikrofalowym promieniowaniem tła, zostało przypadkowo odkryte przez dwóch inżynierów pracujących w Laboratoriach Bella nad możliwością łączności satelitarnej. Na drodze porównania klasycznych obserwacji optycznych i nowych, radiowych, odkryto kwaszary, najbardziej wydajne źródła promieniowania w Kosmosie. Nieprawdopodobnie wielkie ilości energii, jakie te obiekty emitują, są wytwarzane przez rozgrzaną materię w rezultacie jej upadku na czarną dziurę o masie rzędu 100 mln mas Słońca. W roku 1968 radioastronomowie z Cambridge natknęli się na pulsary. Nie są to co prawda czarne dziury, ale wirujące tzw. gwiazdy neutronowe. Taka gwiazda ma masę podobną do Słońca, ale „upakowaną” jest w kuli o średnicy nie większej niż cała metropolia londyńska, a więc jej gęstość jest większa niż jądra atomowego. Jeszcze inne odkrycie, mianowicie tzw. rozbłysków gamma, dokonane w tym czasie, również było przypadkowe. Aby monitorować stosowanie się ZSRR do postanowień „Paktu o częściowym zakazie prób z bronią nuklearną” z 1963 r., Stany Zjednoczone umieściły na orbicie okołoziemskiej pewną liczbę sztucznych satelitów mających za zadanie rejestrowanie „rozbłysków” promieniowania gamma pochodzącego od nielegalnych eksplozji nuklearnych na Ziemi. Ale zamiast rozbłysków pochodzących od działań człowieka, satelity te zarejestrowały analogiczne zjawiska, tyle że niewiadomego pochodzenia. Zagadka wyjaśniła się dopiero po 30 latach: rozbłyski gamma pochodzą od najbardziej gwałtownych zjawisk w Kosmosie. Gwiazdy o masach znacznie

przewyższających masę Słońca kończą swoje „życie” poprzez całkowicie rujnujące je eksplozje zwane zjawiskiem gwiazdy supernowej. To, co pozostaje w jej miejscu, to czarna dziura i potężny impuls promieniowania, tak silny, że „niesie się” przez cały Wszechświat. Gdyby taki rozbłysk gamma miał miejsce w naszej Galaktyce, byłby groźny dla życia na Ziemi i prawdopodobnie właśnie to zjawisko można obarczać odpowiedzialnością za przynajmniej jedno masowe wymieranie gatunków w dziejach naszej planety.

### Kilka słów o odkryciach

Do tej pory kilkakrotnie już użyłem tu słowa „odkrycie”. Warto zatem zapytać: jak się dokonuje odkrycia naukowego? Najczęściej jest tak, że poszukuje się nieprzebadanych dotąd aspektów przyrody, zwłaszcza na drodze postępu technicznego pozwalającego na zbieranie danych ze znacznie lepszą czułością, rozdzielcością kątową, dokładnością w wyznaczaniu odległości, czasu, częstotliwości czy kombinacji pewnej liczby tychże czynników. Ale tzw. „czynnik ludzki” jest równie ważny co nowa technika. Wspominałem przed chwilą o paru odkryciach dokonanych „przypadkowo”, a więc kiedy odkrywców dopisało szczęście. Pewien znany golfista miał powiedzieć: *im bardziej trenuję, tym więcej mam szczęścia w grze*, a Ludwik Pasteur z kolei stwierdził, że na gruncie nauk przyrodniczych przypadek faworyzuje „przygotowany” umysł. Innymi słowy, odkrywcami zostają często ci, którzy tak bardzo zagłębiają się w swoje badania, że stają się czuli na jakieś subtelne, acz nieoczekiwane odstępstwa od dotychczas przyjętej normy i w ten sposób wpadają na trop czegoś, czego nikt wcześniej nie zauważał. Inna droga do odkrycia to być właściwym człowiekiem na właściwym miejscu we właściwym czasie i do tego... nie wiedzącym „za dużo”, tzn. nie będącym nadmiernie obciążonym zestawem zastanych utartych opinii.

Oczywiście nie ma jednej recepty na dokonanie odkrycia, ale z pewnością najbardziej niezawodnym sposobem na znalezienie nowych zjawisk jest połączenie postępu technicznego z cierpliwością. Odsetek danych „niespodziewanych” w pewnym zbiorze informacji powoli rośnie wraz ze wzrostem ogólnej ilości danych. Już w roku 1940 zauważono, iż liczba nowo zidentyfikowa-

nych odmian w ramach danego gatunku zwierząt rośnie jak logarytm liczby zgromadzonych osobników tego gatunku. Dziś wiemy, że jest to generalne prawidło teorii informacji. W astronomii odpowiednikiem ekspedycji poszukujących nowych gatunków czy odmian fauny są tzw. przeglądy nieba i aby ich dokonywać, potrzebne są nowe teleskopy i otaczające je instrumentarium. Według mnie otwierają się przed nami wielkie możliwości przeprowadzenia zupełnie nowych, radiowych przeglądów nieba przy użyciu nowych naziemnych i satelitarnych radioteleskopów dostępnych w przyszłym 10-leciu. Przeglądy te uzupełniłyby istniejące przeglądy optyczne i w podczerwieni. To dlatego właśnie prof. Kus i ja zaproponowaliśmy budowę w Polsce nowego radioteleskopu pod egidą UMK. Oprócz swojej dużej średnicy (90 m) i innowacyjnej konstrukcji teleskop ten będzie wyposażony w „radiokamery” nowej generacji przejmujące całe niebo, by przeprowadzić przeglądy, jakich przedtem nie można było w ogóle dokonać.

Zapytacie może Państwo, jak to się stało, że radioastronomia ma tak bogatą historię odkryć, za które przyznano aż pięciu osobom Nagrody Nobla, czyli zdecydowanie więcej niż w innych dziedzinach astronomii? Chciałoby się nieskromnie pomyśleć, że może po prostu radioastronomowie są mądrzejsi. Ale prawda jest inna. Fale radiowe niosą unikalne informacje o Wszechświecie. Są one wytwarzane na rozmaite sposoby. Może to być mikrofalowe promieniowanie tła, ale mogą to być procesy zachodzące na powierzchni Słońca. Ich źródłem mogą być najprostsze atomy albo skomplikowane molekuły. Ich „nadajniki” mogą się znajdować w pobliżu tak egzotycznych obiektów, jak gwiazdy neutronowe czy czarne dziury. A co najważniejsze, fale radiowe są w stanie przenikać chmury pyłu kosmicznego, który jest przeszkodą nie do pokonania dla innych rodzajów promieniowania. Nie dziwicie się Państwo zatem, jeśli powiem, iż według mnie jeszcze bardzo wiele możemy się dowiedzieć z obserwacji nieba radioteleskopami.

### Moja praca astronoma

Pragnę teraz powiedzieć nieco o mojej pracy i o naukach, jakie z niej wynikają.

W swojej książce *Profiles of the Future* Arthur C. Clarke, brytyjski pisarz

science fiction i futurolog, napisał: *Kiedy znakomity, ale będący już w starszym wieku naukowiec twierdzi, że coś jest możliwe, to prawie na pewno ma rację. Kiedy natomiast tenże naukowiec twierdzi, że coś jest niemożliwe, to najprawdopodobniej myli się*. Otóż niektóre z moich największych osiągnięć zostały zaklasyfikowane jako niemożliwe przez profesora Martina Ryle'a, doktora h.c. UMK, który to tytuł Wasza Uczelnia przyznała mu w roku 1973, tj. na rok przed tym, gdy przyznano mu Nagrodę Nobla z fizyki.

W latach 50. w miejscu zwanym Jodrell Bank niedaleko Manchesteru profesor Bernard Lovell zbudował pierwszy na świecie wielki radioteleskop o średnicy lustra 76 m. To właśnie ten instrument natchnął mnie, by zostać radioastronomem. Ale, aczkolwiek wielkie radioteleskopy są bardzo czułe, nie potrafią one wyróżnić wielu detali w radiowym obrazie obserwowanego obiektu. Zdolność rozdzielcza teleskopu Lovella jest gorsza niż naszych oczu! Żeby obraz był bogatszy w szczegóły, teleskop musiałby być jeszcze większy, ale wtedy napotykamy na ograniczenia związane z wiatrem i grawitacją, toteż jak dotąd nikt nie zbudował w pełni sterowalnego radioteleskopu o średnicy większej niż ok. 100 m.

Profesor Martin Ryle rozwiązał problem ograniczonej rozdzielczości radioteleskopu poprzez odpowiednie składanie sygnałów pochodzących od systemu wielu mniejszych radioteleskopów rozmieszczonych na przestrzeni kilku kilometrów. W rezultacie udało mu się stworzyć wirtualny radioteleskop o wielokilometrowej — jak mówimy — „syntetycznej” aperturze bez konieczności budowania jej w całości. Za opracowanie tej metody Martin Ryle otrzymał w 1974 r. wraz ze swoim kolegą Anthony Hewishem Nagrodę Nobla. Najlepsze uzyskane przez nich obrazy ujawniły obecność wąskich strug emitującej fale radiowe plazmy wskazującej na galaktykę macierzystą zlokalizowaną w centrum radioźródła. Mimo to rozdzielcość nowego „syntetycznego” radioteleskopu Ryle'a była wciąż za mała, by zatrzymać w głębokim galaktyki, by zobaczyć, co się w niej dzieje.

Postulat polepszenia rozdzielczości oznaczał jednak konieczność zastosowania jeszcze większych odległości pomiędzy faktycznymi radioteleskopami, z których syntezuje się teleskop wirtu-

alny. I tu pojawił się problem: tak jak z winy atmosfery ziemskiej gwiazdy migoczą, co powoduje, że ich obrazy w teleskopie optycznym są rozmazane, tak z tej samej przyczyny radiowe obrazy w syntetycznym radioteleskopie stają się nieostre, gdy odległości pomiędzy faktycznymi antenami przekraczają ok. 5km, ponieważ w takim układzie nie udaje się poprawnie „zgrać” ze sobą sygnałów radiowych zarejestrowanych przez poszczególne radioteleskopy. Ryle był przekonany, że ów rujujący efekt fundamentalnie ogranicza rozdzielcość osiąganą w ramach jego metody. Wkrótce miało się jednak okazać, że Ryle się mylił!

Gdy w 1974 r. moja żona i ja uzyskaliśmy doktoraty, wyjechaliśmy z Manchesteru do Kalifornii na staże podkortorskie w Caltechu. Ja nawiązałem współpracę z profesorem Marshalllem Cohenem i innym stażystą świeżo po doktoracie, dzisiaj profesorem Caltechu, Anthonym Readheadem. Grupa z Caltechu, do której dołączyłem, to byli pionierzy techniki obserwacyjnej, zwanej interferometrią wielkobazową (*Very Long Baseline Interferometry, VLBI*). VLBI to ekstremalna realizacja idei syntezы aperature Ryle; w tym rozwiązaniu radioteleskopy nie są ze sobą połączone, a odbierane przez nie sygnały są rejestrowane na nośnikach magnetycznych wraz z ultraodkładowymi znacznikami czasu z zegarów atomowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu radioteleskopy mogą być zlokalizowane w różnych krajach nawet na różnych kontynentach, a tworzenie syntetycznego teleskopu odbywa się poprzez odczyt zapisanych danych, ich synchronizację i korelację. (Proces ten zwykle ma miejsce kilka tygodni po obserwacji).

Gdy tylko tę sprytną technikę udało się wdrożyć w latach 60., wyszło na jaw, że centra kwazarów silnie emittują fale radiowe. Niestety, wspomniany wcześniej efekt zaburzania obserwacji przez atmosferę uniemożliwił wykonywanie dokładnych obrazów regionów odpowiedzialnych za tę emisję. Niezrażeni opinią noblisty, Readhead i ja postanowiliśmy zmierzyć się z tym problemem. Szczegóły naszego rozwiązania są zbyt techniczne, by tu je omawiać, chciałbym jednak wspomnieć, że na przykładzie naszych prac potwierdziło się, iż nie każdy genialny pomysł znajduje uznanie w chwili powstania i musi dopiero po-



Dwa źródła w centrum tego złożonego, rentgenowsko-radioowego zdjęcia to prawdopodobnie współorbitujące, supermasywne czarne dziury, zasilające gigantyczne radioźródło 3C75. Końcowe stadium zlewania się czarnych dziur będzie prawdopodobnie silnym źródłem fal grawitacyjnych. Źródło: Obraz rentgenowski: NASA / CXC / D. Hudson, T. Reiprich et al. (Alfa); Obraz radiowy: NRAO / VLA / NRL

czekać na właściwy czas. Ta reguła sprawdziła się choćby na przykładzie... Kopernika. W naszym przypadku istotny element metody eliminowania zakłóceń od atmosfery w obserwacjach radiowych został wynaleziony przez pewnego astronoma z Manchesteru 20 lat wcześniej, ale został zapomniany. My natomiast połączylismy jego ideę z naszymi własnymi pomysłami, tak iż powstała nowa metoda i to ona pozwoliła nam na uzyskanie pierwszego radiowego obrazu jądra kwazara.

Dzięki możliwości wykonywania obrazów radiowych o tak zawrotnej rozdzielcości doszło do fundamentalnych odkryć na tym polu badań naukowych. Pokazały one, że centra radioźródeł mają cienkie strugi wydobywające się z jednej strony galaktycznego jądra, a co więcej, że materia w tych strugach może się poruszać z prędkościami pozornie większymi niż prędkość światła! Wkrótce wyjaśniało się, że einsteinowski zakaz przekraczania prędkości światła nie jest tu łamany, a materia w strudze faktycznie porusza się z prędkością jednak nieco mniejszą od prędkości światła, a efekt prędkości pozornie nadświetlanej jest wywołany orientacją strugi w kierunku obserwatora. Odcinek strugi w pobliżu jądra jest zazwyczaj ukierunkowany identycznie jak znacznie dalsze jej fragmenty, co oznacza, że gdzieś w centrum kwazara musi kryć się nie tylko potężne źródło energii zdolne do tego, by rozpoczęta częścią do relatywistycznych prędkości, ale także musi ono umieć wypo-

sażyć strugę w coś na kształt „pamięci kierunku”. Dzisiaj wiemy już, że strugi formowane są w pobliżu wirującej czarnej dziury, a jej moment obrotowy utrzymuje oś czarnej dziury, a w konsekwencji i struge, w stałym położeniu przez miliony lat.

Dalsze udoskonalenia techniki obserwacyjnej, o której tu mówię, stały się kluczem do sukcesu sieci MERLIN, czyli zespołu radioteleskopów rozlokowanych w poprzek całej Anglii. To, że produkuje ona doskonałej jakości obrazy radiowe, miało istotny wpływ na rozwój innych sieci radioteleskopów, a mnie osobiste uzmysławiało wiarygodność pomysłu sieci o łącznej powierzchni zbierającej tworzących ją radioteleskopów sięgającą kilometra kwadratowego, czyli 200 razy więcej niż powierzchnia radioteleskopu Lovella koło Manchesteru. Dziś projekt SKA (*Square Kilometre Array*), czyli radioteleskopu o powierzchni kilometra kwadratowego, stał się ogólnosłowiającym przedsięwzięciem, w które zaangażowani są astronomowie i inżynierowie z dziesiątek instytutów. Natomiast w oparciu o technikę VLBI powstało na świecie kilka sieci: kontynentalnych i globalnych. UMK ma doskonały 32-metrowy radioteleskop będący kluczowym składnikiem Europejskiej Sieci VLBI (EVN), biorący ponadto udział w globalnych obserwacjach VLBI. A ponieważ rozdzielcość VLBI tak bardzo przewyższa rozdzielcość wszystkich pozostałych technik stosowanych

w astronomii, VLBI ma doniosły wkład w zrozumienie wielu zjawisk astronomicznych. Ponadto warto w tym miejscu zauważać, że astronomia była zawsze nauką nieuznającą granic — nawet w czasie wojny astronomowie w Europie wymieniali się danymi! — a funkcjonowanie sieci VLBI, będąc całkowicie uzależnionym od międzynarodowej współpracy, jest tego znakomitym przykładem.

### Wielka nauka

Międzynarodowe sieci VLBI są ponadto dowodem na to, iż astronomia stała się „wielką nauką”, w tym sensie, że najważniejsze badania prowadzone są przez duże zespoły pracujące na kosztownych urządzeniach czy to na Ziemi, czy w przestrzeni kosmicznej. Potężne strumienie danych spływające z takich wielkich urządzeń obserwacyjnych stworzyły nowy typ astronoma. Jego działalność naukowa to już nie śleczne przy lunecie, ale raczej przy komputerze (oczywiście podłączonym do Internetu), by „przekopywać złoża” zarchiwizowanych danych obserwacyjnych. (W języku angielskim ukuto nawet specjalną nazwę dla tego typu pracy: *data mining*, czyli dosłownie: „górnictwo informacyjne”). Połowa artykułów naukowych powstających na podstawie obserwacji dokonanych Kosmicznym Teleskopem Hubble'a to zrobienie użytku z danych niewykorzystanych do pierwotnie zamierzzonego celu, a więc są one efektem działalności typu *data mining*.

Przykładem przepastnej bazy danych o milionach galaktyk i kwazarów, i setkach milionów gwiazd jest *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS). Jest ona bezpłatnie dostępna przez Internet. Systematyczne przeszczepianie tej bazy przez grupę ochronników doprowadziło ostatnio do odkrycia nowej klasy galaktyk! A pewien nauczyciel w szkole w Holandii odkrył w SDSS obiekt, którego natury w ogóle nie rozumiemy.

Podejście do badań, jakie reprezentuje tzw. „wielka nauka”, niesie tylko jedną niedogodność, mianowicie taką, że kosztowne instalacje czy urządzenia właśnie dlatego, że są tak kosztowne, nie bardzo mogą służyć jako „pracownia studencka”, gdzie studenci uczą się obserwacyjnego rzemiosła na prawdziwym sprzęcie. Ja miałem to szczęście, że wychowałem się jeszcze w innej epo-

ce: „w kulturze” obserwatorium uniwersyteckiego. My znaleźliśmy nasz sprzęt na wylot, tak iż nawet potrafiliśmy usuwać ewentualne usterki. To pokazuje, że musimy też tworzyć i rozwijać instrumenty badawcze na uniwersytetach, zarówno po to, by otwierać nowe obszary badań, które później mogą być eksploatowane na wielkich urządzeniach, ale także aby umożliwić na nich naukę studentom. To oni bowiem będą projektowali teleskopy przyszłości.

Profesor Kus i ja jesteśmy teraz zaangażowani w międzyuniwersytecki projekt, w ramach którego zbudowana na moim uniwersytecie w Manchesterze wielopiksela „kamera radiowa” została zainstalowana na toruńskim 32-metrowym radioteleskopie. Osiągamy tym sposobem dwa cele: po pierwsze robimy świetną naukę, a po drugie młodzi astronomowie z Torunia i Manchesteru zdobywają doświadczenie w uruchamianiu i eksploatacji skomplikowanego sprzętu, a także rozwijają nowe sposoby analizy danych. A doświadczenia stąd wynikające inspirują nas, gdy myślimy o propozycji nowego 90-metrowego radioteleskopu.

Biorąc pod uwagę ograniczoną liczbę miejsc pracy na uczelniach, jest prawdopodobne, że większość absolwentów będzie jednak szukała pracy na rynku. W Wielkiej Brytanii np. rząd oczekuje, że finansowanie badań naukowych z budżetu państwa będzie się przekładać na rozwój gospodarczy. A techniki wypracowane przez radioastronomów są niezrównane bliskie zastosowaniom praktycznym. Ostatnio zainteresowałem się możliwością wykorzystania pewnego rozszerzenia zasady syntezy apertury Ryle'a do... kontroli bezpieczeństwa na lotniskach. Ale to jest temat na inną rozmowę. Kojarzy mi się on jednak z jednym ze standardowych pytań zadawanych astronomom: czy nie lepiej byłoby wydawać pieniądze na bardziej palące potrzeby, zwłaszcza na zmniejszenie cierpień ludzi? Moja odpowiedź brzmi: ale przecież ludzie FASCYNUJĄ się astronomią! W mediach, w rubryce „nauka”, astronomia zajmuje aż drugie miejsce zaraz po tematyce medycznej. Wiele razy udzielałem tu, w Polsce, wywiadów dla telewizji, mając 32-metrowy radioteleskop w Piwnicach jako tło. Ale, podchodząc do tego już bardziej praktycznie, ponad wszelką wątpliwość, ogrom i niezwykłość Kosmosu inspiru-

je studentów, by podejmować studia w dziedzinie nauk ścisłych. A technologia z „najwyższej półki”, rozwinięta dla lub zgoła przez astronomów, dała nam takie rzeczy, jak cyfrowe przetworniki obrazu powszechnie dziś stosowane w aparatach fotograficznych, możliwość bezprzewodowego łączenia się z Internetem z laptopów czy techniki przetwarzania obrazu stosowane w medycynie i kryminalistyce. Jest jeszcze kilka innych tego typu przykładów.

### Quo vadis, Astronomio?

Skoro zatem zgadzamy się, że opinia publiczna nie ma nic przeciwko astronomii, to zapytajmy, dokąd ona dziś zmierza.

Wszechświat jest, całkiem dosłownie, ostatnią granicą naszego poznania. Możemy w nim szukać — i znaleźć — zjawiska, których odtworzenie w ziemskich laboratoriach jest absolutnie niemożliwe. I samo już myślenie o tym rodzi fundamentalne pytania nauki. Odkryliśmy kilka zasadniczych prawd o Wszechświecie, np. że nie rozciąga się on nieograniczenie wstecz w czasie, ale że coś dramatycznego wydarzyło się 13,7 mld lat temu, albo że obowiązuje w nim — jednak, bo nie jest to wcale oczywiste — geometria euklidesowa. Ale chyba najbardziej sensacyjnym odkryciem ostatnich lat jest to, iż większość materii i energii (a według Einsteina są to byty tożsame) Wszechświata przybiera taką formę, że nie są one do wykrycia bezpośrednio przez nasze teleskopy. „Normalna” materia, z której zbudowane są gwiazdy, planety i my, stanowi tylko 5%, a reszta to tzw. ciemna materia, nie emitująca światła czy fal radiowych i tzw. ciemna energia, mająca własności antygrawitacji. Wychodzi więc na to, że 95% Wszechświata to obecnie dla nas kompletna tajemnica.

W ciągu najbliższych lat tempo postępu w nauce zapewne utrzyma się. Wyniki uzyskane przez Wielki Zderzacz Hadronów w CERN-ie, związane z nowymi obserwacjami Kosmicznego Mikrofalowego Promieniowania Tła powiedzą nam więcej o największym akceleratorze cząstek: Wielkim Wybuchu. Nowe obserwacje odległych gwiazd supernowych oraz trójwymiarowego rozkładu galaktyk pozwolą nam ustalić przyszłe losy Wszechświata. Obecnie bowiem wygląda na to, że ekspansja Wszechświata przyspiesza i za kilka bi-

lionów (tj. milionów milionów) lat nasza Galaktyka będzie samotna w ciemnym Wszechświecie. Niewesoły to wiadok...

Kolejne wielkie pytanie to czy aby na pewno rozumiemy dobrze fizykę? Bo to jest jednak zadziwiające, że te same prawa fizyczne obowiązują w całym obserwowalnym Wszechświecie i niezależnie od tego, jak bardzo cofamy się w czasie. Niemniej jednak dwa fundamenty współczesnej fizyki: mechanika kwantowa i ogólna teoria względności są niekompatybilne i zapewne obie zostaną w przyszłości zastąpione przez głębszą sięgającą teorię łączącą te obie. Aktualnie faworytem jest w tym względzie tzw. teoria strun. (Nie zamierzam udawać, że ją rozumiem). Mówię się, że teoria ta potencjalnie oferuje odpowiedź na inny iście kosmiczny problem, a mianowicie kwestię „dokładnego dopasowania” praw i stałych fizycznych. Prawa te i stałe są bowiem dokładnie takie, jak „powinny być”, żeby powstało życie i istoty świadome, czyli my. Z drugiej strony gdyby nie były takie, to nie byłoby nas, więc nie miałby kto zadać pytania, dlaczego te stałe mają takie wartości. Jest to trochę błędne koło, ale mimo wszystko widoczne „dokładne dopasowanie” jest intrygujące. Według jednej z proponowanych odpowiedzi na pytanie, skąd się ono wzięło, stało się tak po prostu przypadkowo. Proponenci teorii strun sugerują mianowicie, że nasz Wszechświat jest jednym z  $10^{500}$  Wszechświatów — to jakaś zupełnie niewyobrażalna liczba — gdzie prawa fizyki i stałe fizyczne są kompletnie różne. My zaś żyjemy akurat w takim Wszechświecie, który pozwolił na wykształcenie się istot świadomych.

W swojej nowej książce słynny brytyjski kosmolog Steven Hawking twierdzi, że *Bóg jest niepotrzebny, bo wszystko może wyjaśnić teoria strun*. Jest tylko jeden problem: jak dotąd nie ma ani krzyż dowodu na to, iż teoria ta jest słuszna. Ale nawet jeśli w przyszłości uczeni znajdą dowody na jej słuszność, to i tak przyczyni tego matematycznego porządku w samej istocie Wszechświata (czy raczej „Multiświata”) pozostaną tajemnicą. Podobnie jak to ma miejsce w słynnych dowodach na istnienie Boga według Tomasza z Akwinu, wszystko sprawdza się do kwestii Pierwszej Przyczyny. Dlaczego w ogóle cokolwiek istnieje? — filozofowie od tysiącleci głowią się nad tym najważniejszym py-

taniem. Od siebie mogę powiedzieć tylko tyle, że nauki przyrodnicze nie dostarczają nam w tej materii najdrobniejszej choćby wskazówki czy podpowiedzi. Z drugiej strony, nasze mózgi wyewoluowały w tym celu, żeby... sprawniej polować i zbierać żywność na równinach Afryki, przeto — być może — niektóre metafizyczne pytania trwale nas przerastają.

### Czy jesteśmy sami w Kosmosie?

Ale może są w Kosmosie rozumne istoty, które dokonały większego postępu? Poszukiwanie życia poza Ziemią jest jednym z zagadnień astronomii XXI w. Znalezienie życia gdzieś w Kosmosie, nawet jeśli jego forma okaże się prymitywna, wpłynie kolosalnie na naszą psychę, obalając ostatni element naszego poczucia wyjątkowości we Wszechświecie i kończąc tym samym dzieło zaczęte przez Kopernika. Do tej pory znaleziono ok. 500 planet obiegających gwiazdy inne niż nasze Słońce, ale wszystkie one są albo duże, albo przebywają za blisko swojej gwiazdy, by utrzymać się na nich życie w formie, jaką znamy. Wkrótce jednak nowa generacja teleskopów umieszczonych na orbicie będzie w stanie wykryć planety podobne do Ziemi. Pierwsze doniesienia o takich odkryciach zaczynają się już pojawiać, a najbliższe lata powinny przynieść ich znacznie więcej. Co więcej, są spore szanse na wykrycie tlenu w atmosferach tych planet, co byłoby niezbytym dowodem na istnienie tam roślin. Natomiast, jak na razie, mimo wielu poszukiwań przy pomocy radio-teleskopów, nie ma żadnych dowodów na to, że docierają do nas „inteligentne” sygnały z Kosmosu. Ale, być może, jesteśmy zbyt prymitywni, by je wyłapać, a więc jesteśmy w tym względzie podobni do... plemion zamieszkujących Amazonię czy Borneo, które tkwią w błogiej nieświadomości, że na polanach w ich dżunglach można z powodzeniem odbierać sygnały od satelitów komunikacyjnych. Tak samo, być może, my z kolei nie mamy bladego pojęcia, że cywilizacje milion czy więcej lat od nas starsze cały czas do nas nadają, tylko że czynią to w sposób kompletnie dla nas nieprzystępny.

### Wróćmy na Ziemię

Kończąc, chciałbym wrócić na Zie-

mię i zacytować ministra brytyjskiego rządu, który niedawno powiedział: *Bardzo naukowe są dobrem publicznym. Pomagają one określić jakość naszej cywilizacji i pozwalają włączać logiczne, naukowe myślenie do procesów decyzyjnych rządu, biznesu i gospodarstw domowych. Jesteśmy wciąż narażeni na przesady i nieracjonalne uprzedzenia w odniesieniu do świata przyrody i to właśnie naukowcy pomagają uodparniać się przeciwko nim*. Piękne słowa, ale strzeżcie się polityków — powiedział powyższe, w tym samym przemówieniu minister zapowiedział... znaczne cięcia w budżecie Zjednoczonego Królestwa przeznaczonym na naukę.

A zatem u progu nowego roku akademickiego składam Panu Rektorowi i jego współpracownikom moje najlepsze życzenia sukcesów w trudnym zadaniu prowadzenia i rozwijania uniwersytetu w tych finansowo trudnych czasach. Jestem pewien, że zarządzacie Państwo waszą uczelnią jak dobrze prosperującym przedsiębiorstwem, ale mam nadzieję, że i Władze Rektorskie i Senat UMK unikną tendencji, która pojawia się na uniwersytebach brytyjskich, aby zarządzać uczelnią tak, jak by to było komercyjne przedsiębiorstwo. Praca intelektualna to jednak nie jest praca przy taśmie produkcyjnej. Natomiast kadrze naukowej waszej uczelni i studentom wszystkich kierunków nauczania dedykuję słowa poety Roberta Frosta: *W waszej pracy naukowej miejcie odwagę wybierać „mniej uczęszczane” drogi, nie bójcie się ryzyka, patrzcie naprzód, rzucajcie wyzwanie starym ideom, szukajcie nowych sposobów myślenia i nigdy świadomie nie wybierajcie rozwiązań „drugiego gatunku”*. Aha, i na koniec pamiętajcie o słowach słynnego wynalazcy Thomasa Alvy Edisona: *geniusz to 1 procent natchnienia i 99 procent potu* (w oryginale gra słów: *1 per cent inspiration, 99 per cent perspiration*). Nic się bowiem naprawdę nie udaje, o ile nie włoży się w to ciężkiej pracy.

*Autor jest profesorem radioastronomii Uniwersytetu w Manchesterze, dyrektorem Obserwatorium Radioowego w Jodrell Bank oraz projektodawcą wielu wielkich instrumentów radioastronomicznych na świecie. Jest doktorem h.c. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika*

Janusz Osarczuk  
Krzysztof Radziszewski

*Protuberancje wykazują strukturę włóknistą. Badanie tej struktury jest niezbędne do poznania zjawisk zachodzących w protuberanii oraz do stworzenia jej prawidłowego modelu.*

Fot. SOHO-EIT/ESA/NASA

# Subtelna struktura protuberanii słonecznych

## 1. Charakterystyka ogólna

Protuberancje stanowią jedno z najciekawszych zjawisk obserwowanych na Słońcu. Są obiektami zbudowanymi z chłodnej ( $4300 \div 10\,000$  K) i stosunkowo gęstej ( $10^9 \div 10^{11}$  cm<sup>-3</sup>) plazmy, zawieszonymi w koronalnym polu magnetycznym na wysokości od kilkudziesięciu tysięcy do ponad 100 000 km nad fotosferą. W porównaniu z koroną słoneczną, protuberancje są od niej ok. 100 razy chłodniejsze i 100 razy bardziej gęste. Obserwacje prowadzone w długościach fal, w których świeci ich materia (np. w linii H $\alpha$  wodoru, o długości fali 6562,8 Å lub liniach wapniowych), sugerują, iż protuberancje nie są jednolitymi obiektami, lecz posiadają bogatą wewnętrzną strukturę.

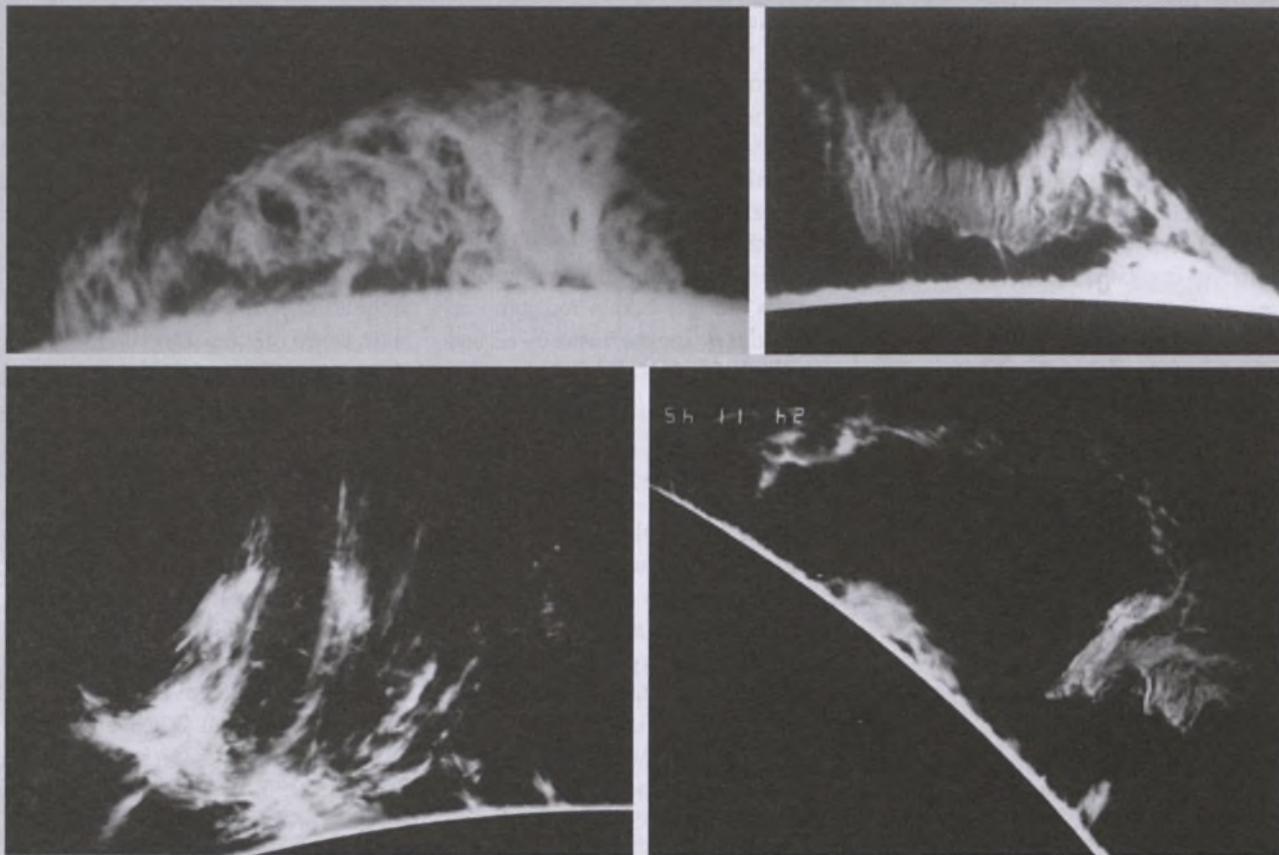
## 2. Protuberancje a włókna

Protuberancje (rys. 1) można obserwować zarówno jako jasne obiekty nad brzegiem tarczy Słońca, na tle stosunkowo ciemnej korony słonecznej — wtedy są nazywane protuberancjami, jak też jako ciemne obiekty widoczne na tle tarczy słonecznej — wówczas noszą nazwę włókien słonecznych. Protuberancje i włókna są to więc te same obiek-

ty, oglądane odpowiednio w liniach emisyjnych (jasne struktury nad brzegiem tarczy Słońca) lub absorpcyjnych (ciemne na tarczy słonecznej) — o takich samych długościach fal.

Protuberancje wznoszą się nad spokojną chromosferą (protuberancje spokojne/protuberancje obszarów spokojnych) oraz nad obszarami aktywnymi (protuberancje obszarów aktywnych). Szczególnym rodzajem protuberancji jest tzw. protuberancja okołobiegunaowa okalająca naszą gwiazdę na szerokościach heliograficznych większych niż  $\pm 40^\circ$ . Protuberancja tego typu wygląda jak korona nałożona na okolice bieguna (północnego lub południowego), stąd też pochodzi jej angielska nazwa *polar crown prominence*.

Włókna (rys. 2) są usytuowane zarówno powyżej tzw. *linii neutralnej pola magnetycznego* (ang. *Polarity Inversion Line* — PIL), czyli linii na fotosferze, będącej rzutem miejsc w protuberancji, w których składowa indukcji pola magnetycznego obserwowana wzdłuż linii widzenia (ang. *Line of Sight* — LOS)  $B_{LOS}$  zmienia znak. W zależności od miejsca występowania rozróżnia się włókna obszarów aktywnych (wewnętrz-



Rys. 1. Filtrogramy  $H\alpha$  (czyli zdjęcia wykonane przy użyciu wąskopasmowego filtru  $H\alpha$ ) przedstawiające protuberancje z uwidocznionymi elementami: grzbietem/kręgosłupem, nogami i stopami. Filtrogramy wykonane zostały w obserwatorium w Białkowie (I.A.U.Wr.) przy użyciu Dużego Koronografu i wąskopasmowego filtru  $H\alpha$ : a) spokojna protuberancja z dnia 9 czerwca 1998 roku — zdjęcie wykonane zostało bez użycia sztucznego księżyca (widoczna jest część tarczy słonecznej); b) spokojna protuberancja z dnia 30 marca 1991 roku; c) protuberancja eruptywna zaobserwowana w dniu 17 maja 1989 roku; d) erupcja protuberancji w dniu 24 maja 1989 roku

obszarów aktywnych), włókna pośrednie (na granicy obszarów aktywnych) oraz włókna spokojne (nad spokojną chromosferą).

Protuberancje możemy sklasyfikować również pod względem ich aktywności na: protuberancje spokojne, aktywizowane i eruptywne. Protuberancja spokojna może zostać zaburzona (aktywizowana) na skutek wystąpienia w pobliżu rozbłysku słonecznego (i przełączenia się linii pola magnetycznego) lub przejścia fali uderzeniowej. Destabiliza-

cja spokojnej protuberancji może nastąpić również na skutek odpływu części materii w kierunku chromosfery słonecznej, co może doprowadzić nawet do erupcji protuberancji i wyrzutu materii słonecznej w przestrzeń międzyplanetarną. Ciekawostką jest fakt, iż często kilka-kilkanaście godzin po erupcji (szczególnie w obszarze aktywnym) protuberancja potrafi się odbudować w tym samym miejscu i prawie w tym samym kształcie, co świadczy o tym, że pole magnetyczne będące konstrukcją

nośną protuberancji nie uległo destrukcji na skutek erupcji.

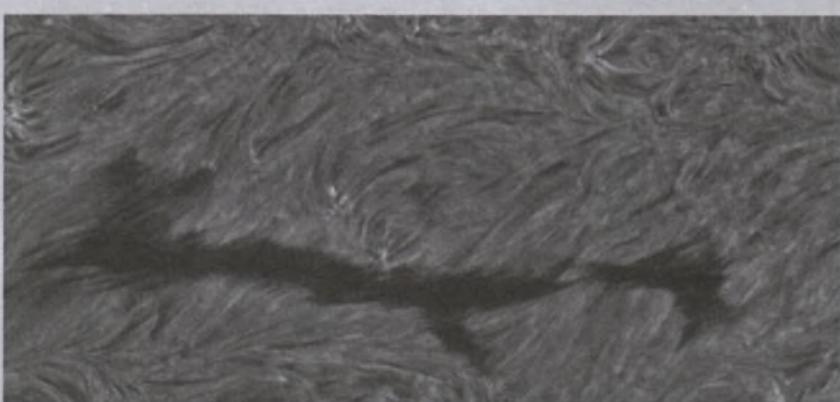
### **3. Budowa protuberancji i włókien**

Protuberancje, oglądane „z boku”, mogą przyjmować różne kształty, co stanowi główną podstawę ich klasyfikacji opisowej. Oprócz głównej części zazwyczaj widać również elementy opuszczające się aż do chromosfery. Są to tzw. nogi, które z kolei — w miejscu styku z chromosferą — kończą się stopami (patrz rys. 1). Nogi nazywa się też czarnymi brodami.

We włóknach również wyróżnia się dwie składowe. Grzbiet czy też kręgosłup biegnie horyzontalnie wzdłuż szczytu całego włókna, choć w niektórych miejscach jest bardzo słabo widoczny. Nogi (brody) znajdują się na krańcach włókna, a także są widoczne jako wypustki wyrastające z boków włókna i siegające do chromosfery (patrz rys. 2).

### **4. Wielkoskalowa a drobna struktura protuberancji**

Protuberancje (spokojne) potrafią przetrwać kilka obrotów Słońca, czyli



Rys. 2. Włókno z uwidocznionymi elementami: grzbietem/kręgosłupem, nogami, stopami i brodami. Widoczna jest również subtelna struktura włókna (włókienka). Zdjęcie pochodzi z pracy: Heinzel, P., Anzer, U., *On the Fine Structure of Solar Filaments*, 2006, *ApJ*, 643L, L65-L68

kilka miesięcy. W tym czasie ich globalna struktura jest raczej stabilna, natomiast lokalnie dokonują się ciągłe, dynamiczne zmiany. Dobrze widać to na rys. 3a-3d, którego elementy są kadrami z filmu, zarejestrowanego przez satelitę Hinode, ukazującego trwającą prawie 5 godz. gwałtowną przebudowę drobnych części protuberancji. Co więcej, ruch materii w poszczególnych „włókienach” (nawet najbliższej ze sobą sąsiadujących) może odbywać się w różnych, kontrolowanych głównie przez pole magnetyczne, kierunkach.

## 5. Włókienka

Wszystkie części protuberancji składają się z cienkich struktur (przypominających kształtem rurki) zwanych włókienkami. W języku angielskim używane są dwa określenia:

- *threads* — zwykle gdy chodzi o włókienka wertykalne,
- *fibrils* — zazwyczaj gdy mówi się o włókienkach horyzontalnych.

Z tego powodu słowo *threads* jest stosowane częściej do protuberancji, a sformułowanie *fibrils* lub *dark fibrils* (czyli ciemne włókienko) — do włókna.

W polskojęzycznej literaturze naukowej funkcjonuje jedynie wyraz *włókienka* (nie używa się raczej wyrażenia *nitki* w stosunku do włókienek protuberancji). Podział na *threads* i *fibrils* jest płynny i nierzadko używa się obu określeń zamiennie. Bez względu jednak na okoliczności, do wszystkich rodzajów rurek/włókienek można zastosować uniwersalne sformułowanie: elementy struktury subtelnej (ang. *fine structure elements* — FSE).

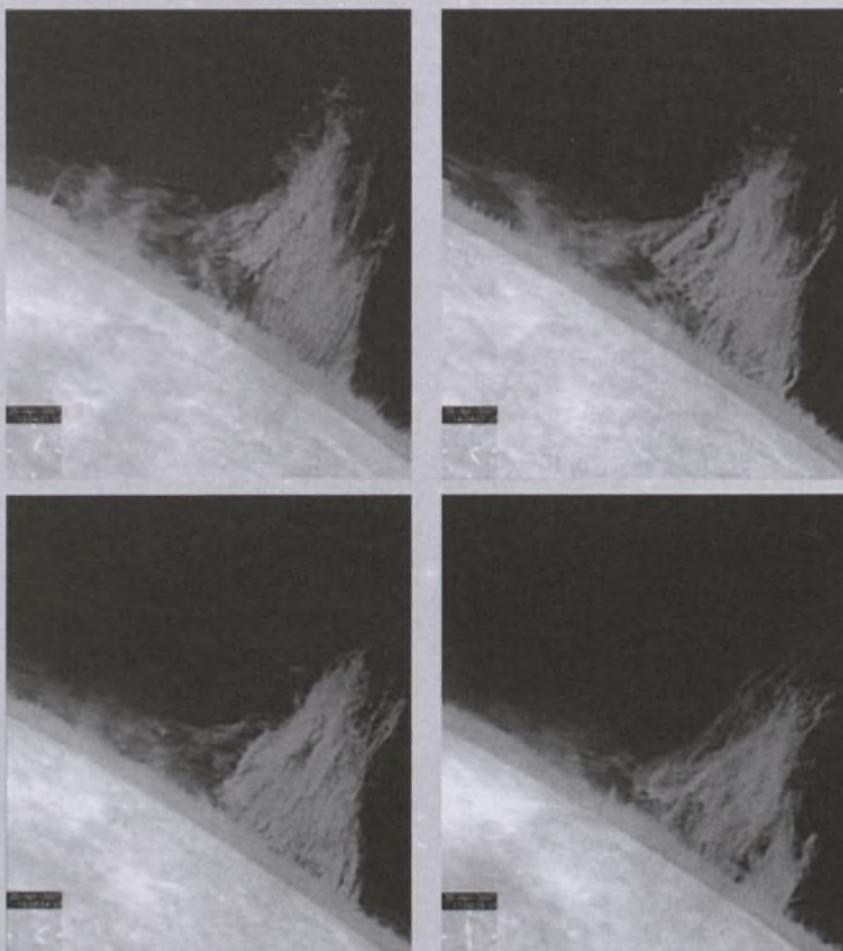
## 6. Obserwacje

O tym, że protuberancje posiadają wewnętrzną strukturę, wiedziano już w XIX w., kiedy to duchowny Angelo Secchi opublikował w 1877 r. swoją pionierską pracę pod tytułem *Słońce*. Od tego czasu drobna struktura protuberancji była wielokrotnie obserwowana za pomocą przyrządów o coraz wyższej rozdzielczości. Współczesne teleskopy naziemne, takie jak Szwedzki Teleskop Słoneczny (ang. *Swedish 1-m Solar Te-*

*lescope* — STS) czy Holenderski Otwarty Teleskop (ang. *Dutch Open Telescope* — DOT), osiągają przestrzenną rozdzielczość obrazów  $0'',15$ , co pozwala rozróżnić na tarczy Słońca szczegóły o wielkości 100 km. Jeszcze większe możliwości oferują teleskopy orbitalne, np. Słoneczny Teleskop Optyczny (ang. *Solar Optical Telescope* — SOT), umieszczony na pokładzie satelity Hinode, dzięki rozdzielcości  $0'',1$  rejestruje obrazy, na których widać szczegóły o wielkości ok. 70 km!

W obserwatorium astronomicznym w Białkowie, należącym do Instytutu Astronomicznego Uniwersytetu Wrocławskiego (gdzie od blisko 30 lat wykonywane są obserwacje Słońca w linii wodoru  $H\alpha$ ), znajduje się m.in. Duży Koronograf (LC — z ang. *Large Coronagraph*) o średnicy obiektywu głównego 53 cm i efektywnej ogniskowej wynoszącej 1450 cm. Dzięki dużej aperiturze wejściowa LC uzyskiwane są obrazy Słońca o wysokiej przestrzennej zdolności rozdzielczej — ograniczanej najczęściej przez wpływ atmosfery do około  $1''$  (sekundy łuku). Sporadycznie, przy bardzo dobrych warunkach atmosferycznych oraz przy krótkich czasach ekspozycji, jest osiągana przestrzenna rozdzielczość nawet poniżej  $0'',5$ . Duży Koronograf może przekazywać wiązkę optyczną do spektrografu obrazującego MSDP (Multi-Channel Subtractive Double Pass), dzięki czemu możliwe jest uzyskanie wysokiej jakości tzw. widmowych obrazów Słońca (podjęciem obraz widmowy należy rozumieć dwuwymiarowy obraz fragmentu Słońca, który dla każdego piksela w obrazie zawiera informację o rozkładzie natężenia emisji w funkcji długości fali, czyli tzw. profil linii widmowej  $H\alpha$ ). Wykorzystując system LC-MSDP do obserwacji protuberancji, mamy zatem możliwość śledzenia subtelnej struktury protuberancji, a także wyznaczenia pełnego 3-wymiarowego (3D) wektora prędkości plazmy we włókienkach (otrzymywany z 2D obrazów oraz prędkości dopplerowskich).

Praktycznie każda obserwacja protuberancji o wystarczająco dobrej rozdzielczości jest jednocześnie obserwacją jej subtelnej struktury, aczkolwiek struktura ta nie musi być bezpośrednio celem obserwacji. Niemniej jednak jest oczywiste, iż subtelną strukturę protuberancji widać w tych samych dugo-



Rys. 3. Ewolucja protuberancji spokojnej obserwowanej przez satelitę Hinode w linii  $H\alpha$  25.04.2007. Film dostępny jest pod adresem [http://solar-b.nao.ac.jp/QLmovies/movie\\_sirius/2007/04/25/hsc\\_ql20070425\\_e.shtml#sot-fg-ha](http://solar-b.nao.ac.jp/QLmovies/movie_sirius/2007/04/25/hsc_ql20070425_e.shtml#sot-fg-ha)

ściach fali co samą protuberancję. Są to więc linie widmowe, takie jak:  
 — w podczerwieni, np. He I (10830 Å), Ca II (8542 Å),  
 — w świetle widzialnym, np. H $\alpha$  (6562,8 Å), Fe (4045,8 Å), Ca II, H (3968,5 Å) i Ca II K (3933,7 Å),  
 — w ultrafiolecie, np. He II (304 Å), Fe XII 195 Å.

## 7. Rozmiary

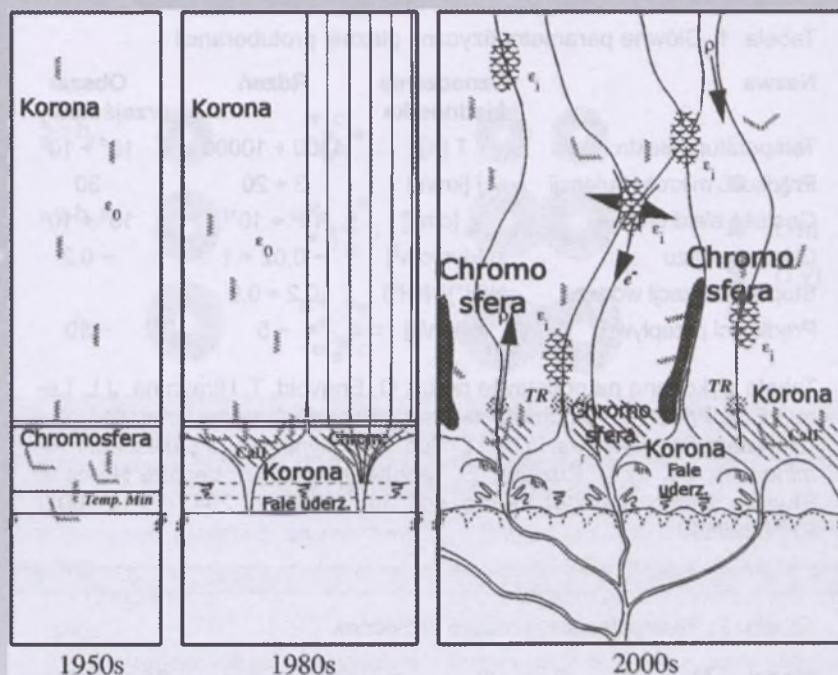
Przyjmuje się, że szerokość włókienek jest rzędu kilkuset kilometrów, a często podawane wartości to 350 km czy 300 km. Nie określono jednak dolnej granicy, ponieważ obserwacje dokonywane za pomocą teleskopów orbitalnych pokazują, że szerokość włókienek może być taka mała jak zdolność rozdzielcza instrumentu (a niewykluczone, że nawet i mniejsza). Jeżeli chodzi o długość włókienek, to wynosi ona kilka tysięcy kilometrów. Rozmiary włókienek nieco różnią się w zależności od tego, w jakich liniach są obserwowane, ponieważ w danej linii widać promieniowanie plazmy o określonych wartościach parametrów fizycznych, głównie temperatury. Oznacza to po prostu, że w różnych liniach widać tylko te części włókienka, których temperatura jest taka sama jak temperatura formowania się konkretnej linii.

## 8. Dynamika

Jak już zostało wspomniane w rozdziale 4, włókienka charakteryzują się niezwykle dużą dynamiką. Starsze obserwacje pokazują, że materia, która tworzy włókienka, porusza się z prędkością do 3 km/s, a nowe obserwacje podwyższają tę wartość, i to nawet kilkakrotnie, gdyż zostały zidentyfikowane przepływy (w grzbicie i w nogach) o prędkościach  $10 \pm 15$  km/s. Co więcej, przepływy o takich prędkościach mogą odbywać się w sąsiednich włókienkach w przeciwnych kierunkach. Dodatkowo, w procesie tym włókienka często ulegają deformacji, co powoduje ciągłe modyfikacje ich kształtu i konfiguracji. Tak szybkie zmiany skutkują tym, iż czas istnienia indywidualnych włókienek jest niezwykle krótki i wynosi zaledwie kilka minut, co stanowi wartość o cztery razy mniejszą niż czas istnienia protuberancji.

## 9. Obszar przejściowy

Aby wyznaczyć właściwości termodynamiczne materii włókienek, należy



Rys. 4. Ewolucja modelu budowy atmosfery słonecznej:

- lata 50.: warstwy płasko-równolegle
- lata 80.: struktura z lejkowatymi rurami pola magnetycznego — warstwowy model rozkładu materii
- XXI wiek: trójwymiarowy dynamiczny model rozkładu materii w atmosferze.

Rysunek pochodzi z pracy: Schrijver, C. J., *The Coronae of the Sun and Solar-type Stars*, 11th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun, ASP Conference Proceedings, Vol. 223. Edited by Ramon J. Garcia Lopez, Rafael Rebolo, and Maria Rosa Zapatero Osorio. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p.131

wykonać badania spektroskopowe. Konieczne jest przy tym także uwzględnienie tzw. warstwy przejściowej i dobranie jej odpowiedniego modelu. Idealnym rozwiązaniem jest tu system obrazowania wraz z możliwością uzyskiwania informacji widmowej dla każdego piksela obrazu (taki jak system LC-MSDP działający w obserwatorium w Białkowie — należącym do I.A.U.Wr.).

Jak wiadomo, współczesne rozumienie budowy chromosfery, jak też warstwy przejściowej, dalekie jest od modelu warstwowego (patrz artykuł Pawła Rudawego *Aktywność magnetyczna Słońca* — „Urania – Postępy Astronomii” 2/2006). Ilustruje to rys. 4, na którym chromosfera nie jest cienką, jednolitą warstwą okalającą fotosferę, ale składa się z pojedynczych zagęszczeń plazmy znajdujących się tylko nad niektórymi obszarami umownej powierzchni Słońca. Każdy z takich „wyszczących” elementów, nazywany chłodnym rdzeniem (o temperaturze  $6000 \pm 9000$  K), otoczony jest znacznie gorętszym obszarem przejściowym (ang. *Prominence-Corona Transition Region* — PCTR) (o temperaturze  $10^4 \pm 10^6$  K), graniczącym z koroną.

Rys. 5 przedstawia trzy modele obszaru przejściowego dookoła pojedynczych włókienek, obserwowanych w różnych liniach i na różnych wysokościach:

- a) chłodne rdzenie otoczone przez gorące osłony — chłodna, centralna część staje się ciemniejsza przy większych wysokościach, a reszta pozostaje niezmieniona, czyli są to włókienka zmniejszające średnicę wraz z wysokością (stożki);
- b) izotermiczne włókienka o kilku różnych temperaturach — liczba chłodnych rdzeni maleje wraz ze wzrostem wysokości, czyli pewne włókienka są krótsze i kończą się na niższych wysokościach niż pozostałe;
- c) chłodne rdzenie w cieplich i gorących otoczkach — na niskich wysokościach otoczki są wspólne dla sąsiednich włókien, natomiast na szczytach protuberancji rozdzielają się i otaczają każde włókienko osobno.

## 10. Diagnostyka widmowa

Określenie właściwości fizycznych plazmy, z której składają się włókienka, wymaga szybkich i jednoczesnych obserwacji w różnych liniach widmowych. Jest to zadanie bardzo trudne z następującymi powodów:

Tabela. 1. Główne parametry fizyczne plazmy protuberancji

Nazwa	Oznaczenie i jednostka	Rdzeń	Obszar przejściowy
Temperatura elektronowa	T [K]	4300 ± 10000	10 <sup>4</sup> ± 10 <sup>6</sup>
Prędkość mikroturbulencji	v [km/s]	3 ± 20	30
Gęstość elektronowa	n <sub>e</sub> [cm <sup>-3</sup> ]	10 <sup>9</sup> ± 10 <sup>11</sup>	10 <sup>6</sup> ± 10 <sup>8</sup>
Ciśnienie gazu	p [dyn/cm <sup>2</sup> ]	~ 0,02 ± 1	~ 0,2
Stopień jonizacji wodoru	N(H <sup>+</sup> )/N(H <sup>0</sup> )	0,2 ± 0,9	
Prędkości przepływu	v [km/s]	~ 5	~ 10

Tabela wykonana na podstawie pracy: O, Engvold, T, Hirayama, J,L, Leroy, E,R, Priest, E, Tandberg-Hanssen, *Hvar Reference Atmosphere of Quiescent Prominences*, in IAU Colloq, 117: *Dynamics of Quiescent Prominences*, ed, by V, Ruzdjak, E, Tandberg-Hanssen, Lecture Notes in Physics, Berlin Springer Verlag, vol, 363, 1990, p, 294, doi:10.1007/BFb0025640

Tabela. 2. Parametry (2+1) modeli włókienek

Model	M <sub>0</sub> [g/cm <sup>2</sup> ]	B <sub>x</sub> [G]	B <sub>z1</sub> [G]	Ψ [deg]	p [dyn/cm <sup>2</sup> ]	β	τ	S/I <sub>b</sub>	C
1	10 <sup>-5</sup>	4,5	0,4	85	0,04	0,05	0,09	0,45	-0,05
2	3×10 <sup>-5</sup>	4,5	1,2	76	0,08	0,10	0,33	0,46	-0,15
3	10 <sup>-4</sup>	4,5	3,8	50	0,90	0,75	6,53	0,60	-0,40
4	10 <sup>-5</sup>	9,0	0,2	89	0,03	0,01	0,07	0,45	-0,04
5	3×10 <sup>-5</sup>	9,0	0,6	86	0,04	0,01	0,12	0,45	-0,07
6	10 <sup>-4</sup>	9,0	1,9	78	0,17	0,05	0,94	0,48	-0,32

Oznaczenia:

M<sub>0</sub> — masa kolumny centralnej

B<sub>x</sub> — składowa horyzontalna indukcji magnetycznej

B<sub>z1</sub> — składowa wertykalna indukcji magnetycznej, na granicy protuberancji (wzdłuż centralnej linii pola)

Ψ — kąt pomiędzy centralną linią pola a kierunkiem wertykalnym

p — ciśnienie gazu

β — parametr określający stosunek ciśnienia gazu do ciśnienia pola magnetycznego (patrz rozdział 1)

τ — grubość optyczna włókna w centrum linii w kierunku wertykalnym

S — funkcja źródła (stosunek współczynnika emisji do współczynnika pochłaniania dla danej długości fali)

I<sub>b</sub> — natężenie promieniowania tła tarczy Słońca w centrum linii

C — kontrast

gdzie

$$B_{z1} = 2\pi g M_0 / B_x$$

$$\tau = \chi H$$

$$H = kT/g\mu$$

$$C = (I - I_b) / I_b$$

$$I = I_b e^{-\tau} + S(1 - e^{-\tau})$$

g — przyspieszenie grawitacyjne (na powierzchni) Słońca

χ — współczynnik absorpcji w centrum linii

k — stała Boltzmanna

T — temperatura plazmy

μ — średnia masa cząsteczkowa

H — ciśnieniowa skala wysokości (patrz rys. 6)

I — natężenie promieniowania włókna w centrum linii

Tabela wykonana na podstawie pracy: Heinzel, P., Anzer, U., 2006, ApJ, 643, L65-L68

a) Należy odróżnić włókienka optycznie cienkie od optycznie grubych. W pierwszym przypadku wzdłuż linii widzenia obserwuje się wiele włókienek i sumę ich promieniowania. W drugim przypadku zwykle widzi się tylko jedno włókienko, znajdujące się raczej bliżej granicy protuberancji niż jej centralnych części. Sytuacja dodatkowo komplikuje się, ponieważ optycznie grube włókienka mają dużą grubość optyczną tylko w centrum linii, natomiast w skrzydłach linii — małą.

b) Włókienka są obiekty niezwykle dynamiczny. Obserwacje w różnych liniach muszą więc być prowadzone jednocześnie lub prawie jednocześnie, tzn. w czasie krótszym niż istnienie badanego włókienka.

c) Dotychczas do opisu włókienek używa się modeli stosowanych do protuberancji jako całości. Są to modele 1D i 2D, czyli modele traktujące obiekt jak płaską płytę lub prostopadłościan, znajdujące się w pozycji wertykalnej lub horyzontalnej, rozciągające się do nieskończoności. Niestety, zastosowane do włókienek, modele te przedstawiają transfer promieniowania w sposób daleki od doskonałości, np. nie uwzględniają wzajemnych oddziaływań promienistycznych pomiędzy poszczególnymi włókienkami.

d) Wewnętrzna struktura włókienek, jak też ich rozkład w protuberancji, nie są poznane w wystarczającym stopniu. Nawet ich geometria jest wciąż przedmiotem dyskusji.

e) Nie istnieje powszechnie akceptowany model obszaru przejściowego. Badacz musi arbitralnie wybrać jakiś model (np. spośród modeli przedstawionych w poprzednim rozdziale).

## 11. Parametry termodynamiczne

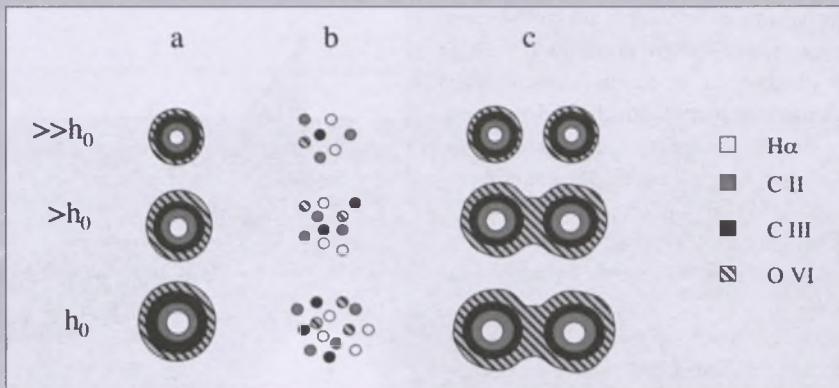
Podanie określonych wartości temperatury, ciśnienia czy gęstości (elektronowej) dla danej protuberancji jest pewnym uproszczeniem. Pomiarów dokonuje się bowiem w wybranych przez obserwatora miejscach. Nie można jednak oczekwać, iż warunki fizyczne w każdym punkcie protuberancji są identyczne. Dlatego też każdy taki pomiar jest *a priori* pomiarem lokalnym. Wyznaczenie wartości parametru jako globalnej wielkości dla danej protuberancji wymaga po pierwsze dużej liczby pomiarów, a po drugie uśrednienia

wszystkich wyznaczonych lokalnie wartości. Z tego powodu często podaje się zakres wartości danego parametru, a nie jego konkretną wartość (patrz tabela 1).

Określenie parametrów termodynamicznych pojedynczego włókienka jest trudne, co zostało opisane w poprzednim rozdziale. Największe szanse na to istnieją w przypadku włókienka grubego optycznie, ponieważ zakładamy, iż wzdłuż linii widzenia nie obserwujemy więcej włókienek. Niemniej jednak nie wiadomo, ile włókienek widać w szczeblinie pomiarowej (patrz ramka „Współczynnik wypełnienia” oraz model wielu włókienek — rozdział 13). Poza tym poszczególne włókienka są różne, dla tego też określenie danego parametru dla elementu struktury subtelnej protuberancji wymaga stworzenia „uśrednionego” modelu włókienka, który *a posteriori* jest konfrontowany z rzeczywistym stanem na podstawie obserwacji.

## 12. Pole magnetyczne

Pole magnetyczne pojedynczych włókienek nie zostało jeszcze zmierzzone. Co prawda, zdolność rozdzielcza współczesnych przyrządów już na to pozwala, ale przyczyna braku detekcji leży gdzie indziej, a mianowicie w zbyt niskim stosunku sygnału do szumu w obserwacjach polarymetrycznych. O ile można zmierzyć pole magnetyczne w protuberancji, to pole magnetyczne pojedynczego włókienka da się wyznaczyć jedynie na drodze modelowania. Kluczowym parametrem, według którego następuje podział magnetycznych modeli włókienek, jest



Rys. 5. Modele obszaru przejściowego (warstwy przejściowej) PCTR (szczegółowy opis w tekście).

Rysunek pochodzi z pracy: S. Pojoga, *Emission Measure of Prominence-Corona Transition Region*, in IAU Colloq. 144: Solar Coronal Structures, 1994, p. 357

tzw. parametr plazma- $\beta$  wyznaczony wzorem

$$\beta = (2\pi g M / B^2)^2,$$

gdzie:

$g$  — przyspieszenie grawitacyjne (na powierzchni) Słońca,

$M$  — masa plazmy w danym elemencie materii,

$B$  — indukcja magnetyczna w danym elemencie materii.

Parametr ten określa stosunek ciśnienia gazu do ciśnienia pola magnetycznego. W przypadku gdy  $\beta < 1$ , pole magnetyczne unosi ze sobą materię włókienek (mówiąc wtedy, że materiał jest wmurowany w pole magnetyczne), natomiast dla  $\beta > 1$ , ruch plazmy, zdominowany wówczas przez jej ciśnienie wewnętrzne, rozciąga i deformuje linie pola magnetycznego. Rozkład parametru plazma- $\beta$  w funkcji wysokości w atmosferze słonecznej jest przedstawiony na rys. 6.

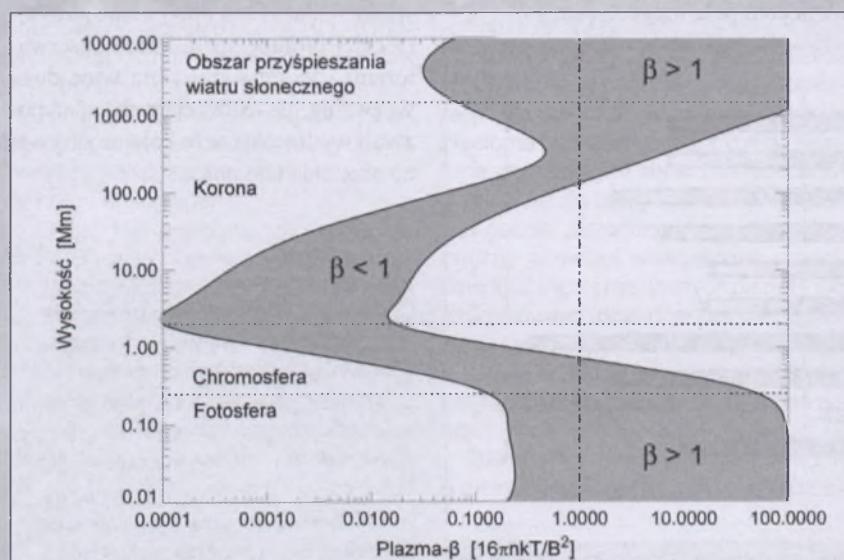
Przyjmuje się, że protuberancja składa się z płytowych zagłębień magnetycznych, wypełnionych chłodną materią, widoczną np. w linii  $H\alpha$  (schemat takiego zagłębia jest przedstawiony na rys. 7). Do modelowania zagłębień używa się, wspomnianych w rozdziale 10, jedno- lub dwuwymiarowych płyt. Mimo że pierwszy taki model (1D) powstał już w 1957 r., to trudności związane z ich tworzeniem i uzyskaniem realistycznych wyników są wciąż olbrzymie.

W modelach o wartości  $\beta$  mniejszej niż 1 zakłada się, iż pole magnetyczne jest bezsilowe (potencjalne), czyli nie występuje w nim siła Lorentza (patrz ramka „Siła Lorentza”), a prądy płyną prawie równolegle do linii sił pola. W przypadku gdy  $\beta$  ma wartość powyżej 1, wówczas przyjmuje się, że siła Lorentza jest większa od zera, a obok zagłębień pojawiają się prądy prostopadłe do linii sił pola. Modele te przewidują pola magnetyczne o wartości:

- mniejszej niż 10 G (gausów) dla protuberancji spokojnych,
- większej niż 10 G dla włókien sąsiadujących z pochodniami,
- 30–40 G dla protuberancji obszarów aktywnych.

## 13. Modele włókienek

Dwa typy modeli włókienek zostały przedstawione w poprzednim rozdziale. Oba z nich zakładają równowagę magnetohydrostatyczną (MHS) włókienek. Mają one zastosowanie zarówno do elementów wertykalnych, jak i horyzontalnych. O ile jednak w pierwszym przypadku modelowanie nie wykracza poza dwa wymiary, o tyle w drugim można stosować obliczenia 2+1-wymiarowe. Wyznacza się wówczas transfer promie-



Rys. 6. Rozkład parametru plazma- $\beta$  nad obszarem aktywnym w atmosferze Słońca. Jak widać, wmurowanie materii w pole magnetyczne występuje w górnej chromosferze i dolnej koronie.

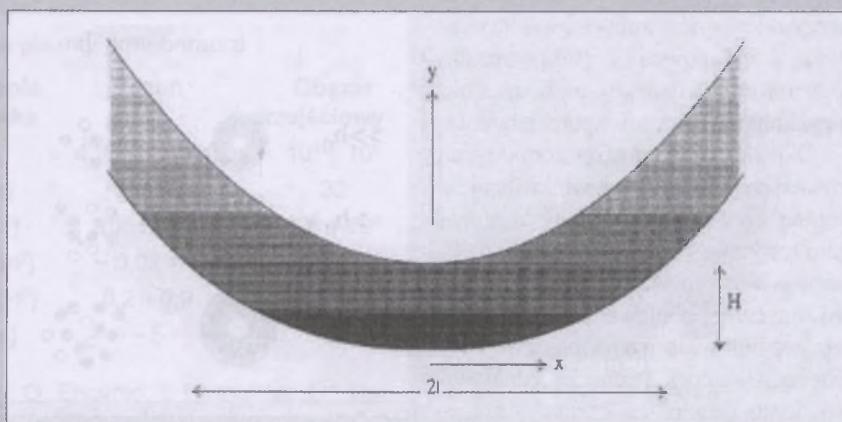
Rysunek pochodzi z pracy: G. Allen Gary, Sol. Phys. 203, 71–86, (2001)

niowania elementów wertykalnych, a następnie jednowymiarowy transfer w obrębie skończonych (zamkniętych) elementów wertykalnych, czyli eliminuje się tym samym nieskończoność trzeciego wymiaru. Przykładowe wyniki takich kalkulacji podane są w tabeli 2, która zawiera wartości wielu parametrów dla sześciu różnych modeli włókienek.

Model wielu włókienek (rys. 8) zakłada, że protuberancja składa się z identycznych, dwuwymiarowych włókienek podtrzymywanych przez oddzielne linie pola magnetycznego. Włókienka są równoległe do linii pola i prostopadłe do linii widzenia (LOS). Względem siebie są przesunięte przestrzennie. Przypisuje się im także różne prędkości względem linii widzenia. Taki model w szczególności dobrze oddaje właściwości elementów drobnej struktury protuberancji obserwowanych w liniach Lymana.

#### 14. Struktura podsubtelna

Grubość włókienek szacuje się na kilkaset kilometrów (patrz rozdział 7). Należy jednak zadać pytanie, czy włókienka również posiadają wewnętrzną strukturę. Odpowiedź może być pozytywna. Najlepsze obserwacje pozwalają oglądać włókienka o średnicy kilkudziesięciu kilometrów. Dlatego też można się spodziewać, iż teleskopy słoneczne następnej generacji ukażą jeszcze drobniejszą strukturę włókienek. Elementy optycznie grube, które uważały się za pojedyncze włókienka, mogą ukazać swoje „podwólkienka”, jeśli tylko obserwacje będą prowadzone z odpowied-



Rys. 7. Model magnetycznego zagłębia zanurzonego w plazmie (szczegółowy opis w tekście)

Rysunek pochodzi z pracy: Priest, E.R. 1990, in Proc. IAU Coll. 117, ed. V. Ruzdjak & E. Tandberg-Hanssen, Lecture Notes in Physics, 363 (Springer-Verlag: Berlin), 150

nia wysoką zdolnością rozdzielczą.

#### 15. Nierozwiązane zagadnienia

Istnieje ciągle sporo nierozwiązań kwestii dotyczących drobnej struktury protuberancji. Aby je wyjaśnić, nowe obserwacje powinny posiadać dwie cechy:

- większą zdolność rozdzielczą i to zarówno przestrzenną, jak i czasową,
- muszą być prowadzone jednocześnie (lub prawie jednocześnie, patrz rozdział 10) w kilku liniach widmowych.

W wyniku tego typu obserwacji można wyznaczyć takie kluczowe właściwości włókienek, jak przedstawione w tabeli 1. Interpretacja rezultatów przyszłych obserwacji pozwoli także zbliżyć się do odpowiedzi na następujące przykładowe pytania:

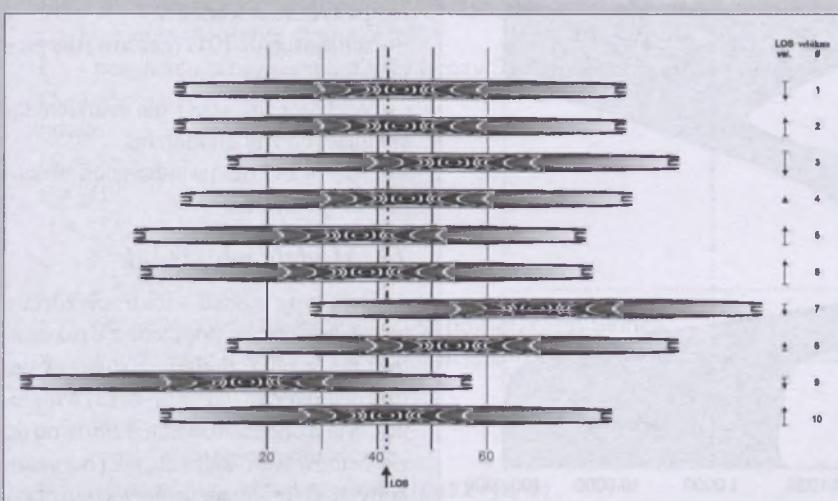
- 1) Jaka jest orientacja włókienek względem pola magnetycznego?

2) Czy plazma, z której zbudowane są włókienka, jest stabilna, a jeśli tak, to w jakim stopniu?

3) Czy plazma musi się gromadzić w zagłębieniach magnetycznych i czy są one jedynym tworem potrafiącymuności plazmę?

#### 16. Podsumowanie

Istnienie subtelnej struktury jest niezaprzecjalnym faktem, którego nie można pominąć przy próbie wyjaśniania natury protuberancji. Modele protuberancji muszą zatem uwzględniać jej wewnętrzną strukturę. Dlatego niezbędne jest poznanie dynamicznych, termodynamicznych i przestrzennych właściwości włókienek. Równie ważnymi kwestiami są: pełne zrozumienie interakcji pola magnetycznego z plazmą włókienek czy też ich ewolucja. Zbudowanie trójwymiarowego modelu wielu włókien ułatwi zaś opisywanie struktury całej protuberancji. Przed obserwatorami i teoretykami stoją więc duże wyzwania, ale realizacja tych zadań pozwoli wydrzeć naturze kolejne skrywane przez nią tajemnice.



Rys. 8. Model wielu włókienek struktury subtelnej protuberancji (szczegółowy opis w tekście).

Rysunek pochodzi z pracy: S. Gunar, P. Heinzel, U. Anzer, B. Schmieder, *On Lyman-line asymmetries in quiescent prominences*, A&A 490, 307–313 (2008). doi:10.1051/0004-6361:200810127

**Janusz Osarczuk** jest astronomem Wrocławskim. Zajmuje się fizyką protuberacji słonecznych oraz zagadnieniami związanymi z soczewkowaniem grawitacyjnym. Jest aktywnym popularzatorem astronomii.

**Dr Krzysztof Radziszewski** jest helofizykiem Wrocławskim, pracującym na stanowisku adiunkta w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu Wrocławskiego. Zajmuje się badaniami aktywności słonecznej

## Odkryto najliczniejszy pozasłoneczny układ planetarny

Astronomowie korzystający z należącego do ESO, wiodącego na świecie instrumentu HARPS, odkryli układ planetarny zawierający co najmniej pięć planet, okrążających podobną do Słońca gwiazdę HD 10180. Badacze posiadają także intrigujący dowód na możliwą obecność dwóch kolejnych planet, z których jedna miałaby najmniejszą masę znalezioną do tej pory. Uczyniłoby to system podobnym do naszego Układu Słonecznego w liczbie planet (siedem w porównaniu do ośmiu w Układzie Słonecznym). Co więcej, zespół znalazł też dowód, że odległości planet od ich gwiazdy odzwierciedlają regularny wzór, co jest też widoczne w naszym Układzie Słonecznym.

*Znaleźliśmy układ, który naprawdopodobniej jest systemem z największą liczbą odkrytych planet — mówi Christophe Lovis, główny autor artykułu opisującego wyniki badań. To znaczące odkrycie podkreśla też fakt, że wchodzimy w nową erę badań egzoplanet: badania złożonych systemów planetarnych, a nie tylko indywidualnych planet. Analiza ruchów planetarnych w nowym układzie ujawnia złożone interakcje grawitacyjne pomiędzy planetami i daje nam wgląd w długoterminową ewolucję systemu.*

Zespół astronomów użył spektrografen HARPS, zamontowanego na 3,6-metrowym teleskopie ESO w La Silla w Chile, podczas trwających sześć lat badań podobnej do Słońca gwiazdy HD 10180, położonej 127 lat świetlnych od nas w południowym gwiazdozbiorze Hydry. HARPS to instrument o niepobitej stałości pomiarów i wielkiej precyzji, odnoszący największe na świecie sukcesy łowca egzoplanet.

Dzięki 190 pojedynczym pomiarom HARPS-a astronomowie wykryli niewielkie ruchy gwiazdy w przód i w tył spowodowane przez złożone przyciąganie grawitacyjne pochodzące od pięciu lub więcej planet. Pięć najsilniejszych sygnałów odpowiada planetom o masie zbliżonej do Neptuna — od 13 do 25 mas Ziemi<sup>1</sup> — które okrążają gwiazdę z okre-



Układ planetarny wokół podobnej do Słońca gwiazdy HD 10180 (wizja artystyczna).

Źródło: ESO

sami od około 6 do 600 dni. Planety te są położone od swojej gwiazdy centralnej w odległościach od 0,06 do 1,4 raza takich, jak dystans Ziemia-Słońce.

*Mamy też dobre powody, aby wiezyć, że istnieją jeszcze dwie planety — mówi Lovis. Jedna to planeta podobna do Saturna (o minimalnej masie równej 65 masom Ziemi) o okresie orbitalnym 2200 dni. Drugą może być najmniej masywna egzoplaneta odkryta do tej pory, o masie zaledwie 1,4 raza większej niż masa Ziemi. Znajduje się ona bardzo blisko swojej gwiazdy, w zaledwie 2 procent dystansu Ziemia-Słońce. Jeden „rok” na tej planecie trwa tylko 1,18 ziemskich dni.*

*Obiekt ten powoduje chybocie się jego gwiazdy o zaledwie 3 km na godzinę — wolniej niż prędkość pieszego — a ruch ten jest bardzo trudno zmierzyć — mówi członek zespołu Damien Ségransan. Jeśli zostanie to potwierdzone, obiekt ten będzie kolejnym przykładem planety skalistej, podobnej do Crot-7b (eso0933).*

Nowo odkryty system planet wokół HD 10180 jest unikalny w kilku aspektach. Po pierwsze, wraz z co najmniej pięcioma planetami podobnymi do Neptuna znajdującymi się w odległości odpowiedniej dla orbity Marsa, system ten jest gęściej „zaludniony” niż Układ Słoneczny w swojej wewnętrznej części, i ma tam więcej masywnych planet<sup>2</sup>. Co więcej, system prawdopodobnie nie posiada gazowego olbrzymia podobnego do Jowisza. Dodatkowo, wszystkie planety wydają się mieć prawie kołowe orbitę.

Jak dotąd astronomowie wiedzą o piętnastu układach z co najmniej trze-

ma planetami. Poprzednim rekordzistą był 55 Cancri, który ma pięć planet, a wśród nich dwie olbrzymie. *Systemy małomasywnych planet, takie jak wokół HD 10180, wydają się być dość powszechnne, ale historia ich formowania się pozostaje zagadką — mówi Louis.*

Używając nowego odkrycia, a także danych dla innych systemów planetarnych, astronomowie znaleźli ekwiwalent reguły Titiusa-Bodego, która występuje w Układzie Słonecznym: odległości planet od ich gwiazdy wydają się odzwierciedlać regularny wzór<sup>3</sup>. *Może to być ślad pozostały po procesach formowania się tych układów planetarnych — mówi członek zespołu Michel Mayor.*

Innym ważnym wynikiem znalezionym przez astronomów podczas badania tych układów planetarnych jest to, że istnieje związek pomiędzy masą systemu planetarnego, a masą i składem chemicznym gwiazdy centralnej. Wszystkie bardzo masywne układy są znajdowane wokół gwiazd masywnych i bogatych w metale, podczas gdy cztery najmniej masywne układy odkryto w pobliżu małomasywnych i ubogich w metale<sup>4</sup>. Te własności potwierdzają obecne modele teoretyczne.

Odkrycie zostało ogłoszone 25 sierpnia na międzynarodowym kolokwium „Wykrywanie i dynamika tranzytujących egzoplanet” w Observatoire de Haute-Provence we Francji.

Krzysztof Czart

<sup>3</sup> Reguła Titiusa-Bodego mówi, że odległości planet od Słońca są zgodne z prostym wzorem. Dla dalszych planet każda z nich powinna być prawie dwukrotnie dalej od Słońca niż poprzednia. Ta hipoteza w prawidłowy sposób przewidziała orbity Ceres i Urana, ale dostarczyła błędnych przewidywań orbity Neptuna.

<sup>4</sup> Zgodnie z definicją używaną w astronomii „metale” to wszystkie pierwiastki inne niż wodór i hel. Takie metale, z wyjątkiem bardzo niewielu lekkich pierwiastków chemicznych, wszystkie zostały utworzone przez różne generacje gwiazdy. Skaliste planety są zbudowane z „metali”.

<sup>1</sup> Za pomocą metody prędkości radialnych astronomowie mogą jedynie ustalić minimalną masę planety, gdyż oszacowanie masy zależy również od nachylenia płaszczyzny orbity względem linii widzenia, które nie jest znane. Za statystycznego punktu widzenia ta minimalna masa jest jednak często bliksza prawdziwej masy planety.

<sup>2</sup> Planety w wewnętrznej części systemu HD 10180 mają średnio 20 razy większą masę niż Ziemia, podczas gdy wewnętrzne planety w naszym własnym Układzie Słonecznym (Merkurem, Wenus, Ziemią i Mars) mają średnią masę równą połowie masy Ziemi.

# Jan Śniadecki 1756–1830

*Jan Śniadecki, astronom, matematyk i filozof oraz znakomity organizator nauki, w ocenie historyków był w epoce Oświecenia pierwszym polskim uczonym europejskiej miary. Był On odnowicielem Akademii Krakowskiej, założycielem Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie (1792), odnowicielem Obserwatorium w Wilnie oraz długoletnim rektorem Uniwersytetu Wileńskiego. Niezależnie od Olbersa odkrył w Wilnie planetoidę Pallas. Jego imię nosi planetoida 1262 i krater na Księżyku. 9 listopada 2010 r. przypada 180 rocznica Jego śmierci. Z tej okazji przypominamy jego życie i działalność piórem Tomasza Kardasia, profesora fizyki w Liceum w Strzelnie. Jego pełny tekst zamieszczamy na portalu edukacyjnym PTA ([orion.pta.edu.pl](http://orion.pta.edu.pl)), a poniżej skrót tego eseju (Red.)*

## Życie i działalność Jana Śniadeckiego

Jan Chrzciciel Władysław Śniadecki urodził się 29 sierpnia 1756 r. w małym folwarczku koło Żnina z ojca Jędrzeja i matki Franciszki z Giszczyńskich, Państwo Śniadeccy mieli czworo dzieci; Franciszek, Jan, Józef i Jędrzej — sławny chemik i lekarz. Gdy skończył 8 lat, został, śladem ojca, wysłany do Akademii Lubrańskiego w Poznaniu, w której spędził kolejne osiem lat. Równolegle działała w Poznaniu inna znana szkoła — kolegium jezuickie. Wykładał w niej fizyk ks. Józef Rogaliński, pionier fizyki doświadczalnej w Polsce. To on po odbytych studiach zagranicznych przywiózł ze sobą różne pomoce do nauki fizyki i astronomii i zbudował dobrze wyposażony gabinet do ich nauczania. W 1762 r. rozpoczął cykl publicznych wykładów z fizyki eksperymentalnej, na które uczęszczali nie tylko jezuici, ale inni zainteresowani mieszczanie poznańscy, wśród nich i nasz Jan, o czym sam pisze i stwierdza, że bardzo mu się podobały. Cały ten czas spędzony w Poznaniu ukształtował w nim zainteresowanie naukami ścisłymi, umiłowanie ojczystyjny oraz pielęgnowanie tradycji.

### Pierwszy pobyt w Krakowie

W lipcu 1772 r. Jan przybył do Krakowa i stał się studentem Akademii Kra-

kowskiej. Był dobrze przygotowany do podjęcia studiów i nauka w Krakowie przebiegała błyskawicznie. Po wysłuchaniu wykładów i zaliczeniu dyskusji, wystąpień, odbyły się w 1775 r. publiczne promocje — najpierw na licencjat, a później na doktorat z filozofii i mógł wykładać matematykę w akademii.

W ramach obowiązków akademicznych opracował dwa kalendarze na rok 1777 i 1778, wydane pt. *Prognostyk astrologiczny*. Jego praca nauczycielska została przerwana w ciągu następnego roku przez Hugona Kołłątaja, który bawiąc w Krakowie z ramienia Komisji Edukacji Narodowej, wizytował między innymi Kolegium Nowodworskiego. Oceńił negatywnie stan nauki w nim i przekształcił je w szkołę wojewódzką, zmieniając nie tylko program nauczania i dotychczasowe nazwy klas, ale również kadrę nauczycielską. Z nominacji Kołłątaja Śniadecki zaczął nauczać w klasie VI, a jednocześnie został wciagnięty w wir zmian edukacyjnych.

### Studia zagraniczne

Kraków opuścił we wrześniu 1778 r., udając się najpierw do Lipska, a po zwiedzeniu tamtejszych zakładów naukowych pojechał do Getyngi. Na tym uniwersytecie zapisał się w poczet studentów 22 października 1778 r. i jakież było jego zdziwienie, gdy zobaczył, że wszystkie przedmioty wykładane są

w języku niemieckim, a nie po łacinie. Ostro zabrał się za naukę niemieckiego i po trzech miesiącach rozumiał wykładowców i książki, które z ich polecenia czytał. Zaczytywał się w dziełach Eulera, brał lekcje angielskiego, aby czytać Maclaurena, systematycznie uczęszczał na wykłady z astronomii i był częstym gościem w obserwatorium astronomicznym. Słuchał wykładów z prawa, literatury greckiej i łacińskiej, orientalistyki, historii, filozofii, botaniki. Wieczorami, bo w dzień już nie starczało czasu, pobierał prywatne lekcje z inżynierii wojskowej, a nocami rysował schematy fortec i ich umocnień. Po 15 miesiącach tak intensywnej nauki zepsuł sobie wzrok — nabawił się krótkowzroczności, stracił apetyt i miewał mdłości. Zaniepokojony udał się do lekarza, który po zbadaniu zalecił następującą terapię: natychmiast wszystkie książki i pisma porzucić, wyjechać z Getyngi do innych krajów przynajmniej na trzy miesiące i oddać się samej zabawie i rozrywce. Jan Śniadecki natychmiast zapakował wszystkie swoje książki i zakupione pomoce naukowe, wysłał je do Krakowa, a sam w listopadzie 1779 r. wyruszył do Holandii.

### Pobyt w Holandii i Paryżu

Po urządzeniu się w Lejdzie udał się do Utrechtu, gdzie od tamtejszych matematyków usłyszał, że niepotrzebnie tyle czasu i pieniędzy stracił na pobyt w Getyndze, bo prawdziwe centrum matematyczne znajduje się w Paryżu i tam powinien czym przedzej wyjechać. Odwiedził jeszcze na krótko Hagę i skierował swe kroki do Paryża. Od stycznia 1780 r. doskonalił się w wyższej matematyce, osobliwie w jej przystosowaniu do astronomii i mechaniki, poznawał prace i dzieła geometrów francuskich, uczył się chemii, historii naturalnej i trudniejszych traktatów z fizyki, poznawał literaturę francuską, ćwiczył się w mówieniu i pisaniu po francusku.

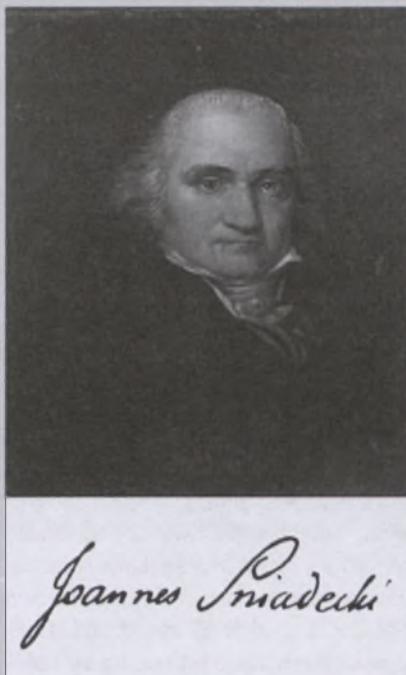
Był takim zapaleńcem wiedzy astronomicznej, że po wykładach w obserwatorium doskonalił się w obserwacjach nieba.

List od Komisji Edukacji Narodowej z propozycją objęcia katedry matematyki w Krakowie otrzymał na początku czerwca 1781 r. i poszedł z nim do d'Alemberta, a ten poinformował go, że bez jego wiedzy załatwił mu katedrę matematyki w Madrycie. Tak Śniadec-

ki odpowiedział d'Alembertowi: *Rozczułony byłem tak prawdziwie szlachetną opieką i pamięcią d'Alemberta, że podziękowałem za nią z wdzięcznością, ale zaraz oświadczyłem, że będąc Polakiem, winienem moje usługi ojczyźnie i gotów jestem dzielić z nią los, jaki ją czekać może.*

Ostatniego lipca 1781 r. wyjechał do Krakowa i zaraz po przyjeździe udał się do Warszawy na spotkanie z Komisją Edukacji Narodowej. Tam dostał patent na profesora matematyki i astronomii z zastrzeżeniem, aby tej ostatniej zaczął uczyć od następnego roku z powodu braku funduszy. Otwarcie katedry matematyki pod okiem młodego profesora, który śmiały jeszcze ten przedmiot wykładać po polsku, spotkało się z niemałym oporem starych profesorów, uważały oni, że nie można *pospolitować nauk*. Decyzją Komisji Edukacji Narodowej od lipca 1782 r. pełnił funkcję sekretarza Szkoły Głównej, a rektorem został Kołłataj. We trójkę, bo dołączył do nich jeszcze Jan Jaśkiewicz, spotykali się wieczorami i planowali, jak urządzić laboratoria, ogrody, obserwatorium astronomiczne, szpital, drukarnię, sposób przyjmowania, uczenia i egzaminowania studentów, a także jak kształcić kadry naukowe. Miał też swój udział w układaniu *Ustawy Komisji Edukacji Narodowej dla stanu Akademickiego i na szkoły w krajach Rzeczypospolitej przepisane*, która zaczęła obowiązywać od 1783 r. Śniadecki uważa, że polski uczyony ma trzy podstawowe obowiązki: dążenie do prawdy, służenie ojczyźnie i odznaczanie się wysokim poziomem moralnym. Był przekonany, że tylko porządną nauką uda się naprawić błędy dwóch stuleci.

Pierwszy wykład z algebry Śniadecki wygłosił 9 listopada 1781 r. pt. *Rozprawa o nauk matematycznych początku, znaczeniu i wpływie na oświecenie powszechnie przy otwarciu poruczonej autorowi katedry matematyki wyższej przez Komisję Edukacyjną w Uniwersytecie Krakowskim, czytana publicznie dnia ...*, a cały kurs szybko wyszedł drukiem i zrobił niemalże wrażenie w całej Europie. Rok później, zgodnie z zaleceniem Komisji Edukacji Narodowej, 30 września rozpoczął kurs astronomii mową wygłoszoną na cześć Mikołaja Kopernika i tym samym zapoczątkował prace nad wydaniem książki o nim. Ponadto (...) nigdzie prawie nie bywając, do niczego się nie mieszając, zatopiłem



Jan Śniadecki na portrecie autorstwa Jana Rustema, niżej jego autograf. Źródło Wikipedia Commons

*się całkiem w pisaniu mojej lekcji z rana i wieczór, a tłumaczeniu jej moim licznym słuchaczom od godziny drugiej do czwartej po południu; wygotowałem rękopism algebry i geometrii linii krzywych, do przepisywania uczniom oddany, gdzie wziąłem algebrę w tak rozległym widoku, w jakim jej żaden autor zagraniczny nie wystawił. To zrobiszy, ułożyłem sobie wydać kurs całej matematyki we czterech tomach.*

Pod koniec czerwca 1783 r. roku został wysłany do Poznania, aby zabrać z gabinetu ks. Rogalińskiego przyrządy i przywieźć je do Krakowa. Tak Śniadecki wspomina tamtą podróż: *Jeden tylko zegar astronomiczny le Paula, i kwadrans astronomiczny Caniveta o 3 stopniach promienia, były dogodne do pierwszego zakładu Obserwatorium Astronomicznego w Krakowie. Ale w tym kwadransie szkło obiektywowe było ordynatoryjne, a szkła okowego z mikrometrem nie było. Dowiedziawszy się, że ten gabinet po skasowaniu Jezuitów, był wywozony z Poznania do wsi o trzy mile od Poznania leżącej; pojedalem tam, i w śmietach spichlerza znalazłem szkło okowe z mikrometrem. Udało mu się również po trzymiesięcznej pracy 1 kwietnia 1784 r. podnieść z Ziemi balon, który przez pół godziny unosił się nad okolicami Krakowa, jak sam pisał, znacznie dłużej i wyżej niż balony wysłane w grudniu ubiegłego roku w Paryżu.*

## Pobyt w Anglii

W ostatnich dniach marca 1787 r. opuścił Kraków i udał się do Anglii. Pierwsze kroki skierował do Cambridge, w drugiej połowie maja zawitał do Londynu. Odwiedził tam astronoma Maskelyne i zabawił kilka dni w słynnym już wówczas Obserwatorium w Greenwich. Ogromna ciekawość ciągnęła go do obserwatorium Herschela w Slough niedaleko Windsoru, gdzie w kwietniu 1787 r. tenże astronom przy pomocy wielkiego teleskopu spostrzegł trzy jasne punkty na Księżyku, które według teorii Heweliusza mogły być czynnymi wulkanami. Odwiedził też szkołę oxfordzką i jej nowe, świetnie wyposażone obserwatorium. Sierpień i wrzesień Śniadecki spędził na zwiedzaniu Londynu, odwiedzając muzea, teatry i różne zakłady naukowe. W końcu września ponownie pojechał do Slough i tutaj spotkał króla Jerzego III, z którym rozmawiał o Polsce i jej królu, ale najwięcej o Komisji Edukacji Narodowej. Przez ten dwutygodniowy pobyt w Slough całe noce wspólnie obserwowali z Herschelem ruch Saturna i jego satelitów.

W tym czasie Szkołę Główną w Krakowie i rozpoczęte w niej prace zwiedzał król, który, będąc zadowolony z jej urządzenia, spowodował, że nowe gmachy zaczęły się jeszcze szybciej wzrosnąć. Gdy doniesiono Śniadeckiemu o postępach tych prac, bardzo się ucieszył i z jeszcze większym zapałem poszukiwał nowych sprzętów astronomicznych. Był jednak niezadowolony, gdy na własne oczy zobaczył obserwatorium po powrocie. Okazało się, że zmieniono plany budowy ze względów oszczędnościowych i to, co powstało, Śniadecki nazwał *salą do tańcowania, a nie do prowadzenia obserwacji*. Listownie informował też, że podtrzymuje wcześniejszą decyzję o rezygnacji z funkcji sekretarza Szkoły Głównej. Mimo oporu Rady Szkoły Głównej 31 października 1787 r. Komisja Edukacji Narodowej zwolniła go z tej funkcji. Przed odjazdem Królewskiemu Towarzystwu Naukowemu w Londynie ofiarował swoją dwutomową algebrę, sam zakupił około 200 tomów literatury najlepszych pisarzy angielskich, kilka przyrządów astronomicznych i w połowie listopada opuścił Londyn, by w sam dzień Bożego Narodzenia zjawić się w Krakowie.

## Kolejny pobyt w Krakowie

Pod datą 13 maja 1792 r. Śniadecki zapisał pierwszą krakowską obserwację. Środowisko akademickie powierzyło mu obronę zdobycz Sejmu Czteroletniego. W roku 1793 Śniadecki bronił w Grodnie i w Warszawie tych zdobytych, ale nie zapominał o astronomii. Wspólnie z Poczobutem zorganizowali dla króla obserwację zaćmienia Słońca w Augustowie, które zdarzyło się 5 września 1793 r. Na sejmie grodzieńskim targowiczanie podpisali drugi rozbior Polski i tym samym unieważnili ustalenia Sejmu Czteroletniego, nie oszczędzając również Komisji Edukacji Narodowej. Zakusy targowicza udało mu się trochę zahamować, co niezwykle podniósł autorytet Śniadeckiego wśród kolegów — akademików. Kiedy II rozbior Polski stał się faktem, tak pisał Śniadecki do T. Bukatego do Londynu: *Cały kraj nasz w najoplakańszej sytuacji i prawie rozpaczliwy... Jest że lud na ziemi nieszczęśliwszy? ... Zobaczymy, co będzie za koniec tych okrucieństw i niesprawiedliwości. Nie piszę dalej, bo ciężko ukoić serce bólem ścieśnione*. Po tych ciężkich doświadczeniach w styczniu 1794 r. wrócił do Krakowa, gdzie dojrzały już plany insurekcji kościuszkowskiej, w której Śniadecki zaangażował się całkowicie.

Po trzecim rozbiorze Polski Śniadecki napisał do Kołłątaja list pełen żalu i goryczy po utraceniu niepodległości przez swoją ukochaną ojczyznę. Pisał w nim między innymi: *Trzeba dziś Polakowi przeżyć samego siebie, stworzyć sobie inną duszę i zamknąć czucia swo-*

*je w ciasnych granicach osobistego bytu*. Do końca XVIII w. Austriacy nie podejmowali większych zmian organizacyjno-prawnych w stosunku do Szkoły Głównej i jedynymi kłopotami, jakie miała szkoła, to były kłopoty finansowe, zalegano bowiem z wypłatami pensji dla profesorów, nie wypłacano emerytur, nie wpływały też pieniądze z dóbr pojezuickich. Jana Śniadeckiego wybrali koledzy w skład delegacji udającej się do cesarza Franciszka II z petycją, aby zachował on Szkołę Główną wraz z jej dotychczasowymi uprawnieniami. We wrześniu 1797 r. Śniadecki poprosił cesarza Franciszka II o przyznanie mu emerytury oraz o zezwolenie na dalsze kierowanie pracą obserwatorium astronomicznego. Emerytury mu nie przyznano, a na prowadzenie obserwatorium astronomicznego wyrażono zgodę.

Panujące poczucie bezsiły i inercji zniechęciły Śniadeckiego do dalszego pobytu w Krakowie i zaczął myśleć o ponownej podróży zagranicznej. Być może na decyzję wyjazdu wpłynęła pewna znajomość. Bywając w sprawach Szkoły Głównej i swojej emerytury w Wiedniu poznął wdowę, bogatą, młodą, przystojną, wykształconą, dziedziczkę dużych posiadłości w Galicji, panią Antoninę Chołoniewską z Morskich. Szanowany profesor, starający się już o emeryturę w wieku 40 lat zakończył się po raz drugi w swoim życiu.

Opuścił na zawsze Kraków, ale jego ślad tam pozostał trwał. Prowadził od 13 maja 1792 r. do 24 lipca 1803 r. systematyczne obserwacje astronomiczne, a wyniki tych obserwacji publikował w „Efemerydach Wiedeńskich”,



Budynek dawnego Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie. Fot. Dorota Szpił

w „Rocznikach Akademii Nauk w Petersburgu” czy w „Efemerydach Berlińskich”. Jak pisze „Tygodnik Literacki” w nr 35 z 29 sierpnia 1842 r.: *Pod dyrekcją Jana Śniadeckiego, obserwatorium z szczodrobiłości króla Stanisława i obfitej przychylności do Śniadeckiego, stało się dość zamożnym w narzędzia (...) które (...) jakby zmordowane dość długimi i z wielką pilnością robionymi obserwacjami przez Jana Śniadeckiego.* Jego Obserwatorium i jego obserwacje cieszyły się uznaniem w Europie, zaproszono go do grona 24 europejskich astronomów, którzy mieli uważnie obserwować przydzieloną sobie część nieba. Niestety, zaszczytu tego nie przyjął.

### Kolejny pobyt za granicą

Wspólnie z panią Chołoniewską zwiedzili Belgię, Holandię, Włochy, by na koniec zawitać do Wiednia. Będąc w Dreźnie otrzymał jeszcze propozycję objęcia kierownictwa obserwatorium astronomicznego w Bolonii, ale z przyczyn patriotycznych propozycję odrzucił.

Dobitniej o jego patriotyzmie świadczą dwa fakty. Warszawskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, gdy tylko powstało w roku 1801, powołało Śniadeckiego na swego członka i zaproponowało mu napisanie rozprawy *O Koperniku*, która zgodnie z wolą Towarzystwa miała na celu: *Oddając hołd winnej pochwały Mikołajowi Kopernikowi, pokazać, jak wiele mu winne były nauki matematyczne, mianowicie astronomia, w wieku, w którym żył, z których poprzedników, jak wiele i jakim sposobem korzystał, i jak wiele mu są winne w czasie teraźniejszym.* Śniadecki bardzo się ucieszył z tej prośby, bo wiem dokładnie szła ona w kierunku jego zainteresowań tą sprawą; wykład inauguracyjny z astronomii w 1782 r. właśnie poświęcił pochwale Kopernika. Przygotowując się wówczas do tego wykładu, przewertował 40 tomów obliczeń astronomów krakowskich działających przed i po Koperniku. Teraz przeczytał jeszcze raz z największą uwagą całe dzieło Kopernika, a także inne znajdujące się w Bibliotece Jagiellońskiej prace Kopernika. Praca *O Koperniku*, jak sam pisze, była wiele razy pisana i przerywana z powodu pilnieszzych prac, została jednak ukończona i 31 sierpnia 1802 r. i przesłana do Warsza-

wy. Jakie tam na członkach Towarzystwa zrobiła ogromne wrażenie, najlepiej oddaje list napisany do Śniadeckiego przez Staszica. Tak pisał on 5 X 1802 r.: *Z zlecenia Towarzystwa Przyjaciół Nauk przesyłam WWP Dobrodziejowi raport wydziału, zdany z rozważania mowy Jego o Koperniku. Nadto Zgromadzenie zobowiązało mię, abym imieniem jego wyraził Mu największe ukontentowanie i podziękowanie za tak dokładną pracę. Mowa ta będzie z woli Zgromadzenia przełożoną na język francuski i wydrukowaną, aby od cudzoziemców czytaną być mogła. [...] publiczna sesja będzie w miesiącu listopadzie, na której pismo Jego O Koperniku całe prócz przypisków czytane będzie z woli Zgromadzenia. Drukiem *O Koperniku* ukazało się w grudniu 1802 r. i później dość szybko powstały tłumaczenia: francuskie (1803, 1818, 1820), angielskie w 1823, włoskie 1830, a nawet streszczenie po persku w 1826 r. W tej rozprawie wykazał niezbicie polskie pochodzenie Kopernika, swoim wywodem uzasadnił, że z nauki Kopernika rozwinięło się całe nowożytnie przyrodoznawstwo i od jego dzieła zaczęły się prostować zawiłe drogi dotychczasowej nauki.*

### Okres wileński

Jeszcze w roku 1796 Marcin Odlatnicki Poczobut proponował Śniadeckiemu objęcie stanowiska profesora astronomii w Wilnie, a po śmierci rektora również i tej funkcji. Zakusy na Śniadeckiego władze wileńskiej szkoły ze zdwojoną siłą zwiększyły w 1805 r., co sprawiło, że zgodził się przyjąć posadę astronoma, a decyzję co do rektorowania uniwersytetu postanowił podjąć dopiero po jego obejrzeniu, co nastąpiło latem 1806 r. Lustracja wypadła po myślnie i 18 lutego 1807 r. zjawił się w Wilnie, by 24 lutego rozpocząć urzędowanie jako rektor i astronom. W *Pamiętnikach o Janie Śniadeckim* M. Bałiński cytuje słowa Śniadeckiego, które wyjaśniają, czym się kierował, przyjmując to stanowisko: *...miłość rodaków i ich dobra wyciągnęła mnie na wszystko. Choćby mnie to zdrowie miało kosztować, bylebym mógł co dobrego w tym obiekcie zrobić dla kraju i nauki, dosyć będę nagrodzony za wszystkie ofiary, które ta rezolucja kosztuje.* Miał też Śniadecki ogromny udział w krzewieniu poprawnej polszczyzny; przez wiele lat wspomagał Bogumiła Lindego



Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Wileńskiego. Źródło Wikimedia Commons

w jego pracach nad *Słownikiem języka polskiego*.

Kierowanie uniwersytetem zakłóciły wydarzenia polityczne roku 1812. W kwietniu w jego murach przebywał Aleksander I, a kilka miesięcy później Napoleon zażądał publicznego przedstawienia mu uniwersytetu i wejścia Jana Śniadeckiego do Rządu Tymczasowego Litwy, co uczynił jednak nie bez opórów. 30 czerwca 1812 r. nastąpiło spotkanie Napoleona i Śniadeckiego, które stało się początkiem wielu ich spotkań, podczas których rozmawiali o historii Polski, Europy i o Rosji. To z polecenia Śniadeckiego Napoleon rozkazał, aby wojska nie niszczły ogrodu botanicznego w Gorenkach pod Moskwą, a także zbiorów jezuitów w Połocku. Cały ten okres wymagał od Śniadeckiego nie lada umiejętności politycznych, aby nie stracić z pola widzenia tego dobra największego, jakim była w jego mniemaniu edukacja społeczeństwa. Wojskowi chętnie w pomieszczeniach uniwersytetu urządzali magazyny, szpitale czy stajnie dla koni, niszcząc często bezmyślnie sprzęt i mienie uczelni. Gdy Francuzi, będąc w odwrocie, ogrzewali się przy ogniu rozpalonym na dziedzińcu uniwersytetu w listopadowe chłody, pałac, co się dało, to: *Rektor zmęczony już i tak całodziennym czuwaniem nad całością zbiorów i gabinetów, wśród okropnego chaosu tłoczącego się wszędzie po ulicach, a szukającego chleba żołnierstwa, nie zmrążył oka przez całą noc i ubrany gotów był w każdym wypadku stawać osobą swoją do obrony własności i bezpieczeństwa powierzonych mu zakładów.* Gdy za kilka dni

kozacy zaczęli postępować podobnie, też nie wahał się bronić powierzonego mu mienia.

Car Aleksander I za udział w Rządzie Tymczasowym Litwy i goszczenie Napoleona chciał go pozbawić urzędu i Śniadecki musiał się mocno tłumaczyć nowym władzom. W liście do ministra Razumowskiego z 19 XII 1812 r. tak między innymi tłumaczył się ze swojej postawy: *W czasie służby publicznej od 40 lat, pod 4 rządami: Polskim, Pruskim, Austriackim i Rosyjskim, miałem zawsze jedną ambicję — być człowiekiem uczciwym, wiernym swoim obowiązkom*. Po tych wyjaśnieniach i wsparciu wpływowych osób zatrzymał stanowisko i od stycznia 1813 r. uniwersytet zaczął pracować normalnie, ale pozycja Śniadeckiego z kolejnymi miesiącami słabła, wiele osób ją podkopywało i już wiosną 1814 r. wiedziała, że przestanie być rektorem. Podczas zgromadzenia profesorów 1 III 1815 r. przeczytał decyzję ministra odwołującą go ze stanowiska rektora Uniwersytetu Wileńskiego. Praca na tym stanowisku absorbowała go bardzo, a mimo to udało mu się wydać bardzo ważne a pod wieloma względami wręcz nowatorskie na skalę europejską dzieło pt. *Jeografia, czyli opisanie matematyczne i fizyczne ziemi ...* w Wilnie w 1809 r., a także *Żywoty uczonych Polaków* oraz różne zagajenia.

Uniwersytet Wileński pod rządami Jana Śniadeckiego przeżywał wspaniałe chwile rozkwitu, natomiast po roku 1821 stosunki panujące na Uniwersytecie Wileńskim, po objęciu katedr przez wielu młodych, nowych profesorów, głównie niemieckich, stały się na tyle obce Śniadeckiemu, że chciał opuścić już jego mury definitywnie, ale utrudniła mu to odejście nominacja carska na przewodniczącego Komisji Sądowo-Edukacyjnej guberni litewskiej i białoruskiej. Jednak już coraz częściej myślał o sobie, a mniej o sprawach publicznych. Zdrowie już też nie było najlepsze, doskierały mu kłopoty z pogłębiającą się krótkowzrocznością, a doszły dodatkowe kłopoty z kamicą nerkową. W tym czasie wybudował na posiadłości córki swego brata Jędrzeja Zofii Balińskiej ze Śniadeckich w Jasunach blisko Wilna dom, w których na stałe osiadł w 1828 r. Ostatecznie prośbę o emeryturę napisał w marcu 1824 r., na której znalazł się od 3 listopada 1824 r. z kwotą 1500 rubli rocznie i tym samym po 49 latach pracy

publicznej odsunął się w cień. Za jego działalność władze w 1811 r. uczyniły go kawalerem Orderu św. Anny II klasy. Ponownie to zrobili w 1819 r., nadając mu Order św. Włodzimierza III klasy, by w roku 1822 podnieść go do godności radcy stanu. Ostatnie dni swojego życia spędził przy rodzinie brata Jędrzeja, dzieląc jej troski i radości. Po krótkiej chorobie zmarł 9 listopada 1830 r. Według jego ostatniej woli został pochowany w Jasunach, a majątek, którym rozporządzał, podzielił między różne fundusze stypendialne dla studentów dwóch swoich ukochanych uczelni, w Wilnie i Krakowie.

### Zakończenie

Ocena tak ogromnego dorobku przekracza możliwości tego skromnego wspomnienia. Pozostawił ogromny dorobek astronomiczny, matematyczny, pedagogiczny, społeczny, a także filozoficzny i metodologiczny. Przygotowywał projekt wykonania dokładnych map według zasad geometrii i astronomii. W ramach tego projektu i dla jego potrzeb wyznaczył dokładnie na podstawie obserwacji astronomicznych współrzędne geograficzne Krakowa i Wilna. Do tego należy dodać wiele listów napisanych zarówno do osób prywatnych, jak i do instytucji. Wszystkiego tego dokonał człowiek, którego rysopis w paszporcie z 1803 r., gdy miał 47 lat, tak brzmiał: wzrost 165 cm, włosy siwe, brwi czarne, czoło wysokie, oczy siwe, nos trochę gruby, ucho średnie, podbródek okrągły, twarz ovalna. Józef Frank, człowiek zasłużony dla wileńskiej medycyny, tak opisał Jana Śniadeckiego w swoich pamiętnikach: *Jan Śniadecki był wzrostu miernego, prawie kwadratowy, o białych zupełnie włosach, chociaż wcale nie był stary. Gdy wychodził z domu, zawsze szedł za nim służący, a z jego kieszeni zwykle wyglądał koniec chustki do nosa. Jakiś niepokój wewnętrzny nie pozwalał mu pozostać na miejscu. Mówił Śniadecki dobrze i lubił, aby go słuchano ... był hardy z równymi sobie, a z niższymi wprost brutalny. Pomimo to uchodził za dobrego patriota. Nie można mu było odmówić rozumu i nauki, ale nad wszystkim górowała pycha. Panie z towarzystwa zarzucały mu „gdyranie”. Dbanie o przesadną etykietę nawet w kontaktach z najbliższymi zarzucała mu rodzina brata Jędrzeja, którą całe życie opiekowała się i jak mógł,*

pomagał, bywał często „zły i kwaśny”, czasami apodyktyczny, trochę samowładny i nie znosił opozycji. Sam siebie określał jako człowieka o charakterze nadto żywym, nie dość cierpliwym i do rozdrażnienia łatwym. Jan Śniadecki był zapalonym myśliwym, zakochanym w polowaniach, którym oddawał się z wielką rozkoszą, szczególnie gdy mieszkał w Krakowie. Letni czas spędzał u Wielopolskich i Czartoryskich w ich posiadłościach w Puszczy Pińczowskiej, w okolicach Łanicuta, Łąki (posiadłość A. Chołoniewskiej) czy Sieńiawy.

Historycy uważają, że był on najcenniejszym nabytkiem Szkoły Głównej Koronnej, nazywając go *pierwszym uczniem europejskiej miary, bo nie tylko sam umiał się utrzymać na poziomie europejskiej nauki, ale i nawzajem w zagranicznym świecie naukowym dobrze był znanym i prawdziwie cenionym. Umysł wszechstronny, zdolny do wznoszenia się od przedmiotów umiejętności ścisłych do najwyższych zagadnień filozoficznych, a przy tym człek, uposażony talentem organizacyjnym, energią, obrotny, ruchliwy, przedsiębiorczy — nadawał się znakomicie do roli współpracownika przy dziele reformy, które wprawdzie zostało przygotowane i ugruntowane przez Kołłątaja, ale wymagało jeszcze dalszego rozwinięcia i uzupełnienia pod wieloma względami. [...] Niespożyte zasługi położyły Śniadecki przede wszystkim około podniesienia nauk matematycznych i astronomicznych w Akademii. S. Dickstein tak widzi rolę Śniadeckiego w reformowaniu polskiej oświaty, a szczególnie szkoły krakowskiej: Jeżeli Kołłątaj był sercem reformy Akademii Krakowskiej, to Jan Śniadecki był jej mózgiem. I na koniec, mało kto zdaje sobie sprawę z tego, że był w Polsce pionierem rachunku prawdopodobieństwa, który sam nazywał „rachunkiem losów” lub „rachunkiem na chybili-trafił”. W tych czasach traktowano ten dział matematyki niezbyt poważnie, a dzięki Śniadeckiemu nabrał należnej mu powagi.*

*Autor jest profesorem fizyki w Liceum Ogólnokształcącym w Strzelnie i twórcą Muzeum Michelsona w tej miejscowości. Alfred Michelson urodził się w Strzelnie*

# Walny Zjazd Delegatów i nowe władze Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii

W dniu 2 października 2010 r. w Sali Rycerskiej Pałacu Księży Czartoryskich w Puławach odbył się XL Walny Zjazd Delegatów PTMA.

Zjazd podsumował działalność Towarzystwa za ostatnią kadencję, wytyczono zasady działania na przyszłość, mając na uwadze zbliżający się Jubileusz Stulecia PTMA przypadający w 2019 r.

Prezesem na następną kadencję został wybrany ponownie dr Henryk Branczewicz. Następnie dokonano wyboru członków Zarządu Głównego, którego skład po ukonstytuowaniu się jest następujący:

1. mgr Zofia Huppenthal (Toruń) — wiceprezes
2. mgr Janusz Ławicki (Puławy) — wiceprezes
3. mgr Andrzej Boroń (Kraków) — sekretarz
4. mgr Aleksandra Gödel-Lannoy (Kraków) — skarbnik
5. inż. Janusz Wiland (Warszawa) — specjalista ds. informatycznych
6. dr Henryk Chrupała (Chorzów) — członek

7. mgr Janusz M. Jagla (Kraków) — członek

8. mgr Mieczysław Borkowski (Łódź) — członek.

Wybrano też Komisję Rewizyjną w składzie:

1. dr Krystyna Skalska (Łódź) — przewodnicząca

2. dr Franciszek Chodorowski (Białystok) — członek

3. dr Wiesław Krajewski (Lublin) — członek

oraz Sąd Koleżeński:

1. mgr Adam Kisielewicz (Lublin) — przewodniczący

2. mgr Wojciech Burzyński (Białystok) — członek

3. mgr Stefan Janta (Chorzów) — członek.

Ponadto Walny Zjazd wystosował listy zawierające pozdrowienia i specjalne podziękowania za długolatnią pracę dla dobra naszego Towarzystwa do następujących osób:

1. prof. Józef Smak, honorowy członek PTMA

2. pan Maciej Mazur, honorowy członek i wieloletni prezes PTMA

3. dr Jan Mietelski, wieloletni prezes PTMA

4. ks. Franciszek Strauch, najstarszy wiekiem i wieloletni członek PTMA

5. inż. Ryszard Cnota, zasłużony obserwator i wieloletni członek PTMA

6. dr Tomasz Ściężor, wieloletni i zasłużony działacz PTMA

7. prof. Andrzej Woszczyk, redaktor naczelny „Uranii”

8. dr Krzysztof Ziolkowski, wieloletni prezes PTMA i redaktor „Uranii”.

Wszystkie spotkania i obrady odbywały się w serdecznej i miłej atmosferze, dzięki wspaniałej organizacji Zjazdu przez Puławski Oddział PTMA, kierowany przez mgra Janusza Ławickiego.

Wygodne noclegi oraz obfite i urozmaicone posiłki uzupełniła słoneczna pogoda i kolorowa jesień w parku otaczającym Pałac Czartoryskich.

Na zakończenie Zjazdu zebrani wysłuchali wykładu dra Bogdana Wszołka z Akademii Jana Długosza w Częstochowie pt. „Miedzygwiazdowe pasma rozmyte”.

Aleksandra Gödel-Lannoy



Zdjęcie grupowe delegatów na zjazd w Puławach. Fot. Janusz Wiland

## Otwarcie Planetarium w Niepołomicach

Na mapie planetariów polskich przybyło kolejne. Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach wzbogaciło się o nową pomoc dydaktyczną. 16 września 2010 r. nastąpiło otwarcie nowo wybudowanego obiektu. Budynek wraz z wyposażeniem kosztował 300 tys. zł, które Miasto i Gmina Niepołomice, jako organ prowadzący, wyłożyła ze swojego budżetu w ciągu ostatnich 2 lat. Mógl powstać co najmniej 10 lat wcześniej, gdyż aparaturę projekcyjną ZKP-1 wyremontowano w 1999 r. Ciekawa jest jej historia. Do Polski została przekazana w latach 50. ubiegłego wieku przez ówczesne niemieckie związki zawodowe jako dar dla Liceum Ogólnokształcącego w Niepołomicach. Niestety szkoła nie miała warunków na jej uruchomienie. Projektor przewieziono do Krakowa i zainstalowano początkowo w wieży ratuszowej w Rynku Głównym, potem w Krakowskim Domu Kultury Pałac pod Baranami, gdzie siedziowała ze słynnym kabaretem Piotra Skrzynieckiego. Przez pewien czas zresztą służyła jako kandelabr. Na dziwacznej dla osób postronnych aparaturze umieszczano ozdobne świece tworzące nastrój dla piwnicznego kabaretu.

W czasach swej świetności, kiedy pod prowizoryczną kopułą odbywały się seanse astronomiczne, aparaturę obsługiwał znany krakowski astronom Maciej Mazur. Niestety po przekazaniu Pałacu pod Baranami prawowitym właścicielom, Krakowski Dom Kultury zlikwidowano, a wraz z nim również salkę planetarium. Aparaturę zdemontowano i ślad po niej zginął. W 1997 r. pracownicy MOA odnaleźli ją w magazynach Fortu Skała, należących do Obserwatorium Astronomicznego UJ. Była w fatalnym stanie. W skrzyniach oprócz zdemontowanych części znaleziono szkielet zdechłego szczura, kurze jajko i resztki ptasich piór. Niezrażeni tym zwróciliśmy się o pomoc do ówczesnego dyrektora Planetarium Śląskiego w Chorzowie dra Henryka Chrupały. Nie odmówił pomocy. Tak oto zetknęliśmy się z pasjonatem i znaną aparaturą planetaryjną Stefanem Jantą, który podjął się naprawy i przywrócenia świetności zabytkowego

projektora. Konieczna była wyprawa do zakładów Carla Zeissa w Jenie. Tam przed gabinetem dyrektora zobaczyliśmy identyczny egzemplarz ZKP-1 stojący w charakterze zabytku. Był to pocieszający widok, gdyż świadczył o tym, że skrupulatni Niemcy posiadali dokumentację i można było brakujące części dorobić, np. gwinty do żarówek trzeba było ręcznie wytoczyć na tokarce zegarmistrzowskiej. Dużym problemem było też dorobienie brakujących klisz z otworami przedstawiającymi poszczególne fragmenty nocnego nieba. Tę czynność zakłady Carla Zeissa zlecały prywatnej firmie zewnętrznej. Niestety człowiek, który kopiował mapy nieba, wykluwając igłami otwórki w kliszach, stracił wzrok. Pracy tej podjęła się jego żona i wszystkie klisze zostały skompletowane. Dopiero wtedy, gdy przywrócono świetność całej aparaturze i udoskonalono ją do wymogów współczesnych, można było pomyśleć o budowie odpowiedniego budynku. Świat jednak poszedł szybko do przodu, wymyślono cyfrowe projektorzy do planetariów, najpierw 2D, potem trójwymiarowe 3D.

Projektując i budując planetarium w Niepołomicach, zaplanowano również takie rozwiązanie w przyszłości. Jednak koszt aparatury cyfrowej jest na razie poza zasięgiem możliwości finansowych MOA. Tak więc pośrodku nowego budynku króluje poczciwe ZKP-1, aparatura stanowiąca serce planetarium oraz posiadająca duszę. Mówili o tym uczestnicy pierwszych seansów, goście uczestniczący w uroczystości otwarcia Planetarium w Niepołomicach. Pierwszy program został zaprojektowany przez Stefana Jantę. Jest to opowieść o królu Kazimierz Wielkim, który przyjechał na polowanie do Puszczy Niepołomickiej i w lesie zastała go noc. Seans uczy orientacji na niebie, opowiada o popularnych gwiazdozbiorach, Układzie Słonecznym, pokazuje również fotografie wykonane teleskopem Hubble.

Otwarcie Planetarium było jednocześnie świętem astronomii w Niepołomicach. Uroczystości uświetnił koncert młodej wokalistki Gosi Kotwicy oraz zespołu jazzowego „Afera Band” z Mło-

dzieżowego Domu Kultury z Krakowa. Honorowym gościem był jedyny polski kosmonauta generał Miroslaw Hermaszewski, który wraz z burmistrzem Romanem Ptakiem i dyrektorem MOA przeciągnął symboliczną wstęgę otwierającą wejście do Planetarium. Po inauguracyjnym seansie odbyło się spotkanie generała z młodzieżą, w którym uczestniczyło kilkaset osób. Wcześniej w naszym Obserwatorium gościły amerykańscy astronauti George Zamka i Terry W. Virts.

Planetarium w Niepołomicach jest jedynym planetarium w Małopolsce. Głównie służyć będzie jako pomoc dydaktyczna dla młodzieży uczęszczającej na zajęcia do MOA, jednak przyjmuje również wycieczki szkolne, przede wszystkim z terenu Polski południowej oraz grupy dorosłych.

Jednorazowo może pomieścić pod 8-metrową kopułą 40 osób. Oprócz projektoru ZKP-1 jest wyposażone w projektorzy multimedialne oraz sprzęt na głośnieniający.

Relację z otwarcia można zobaczyć na stronie internetowej Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego [www.moa.edu.pl](http://www.moa.edu.pl). Znajdują się tam również linki do kilku portali opisujących to wydarzenie, szczególnie ciekawa relacja jest zamieszczona na stronie Podboju Polskich Planetariów.

Gwoli kronikarskiemu obowiązkowi wypada nadmienić, że w uroczystości otwarcia wzięli udział przedstawiciele kilku polskich planetariów, członkowie rodziny naszego patrona Kazimierza Kordylewskiego, przedstawiciele Polskiego Towarzystwa Astronomicznego z sekretarzem ZG dr. Adamem Michałem oraz członkowie PTMA z prezesem dr. Henrykiem Brancewiczem. Oczywiście nie zabrakło naszych patronów naukowo-dydaktycznych z OA UJ oraz z Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Wszystkim serdecznie dziękujemy za przybycie i ciepłe słowa pod adresem MOA. Dopinguję to nas do dalszej pracy edukacyjnej i popularyzacyjnej tej pięknej dziedziny wiedzy, jaką jest astronomia.

Mieczysław Janusz Jagla

# Otwarcie planetarium w Niepołomicach



Monolityczna kopuła planetarium w Niepołomicach



Za chwilę zacznie się pierwszy seans...



Wspólne zdjęcie uczestników uroczystości po pierwszym seansie w planetarium



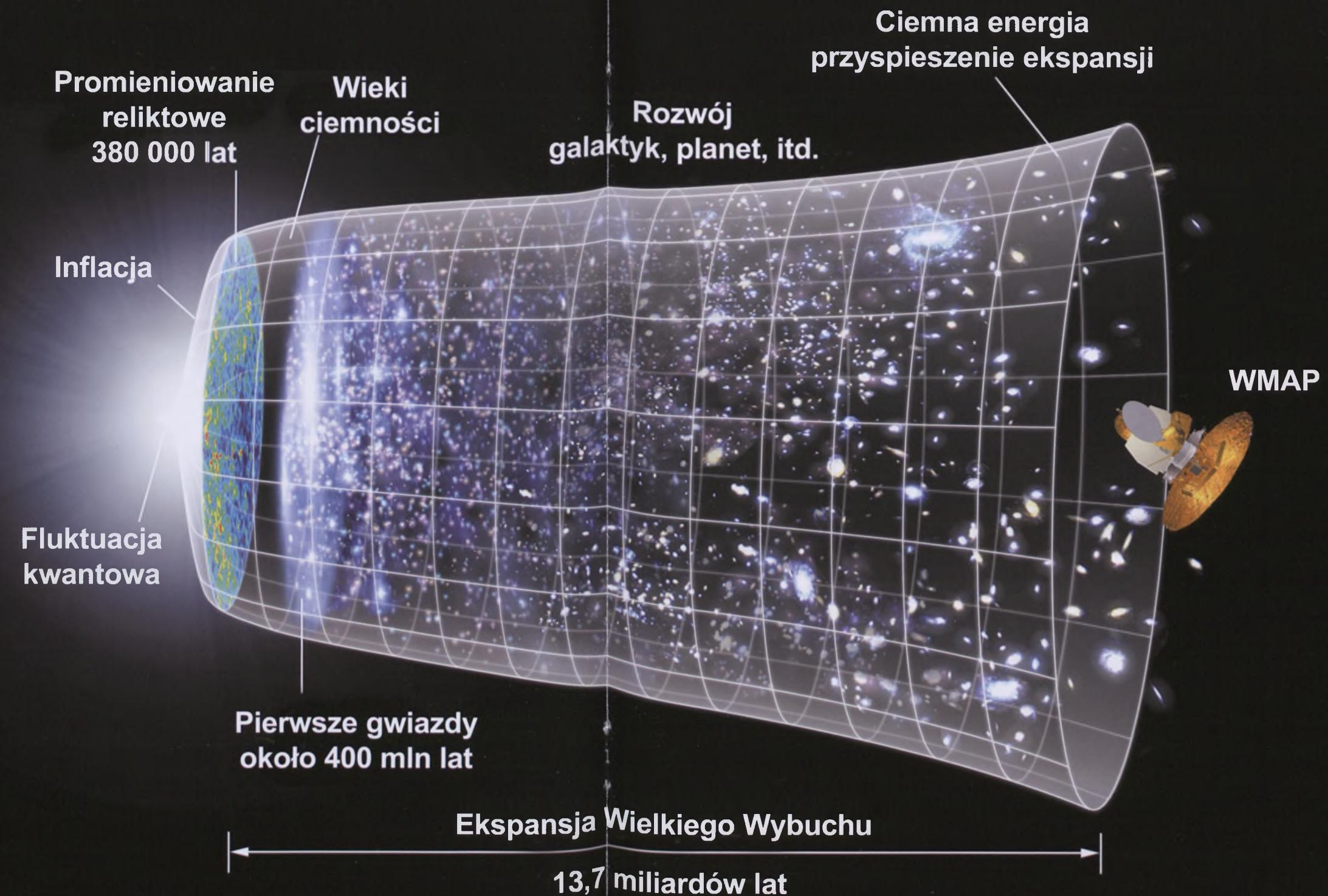
Zajęcia z młodzieżą

## Lem i Heweliusz polecą w Kosmos!



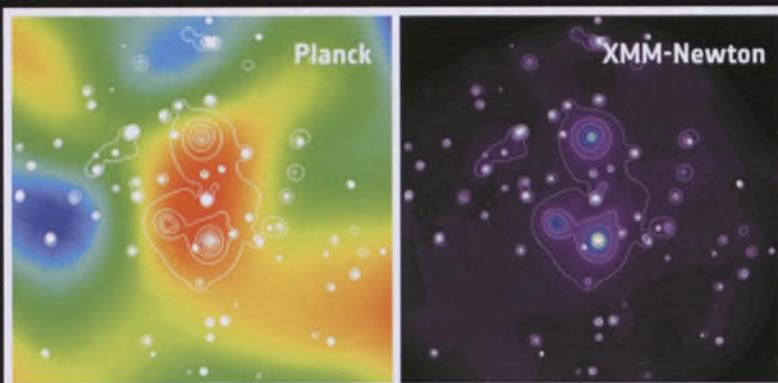
Ministerstwo Nauki ogłosiło wyniki konkursu na imiona dla dwóch pierwszych polskich satelitów. Zwyciężył pisarz science fiction Stanisław Lem oraz gdański astronom Jan Heweliusz. „Lem” zostanie wyniesiony na orbitę w 2012 r., w ramach polsko-austriacko-kanadyjskiego projektu BRITE, mającego zajmować się obserwacją najjaśniejszych gwiazd w Galaktyce. Drugi satelita zostanie ukončony w 2013 r. BRITE jest zaliczany do serii tzw. nanosatelitów, których waga nie przekracza 10 kg.

# Ewolucja Wszechświata — od Wielkiego Wybuchu do... WMAP



Źródło: NASA/WMAP Science Team

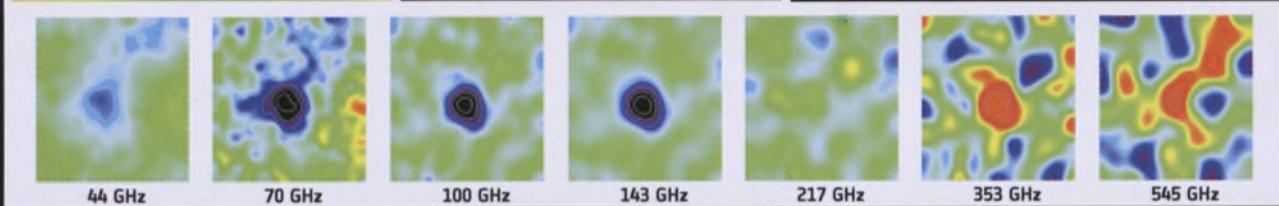
# Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga



(patrz tekst na s. 265)

Obok: nowa supergrzymada widziana „ocząmi” satelity Planck i XMM-Newton. Źródło: ESA

Nieżej: wielopasmowa obserwacja gromady galaktyk Abell 2319. 4 zdjęcia z lewej strony pokazują brak fotonów CMB, czyli chłodniejszą plamę na niebie. Dwa zdjęcia z prawej prezentują nadwyżkę fotonów CMB w stosunku do średniej wartości. Trzeci obraz z prawej został wykonany na częstotliwości 217GHz, która oddziela obszar nadwyżki od obszaru niedoboru fotonów CMB. Zdjęcia obejmują obszar  $2^\circ \times 2^\circ$ . Źródło: ESA/LFI & HFI Consortia



## Polacy na IOAA w Chinach



Uroczystość otwarcia IOAA



Od lewej stoją: Damian Puchalski, Przemysław Mróz, Maksymilian Sokołowski i Jakub Bartas



Reprezentacja Polski wraz ze swoją chińską opiekunką oraz opiekunami zespołu

Fot. Waldemar Ogóz i Grzegorz Stańkowski



Zdobywca złotego medalu – Przemek Mróz



Na Wielkim Murze Chińskim



W dawnym obserwatorium astronomicznym



Dyrektor pekińskiego planetarium dr Jin Zhu przekazuje proporzec olimpijski następnemu organizatorowi. W imieniu Polski proporzec przyjmuje dr Grzegorz Stańkowski – lider reprezentacji

## Planck sięga tam, gdzie wzrok nie sięga

Gromady galaktyk to wielkie konglomeraty skupiające do 1000 galaktyk. W latach 70. XX w. odkryto w nich znaczne ilości gorącego gazu promieniuującego na falach X. W jeszcze większej skali gromady galaktyk łączą się w supergromady galaktyk. Chcielibyśmy poznać jak najwięcej z nich, bo to pomoże odpowiedzieć na pytanie, jak rozwijały się przez miliony lat te wielkoskalowe struktury.

Satelita Planck ogląda Wszechświat na falach mikrofalowych, a jego zadaniem jest badanie kosmicznego promieniowania tła (CMB) — najstarszego światła, które do nas dochodzi. Planck wyposażony jest w układ detektorów czułych w zakresie 30–857 GHz. Dzięki temu można rozróżnić, co jest prawdziwym sygnałem promieniowania CMB, a co sygnałem płynącym z gwiazdy, mgławicy i innych obiektów przesłaniających najstarszy sygnał Kosmosu.

Ten szerokopasmowy układ pozwala również Planckowi zobaczyć odległe gromady galaktyk, które umknęły z pola widzenia innych satelitów. W tym celu wykorzystuje się zjawisko znane jako efekt Sunyaeva-Zeldowicza (SZ lub Sunajewa-Zeldowicza, bo pochodzi od nazwisk dwóch rosyjskich fizyków: Raszida Sunajewa i Jakowa Zeldowicza). Na czym polega?

Gdy fotony CMB przechodzą przez gorący gaz w gromadach galaktyk, zderzają się z elektronami, które mają dużą energię i fotony CMB ulegają rozprosze-

nemu. W wyniku zderzeń, w tzw. odwrotnym efekcie Comptona, fotony CMB zyskują dodatkową porcję energii i z zakresem mikrofal «wskakują» do krótszych fal. W obserwacjach widać chłodne plamy na niebie, tam gdzie CMB przeszło przez taki gorący, zjonizowany gaz. W konsekwencji widmo CMB ulega zniekształceniu, ale nie jest to dla astronomów powód do zmartwień, a sposób na wykrycie bardzo odległych gromad galaktyk.

Po przejściu przez gorący gaz gromady część fotonów zostanie wzbudzona do wyższych częstotliwości, więc średnio będzie w widmie więcej fotonów o wyższej energii i nieco mniej fotonów o niższej energii (w stosunku do niezaburzonego widma CMB). Graniczna wartość oddzielająca niedobory od nadwyżek to 217GHz. Detektory Plancka zostały tak dobrane, by pokryć częstotliwości poniżej i powyżej tej wartości, a jeden z kanałów czuły jest dokładnie na tę wartość częstotliwości promieniowania.

Najpierw sprawdzono, czy sposób znajdowania gromad galaktyk tym sposobem zadziała. Planck „popatrzył” na dwie dobrze znane gromady galaktyk: Abell 2319 oraz Coma. Wykorzystując efekt SZ, zobaczył je niemal tak dokładnie, jak i inne satelity, które czuły są na promieniowanie X wysybane przez gorący gaz z gromady. Kolejne znajdowane przez niego gromady porównywano ze skatalogowanymi gromadami galaktyk, np. z przeglądu satelity Rosat. Aż znaleziono gromadę, której w tym katalogu nie było...

Aby upewnić się, że Planck rzeczywiście znalazł nową gromadę galaktyk, w ten sam punkt na niebie „popatrzył” czuły w zakresie promieniowania X satelita XMM-Newton. Mając lepszą zdolność rozdzielczą niż Planck, zobaczył, że nie jest to jedna, ale aż trzy gromady galaktyk!

Efekt Sunajewa-Zeldowicza znany jest od dawna, ale po raz pierwszy połużył do odkrycia nowej, nieznanej gromady galaktyk (a raczej supergromady złożonej z 3 gromad). Łącząc możliwości tych dwóch satelitów, możemy spodziewać się dalszych odkryć największych struktur w Kosmosie.

(kz)

Źródło: ESA

## Kamień z Księżyca w Częstochowie



Fot. B. Wszędek

Do 10 XI w Muzeum Częstochowskim można oglądać prawdziwy kamień z Księżyca.

Kamień wygląda wspaniale, jego idealnie czarna barwa jest ozdobiona małeckimi białymi „inkrustacjami”. Twarzyszącym wystawę oraz filmy można oglądać w godzinach otwarcia Muzeum.

W grudniu 1972 r. Gene Cernan i Jack Schmidt, astronauti amerykańscy z misji Apollo-17, zebrali i sprowadzili na Ziemię 110 kg materii księżycowej. Częścią tej materii był kamień bazaltowy o masie 8110 gramów. NASA oznaczyła go numerem 70215. Pochodzi on z doliny Littrowa w górach Taurus, które ciągną się wzdłuż obrzeża Morza Jasności (Mare Serenitatis).

Dla celów badawczych kamień został pocięty na wiele części. Kawalek o numerze 70215.41, mający masę 120 g, został zatopiony w przezroczystym plastiku i służy celom wystawienniczym i edukacyjnym. Struktura i skład skały praktycznie nie uległy zmianom od chwili jej uformowania przed czterema miliardami lat.

Bogdan Wszędek

### na rozkładówce:

## Ewolucja Wszechświata — od Wielkiego Wybuchu do... WMAP

Obraz ewolucji Wszechświata poprzez 13,7 mld lat jego istnienia. Lewy skraj obrazuje najwcześniejszy moment, który możemy teraz badać, gdy okres „inflacji” spowodował wybuch eksponentialnego wzrostu Wszechświata. (Rozmiar jest zobrazowany przez wertykalną rozpiętość siatki na grafice). Przez następne kilka miliardów lat rozszerzanie Wszechświata spowolniało na skutek wzajemnego grawitacyjnego oddziaływania jego materii. Później rozszerzanie zaczęło rosnąć, co jest efektem odpychającej siły ciemnej energii, która dominuje w procesie ekspansji Wszechświata. Świecenie zaobserwowane przez WMAP zostało wyemitowane 380 tys. lat po inflacji, praktycznie bez przeszkoł, wędruje po Wszechświecie. W nim są zakodowane warunki panujące we wcześniejszym Wszechświecie. To właśnie one stanowią również uwarunkowanie dla jego późniejszej ewolucji.

Źródło: NASA / WMAP Science Team

## OZMA XIV



**T**egoroczny, już czternasty, Ogólnopolski Zlot Miłośników Astronomii odbył się w dniach 12–15 sierpnia w Urzędowie koło Kraśnika, na terenie Zespołu Szkół im. Orląt Lwowskich. Organizatorzy zagwarantowali uczestnikom miejsce pod namiot lub kawałek podłogi w szkolnych salach, szkolne sanitariaty, dwa porządne obiadы w restauracji (w piątek i sobotę), okolicznościową koszulkę, ognisko z kiełbaskami i tradycyjnie już miłą atmosferę.

W czasie zlotu w Urzędowie odbywał się również obóz Pracowni Komet i Meteorów (PKiM), który za siedzibę obrał prywatną posiadłość kol. Józefa Barana.

Oficjalnie zlot rozpoczęto jego otwarcie w czwartkowy wieczór, po którym nastąpiła prezentacja przez członków PKiM projektu „Perseidy 2010”.

Pogoda była dość łaskawa, termin zlotu nie przypadkiem pokrywał się z porą nowiu i aktywnością roju Perseidów, więc pierwszą noc, z czwartku na piątek (podobnie było i w następną, z piątku na sobotę), gros uczestników spędziło przy teleskopach rozstawionych na szkolnym boisku. Obok sprzętu przywiezionego przez samych uczestników stały rozstawione teleskopy przywiezione przez firmę Astrozakupy.pl, więc naprawdę było czym się pobawić oraz lepiej poznać zalety i wady różnych systemów optycznych czy montażów. Naprawdę, cenna gratka dla osób planujących zakupy w tej dziedzinie.

Do dyspozycji ozmowiczów był również teleskop obserwatorium na gmachu Urzędowskiego GOK-u.

Niektorzy, uzbrojeni tylko w sprzęt optyczny, w jaki wyposażała ich natura, czyli własny wzrok, ale i w ciepłe śpiwory i karimaty, zajęli się zliczaniem meteorów.

Pod znakiem obserwacji meteorów upłynął również pierwszy dzień zlotu, wypełniony głównie referatami. Do obiadu zaprezentowano następujące tematy: „Wstęp do obserwacji wizualnych” — Przemysław Żoładek (obecny prezes PKiM), „Analiza danych wizualnych” — Magdalena Sieniawska, „Historia i obserwacje roju Perseidów” —

Kamil Złoczewski, „Meteoroidy, meteory, meteoryty” — Przemysław Żoładek, „Techniki obserwacji meteorów” — Przemysław Żoładek.

Gdy na sali wykładowej trwały prelekcje, cały czas było dostępne stoisko firmy Astrozakupy.pl ze sprzętem optycznym i akcesoriami do obserwacji nieba, sklepik pana Brzozowskiego (PWN Vega), a u Marcina Cimały (PolandMet) można było nabyć kamienie z nieba, czyli meteoryty.

W przerwie obiadowej, zaraz po posiłku, było zaplanowane wspólne zdjęcie uczestników zlotu w centrum Urzędowa przy pomniku 600-lecia miejscowości. Niestety, nie wszyscy zdążyli przybyć na miejsce o właściwej porze, więc obraz prezentowany w poprzednim numerze „Uranii” nie ukazuje pełnego składu osobowego XIV OZMA.

Sesję popołudniową rozpoczęł Przemysław Żoładek przedstawieniem działalności i historii PKiM, a po nim Mariusz Wiśniewski zapoznał słuchaczy z tematem polskiej sieci bolidowej (Polish Fireball Network) i jej stanem obecnym. Ostatnia prezentacja w wykonaniu Przemysława Żoładka zatytułowana „Bolidy i spadki meteorytów” stanowiła świetne przejście do kolejnych wystąpień. W przerwach między wykładami można było otrzymać od nas informację o konkursie SkyQuest (konkurs dla młodzieży organizowany wspólnie z PTA), pobrać zestawy do obserwacji wizualnych, a także podpytać o sprawy techniczne dotyczące prowadzenia stacji bolidowej.

Po tematyce meteorowej przyszedł czas na poszukiwaczy i kolekcjonerów meteorytów. Marcin Cimała podzielił się z zebranymi bogato ilustrowaną zdjęciami relacją z wyprawy poszukiwawczej na teren niedawnego spadku meteorytu Koszyce. Po nim wystąpił Stanisław Jachymek, który próbował zarazić obecnych swoją pasją, jaką jest zainteresowanie nie tylko kamieniami spadłymi z nieba, ale i innymi skarbami natury (minerałami, skamieniałościami). Temu ostatniemu wystąpieniu towarzyszyła mała część artystyczna — muzyka grana na skrzypcach i elektrycznych organach.

Ostatnie prelekcje tego dnia także ponownie należały do współpracowników PKiM: Kamila Złoczewskiego i Radosława Poleskiego. Pierwszy jest obecnie doktorantem CAMK, PAN, a drugi doktorantem OAUW. W wykładach „Niezwykli sąsiadzi Drogi Mlecznej” oraz „Jak wyglądają gwiazdy zmienne?” przybliżyli zebranym, czym zawodowi astronomowie zajmują się w swojej pracy.

Po tak obfitym programie i kolejnej nieprzespanej nocy, następny dzień zlota, sobota, znacznie stracił na impecie, co dało się zauważać w postaci drastycznego rozluźnienia dyscypliny czasowej.

Pierwszym punktem sobotniego programu było otwarcie i zwiedzanie wystawy „Dognić Kosmos” przygotowanej w sali Gminnego Ośrodka Kultury. Wystawę przygotowało Podkarpackie Amatorskie Stowarzyszenie Astronomiczno-Astronautyczne. Zgromadzono na niej ponad 500 eksponatów związanych z historią podboju przestrzeni kosmicznej, począwszy od archiwalnych, niepublikowanych fotografii, po medale, numizmaty, modele rakiet i statków kosmicznych, na elementach wyposażenia tychże statków kończąc.

Wystawie tej towarzyszyły jeszcze kilka innych: wystawa meteorytów i numizmatów z prywatnej kolekcji Józefa Barana oraz kilku innych osób, wystawa astrofotografii przygotowana przez Zamojskie Stowarzyszenie Miłośników Astronomii, wystawy poświęcone osobom: pierwszemu polskiemu kosmonaucie Mirosławowi Hermaszewskiemu oraz patronowi miejscowego koła astro-



Stanisław Kukielka pokazuje, jak dźwignia dwustronna pomaga wyjaśnić pojęcie średnia ciężkości układów gwiazdowych

nomicznego — Janowi Heweliuszowi.

Następnie uczestnicy zlotu powrócili do budynku Zespołu Szkół na blok prelekcji związanych z astronautyką.

Pierwsza z nich zatytułowana „Najważniejsze wydarzenia w astronautyce 2009/10” została wygłoszona przez Marcina Mazura, zaś temat owej prelekcji był opracowywany wspólnie z Krzysztofem Kanawką (redaktorem portalu kosmonauta.net). Po krótkiej dyskusji słuchaczy dotyczącej nowych planów NASA, uczestnicy zlotu przeszli na boisko szkolne, gdzie odbył się autorski pokaz doświadczeń fizycznych ściśle związanych z astronomią w wykonaniu pana Stanisława Kukiełki, któremu dziennie asystował syn.

Po pokazie wykład pod tytułem „Współczesne zastosowania rakiet sondujących” wygłosił Robert Magiera z Polskiego Towarzystwa Rakietowego (PTR). Podczas tego wykładu była okazja zobaczyć i dotknąć kompletny silnik rakietowy oraz dysze silników wykonane z różnych materiałów.

Kolejnym punktem programu było wystąpienie prof. Longina Gładyszewskiego (UMCS Lublin) poświęcone historii radioastronomii i amatorskim pomiarom natężenia promieniowania radiowego Słońca, połączone z prezentacją małego radioteleskopu, jaki każdy chętny może zrobić samodzielnie niewielkim nakładem kosztów.

Po przerwie obiadowej przyszedł czas na wystąpienie Jarosława Jaworskiego ze Studenckiego Koła Astronautycznego. Jego wykład był poświęcony studenckim europejskim programom kosmicznym. Po nim nastąpił wzbudzający spore zainteresowanie wykład Wojciecha Głażewskiego, koordynatora projektu Marsjańskiego Robotu Mobilnego „Magma”. Robot został zaprojektowany i wykonany na konkurs University Rover Challenge, organizowany corocznie przez Mars Society, na pustyni Utah w USA. W tym roku projekt Magma zajął trzecie miejsce w tym jakże prestiżowym konkursie. Łazik jest przeznaczony do zdalnego wykonywania zadań typowych dla prac eksploracyjnych na powierzchni innych planet Układu Słonecznego, w szczególności na Marsie. Po wykładzie uczestnicy mieli możliwość zobaczenia działającego łazika



Z manekinami w kosmicznych strojach fotografowali się i duzi, i mali. Fot. J. Drążkowski  
a w jego trakcie odbył się koncert muzyki elektronicznej Adama Bownika, płodnego artysty nurtu space z Lublina.

Następna OZMA z numerem XV za rok w Niedźwiadach!

Jacek Drążkowski

Jako ostatni swój wykład zatytułowany „O pierwszym polskim locie kosmicznym słów kilka — historia rakiet sondujących Meteor” przedstawił Zbigniew Kapelan z PTR. Padło wiele interesujących faktów na temat rekordowego lotu na wysokość 105,7 km, wykonanego przez rakietę Meteor 2K. Część informacji, jakie można było usłyszeć, wcześniej nigdzie nie była publikowana.

Po zakończeniu bloku wykładowego, niespodzianką okazał się przygotowany mini Piknik Rakietowy, w ramach którego odbyło się 10 startów rakiet małej mocy.

Po godzinie 18 przyszedł czas na tradycyjny konkurs wiedzy astronomicznej, do którego przystąpiło 10 młodych uczestników zlotu. Po potężnej serii pytań z dziedziny astronomii i astronautyki przyszedł czas na finał w postaci wręczenia nagród i rozdania Grand Ozów. Bezpapelacyjnym zwycięzcą konkursu został Ryszard Błogowski z Józefowa, drugie miejsce zajął Adam Żuber z Urzędowa, a trzecie Andrzej Bondyra z Zamościa. Natomiast tegoroczny Grand Oz w kategorii sprzęt trafił w ręce Jerzego Skóry za zbudowanie szukacza planet, a specjalnego Grand Oza przyznano Edith i Andrzejowi Pilskim za organizację OZMA XIII we Fromborku. W tym roku nie przyznano nagrody w kategorii astrofotografia — brakło kandydatów. Żółtą koszulkę lidera dla najciekawszej osobowości złotu otrzymał Stanisław Kukiełka.

Po oficjalnym zakończenie zlotu było tradycyjne ognisko z kiełbaskami,

PS Specjalne podziękowania należą się organizatorom i instytucjom wspierającym: Gminnemu Ośrodkowi Kultury i Urzędowi Gminy Urzędów, Starostwu Powiatowemu w Kraśniku, Zespołowi Szkół im. W. Jagiełły i Zespołowi Szkół im. Orląt Lwowskich, firmie AstroZakupy.pl, państwu Józefowi i Marioli Baran, Kołu Miłośników Astronomii im. Jana Heweliusza w Urzędowie oraz Pałucko-Pomorskiemu Stowarzyszeniu Astronomiczno-Ekologicznemu z Niedźwiad.



Laureaci konkursu astronomicznego: od lewej stoją Ryszard Błogowski, Andrzej Bondyra i Adam Żuber. Fot. A. Rzemieniak

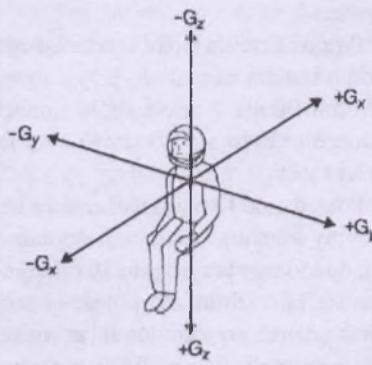
Źródło: www.zsma.pl

## Wpływ lotów kosmicznych na biofizykę układu krążenia

W wyniku ewolucji fizjologia człowieka najlepiej funkcjonuje w warunkach panujących na Ziemi. Jednak podczas lotów kosmicznych astronauci znajdują się w środowisku zupełnie innym niż ziemskie, gdzie na ich organizmy działają odmienne siły. Planując wyprawę kosmiczną z człowiekiem na pokładzie, naukowcy muszą brać pod uwagę szereg czynników, które mają decydujący wpływ na ludzkie zdrowie i życie. Szczygólnym zmianom podczas podróży statkiem kosmicznym ulega układ krążenia. Cechą charakterystyczną krwi jest to, że będąc w ciągłym ruchu, pełni ważne życiowo funkcje. Zaburzenia cyrkulacji krwi prowadzą do załamania homeostazy, to jest stałości środowiska wewnętrznego organizmu, która jest warunkiem życia.

Aby przedstawić wpływ warunków panujących poza atmosferą ziemską na układ krążenia, należy krótko wspomnieć o budowie oraz pewnych elementach biofizyki tego układu, istotnych z perspektywy lotów kosmicznych. Układ krążenia można podzielić na krążenie duże (obwodowe, układowe) i krążenie małe (płucne). To pierwsze zaczyna się od aorty, a następnie biegnie przez duże tętnice, małe tętnice, tętniczki (*arterio-lae*), naczynia włosowate (*kapilary*), żyłki (*venulae*), małe żyły, duże żyły oraz duże żyły próżne, kończąc się w prawym przedsionku serca. Z kolei krążenie małe obejmuje pień płucny dalej rozgałęziający się na dwie tętnice płucne, małe tętnice, naczynia włosowate otaczające pęcherzyki płucne, coraz większe żyły aż do lewego przedsionka serca. Ruch krwi w obu układach jest uwarunkowany ciśnieniem napędowym, będącym różnicą ciśnień między początkowym i końcowym odcinkiem krążenia. Wspomniane gradienty ciśnień są podtrzymywane pracą dwóch pomp ssąco-tłoczących, z których składa się serce. Przemieszczająca się krew musi pokonać opór tarcia ścian naczyń krwionośnych, w których się znajduje. Opór ten jest większy w naczyniach o mniejszej średnicy, co powoduje większe zużycie ciśnienia napędowego. Dowodem tego jest fakt, że w końcowych fragmentach krążenia dużego i małego obserwuje się niższe ciśnienie niż w odcinkach początkowych, co jest wynikiem pokonania

przez krew wysokiego oporu małych naczyń i kapilar. W warunkach ziemskich tylko w pozycji poziomej (leżącej) ciężar krwi, będący efektem ziemskiego pola grawitacyjnego, nie wpływa na wielkość ciśnień w naczyniach, ponieważ krew znajduje się wtedy na jednym poziomie. W położeniu pionowym siły ciężkości powodują sumowanie się ciśnienia krwi z ciśnieniem hydrostatycznym. W naczyniach krwionośnych znajdujących się poniżej poziomu serca następuje wzrost ciśnienia o  $p = \rho gh$ , gdzie  $\rho$  — gęstość krwi,  $g$  — przyspieszenie ziemskie,  $h$  — odległość między poziomem serca a danym punktem w układzie krążenia. Odwrotnie jest w naczyniach powyżej poziomu serca, gdzie ciśnienie zmniejsza się wraz z odległością od serca. W efekcie obserwuje się nadmierne gromadzenie krwi w dolnych częściach ciała oraz zmniejszenie powrotu żylnego do serca. W odpowiedzi na to zjawisko organizm człowieka uruchamia odruchowe mechanizmy kompensacyjne, w wyniku których nadmiar zalegającej krwi przesuwa się do serca. W stanie nieważkości efekt hydrostatyczny jest jeszcze większy.



Podział przyspieszeń ze względu na kierunek i zwrot w stosunku do ciała człowieka. Źródło: H. Gawda, *Wpływ czynników mechanicznych na żywego organizm*, w: *Biofizyka*, pod red. F. Jaroszyka, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2006, s. 651.

Nieważkość występuje wtedy, gdy siły zewnętrzne działające na układ mechaniczny nie powodują wzajemnego naciśku poszczególnych części układu na siebie, w szczególności, gdy na ciało działa tylko siła grawitacji, pod której działaniem ciało porusza się swobodnie. Astronauci doświadczają nieważkości na przykład na stacji kosmicznej oraz wewnętrz statku kosmicznego z wyjątkiem silnikami i niewirującym. W stanie nieważkości często dochodzi do upośledzenia wywoływanego wspomnianych powyżej mechanizmów wyrównaw-

czych. W rozciągniętych żyłach zbiera się coraz więcej krwi, a coraz mniejsza jej ilość powraca do serca, co może być przyczyną utraty przytomności. Stan nieważkości wpływa także na skład krwi. Polega to na przechodzeniu z kości do krwi takich pierwiastków, jak fosfor, wapń oraz siarka. Obniżenie zawartości wapnia w kościach powoduje ich większą podatność na złamania. Zwiększa się również przepuszczalność naczyń włosowatych. U astronautów uczestniczących w długotrwałych lotach orbitalnych występowało dodatkowo zwolnienie akcji serca (bradykardia) oraz obniżenie liczby erytrocytów przy jednocożnym zwiększeniu hemoglobiny. Lekarze obserwowali również ogólne zmniejszenie zdolności układu krążenia do wysiłku fizycznego. Takie negatywne skutki działania nieważkości można zmniejszyć lub zlikwidować wykonując ćwiczenia obciążeniowe.

Duże prędkości ( $v = 14 \times 10^3 \text{ m/s}$ ), z jakimi poruszają się kosmonauci, nie stanowią zagrożenia dla ludzkiego życia i zdrowia. Z kolei wszelkie przyspieszenia mogą już być niebezpieczne. Przyspieszenia te są wynikiem zmiany prędkości liniowej, kątowej lub zmiany kierunku prędkości. Ze względu na kierunek i zwrot w stosunku do ciała człowieka wyróżnia się takie rodzaje przyspieszeń, jak:

1. Przyspieszenia podłużne — w osi podłużnej ciała:

$+G_z$  — od głowy do stóp,  
 $-G_z$  — od stóp do głowy.

2. Przyspieszenia poprzeczne:

— w osi strzałkowej ciała:

$+G_x$  — od mostka do pleców,  
 $-G_x$  — od pleców do mostka;

— w osi poprzecznej ciała:

$+G_y$  — od prawej strony do lewej,  
 $-G_y$  — od lewej strony do prawej.

Dodatnie przeciążenia podłużne są dość dobrze znoszone przez organizm ludzki. Jest tak dlatego, że na przestrzeni ewolucji człowiek podczas swojego rozwoju był pod ciągłym działaniem przyspieszeń dodatnich (przykładem mogą być skoki z niewielkich wysokości) i wytworzył w odpowiedzi pewne reakcje adaptacyjne. Podczas takich przeciążeń krew odpływa z wyższych partii organizmu do niższych. Przebiega to podobnie jak w przypadku efektu hydrostatycznego, tylko że na większą skalę, gdyż czynnik grawitacyjny ulega wzmacnieniu. Najbardziej wrażliwe na niedokrwienie są układ wzrokowy oraz centralny układ nerwowy ponieważ są

ulokowane najwyższej. Niedobór krwi w siatkówce jest przyczyną zamglonego obrazu, zwężenia pola widzenia (widzenie lunetowe) aż wreszcie zaniku widzenia centralnego. Z kolei zanik krążenia mózgowego powoduje utratę świadomości. Spadek ciśnienia w naczyniach mózgowych dodatkowo obciąża serce, które zwiększoną aktywnością stara się zrekompensować niedobory krwi. W celu zapobiegania dodatnim przeciążeniom podłużnym, kosmonauci stosują specjalne kombinezony, których zadaniem jest obciswanie nóg i brzucha, co zapobiega zaleganiu krwi w tych częściach ciała.

Ujemne przeciążenia podłużne są groźniejsze, ponieważ nasi przodkowie nie mieli okazji im ulegać i nasze organizmy nie dysponują odpowiednimi reakcjami obronnymi. Taki rodzaj przyspieszeń powoduje napływ dużych ilości krwi do mózgu, co skutkuje rozpieraniem tętnic w skroniach oraz — co jest szczególnie niebezpieczne — w krążeniu mózgowym. Występują ostre bóle głowy, czerwone plamy w polu widzenia i wybroczyny spojówkowe.

Przyspieszenia poprzeczne są lepiej znoszone przez astronautów w porównaniu z przeciążeniami podłużnymi. Z tego względu w startującym lub lądującym statku kosmicznym kosmonauci są umieszczani w pozycji, w której działa na nich przyspieszenie  $+G_x$ . Dodatnie przeciążenia w osi strzałkowej wpływają tylko znacząco na akcję serca, powodując bradykardię. Z kolei przyspieszenia ujemne w tej samej osi powodują sporadyczne krewawienia z oczu i nosa, jak również przekrwienie gałek ocznych. Przyspieszenia w osi poprzecznej nie powodują poważnych zmian w układzie krążenia. Jednak zaobserwowano, że w wyniku ich działania maleje nasycenie krwi tlenem.

Należy zaznaczyć, że objawy wywołane stanem nieważkości i przyspieszeniami będą się różnić u poszczególnych osób. Wynika to z faktu zróżnicowania osobniczego. Podstawowym czynnikiem jest kondycja fizyczna kosmonauty — ważna szczególnie w przypadku przeciążeń. Istotny jest fakt, że ciągły rozwój kosmonautyki eksponuje człowieka na działanie zróżnicowanych środowisk. Dlatego medycyna astronomiczna jest zmuszona nieustannie prowadzić nowe badania i egzekwować użyteczność wyników starszych doświadczeń, aby zapewnić człowiekowi odpowiednią fizjologię pracy.

Marcin Granat

## Pomarszczone góry Tytana

Góry powstają w różny sposób. Na Ziemi większość łańcuchów górskich tworzy się, gdy płyty kontynentalne zderzają się ze sobą lub gdy nachodzą na siebie i następuje ich wypiętrzenie.

Inny mechanizm zaczyna działać, gdy skorupa planet marszczy się, ponieważ leżący głębiej materiał ulega stopieniu. Tak powstały np. góry Zagros w Iranie. Wydaje się, że góry na księżycu Saturna, Tytanie, również powstały w ten sam sposób.

Przeanalizowano obrazy dostarczone przez satelitę Cassini, a otrzymane za pomocą radaru. Uważa się, że trzy

krawędzie widoczne na zdjęciu księżyca powstały, gdy ciepło z jego wnętrza roztopiło część skutego lodem oceanu wody i amoniaku położonego tuż poniżej powierzchni stałej. W konsekwencji skorupa Tytana pomarszczyła się jak suszona śliwka.

Artykuł na ten temat opublikowano w „Journal of Geophysical Research”, a autorzy podejrzewają, że Tytan może być jedynym księżycem w Układzie Słonecznym, w którym zachodzi taki mechanizm powstawania gór.

Cassini wystrzelony w 1997 r. jest pierwszym sztucznym satelitą, który wszedł na orbitę Saturna w 2004 r. W 2005 r. odkrył góry Tytana, których najwyższe szczyty sięgają 2 km. (kz)



Obraz Tytana, satelity Saturna, widziany oczami radaru satelity Cassini. Źródło: NASA/JPL-Caltech

## Uchwała ZG PTA w sprawie IOAA

Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, na Zebraniu w Poznaniu, w dniu 28 września 2010 r., podjął jednomyślnie Uchwałę o objęciu patronatu nad Międzynarodową Olimpiadą Astronomiczną i Astrofizyczną 2011 (IOAA), która odbędzie się w Polsce.

Zwycięzcą i zdobywcą złotego medalu w tegorocznjej Międzynarodowej Olimpiadzie Astronomicznej i Astrofizycznej, która odbyła się w Pekinie, został polski uczeń, Przemysław Mróz, a dwóch innych zdobyło srebrne medale.

Olimpiada 2011, której termin i miejsce zbiega się z rocznicą 400-lecia urodzin Jana Heweliusza uroczyste obchodzoną w Gdańsku, stanowić będzie ważne wydarzenie astronomiczne w skali światowej. Dlatego też istotnym będzie włączenie się wielu członków PTA do organizacji tej Olimpiady.

Jednocześnie, zdaniem PTA, należy mieć nadzieję, że tradycja sukcesów polskich uczniów w IOAA będzie w 2011 r. podtrzymana.

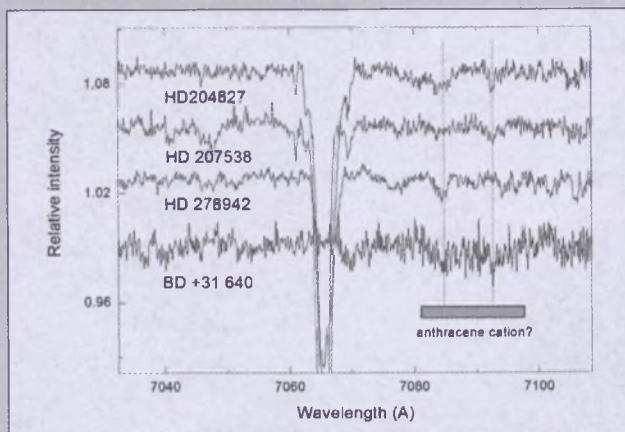
## Antracen, czyli amatorszczyna

Opierając się na źródłowym artykule zamieszczonym w cieszącym się wielką renomą astronomicznym czasopiśmie brytyjskim MNRAS, kol. Andrzej Gibiec opracował notatkę do portalu PTA „Orion” i do naszych „Rozmaitości” („Urania-PA” nr 5/2010 s.217) na temat odkrycia antracenu, co zbliżyłoby nas do odkrycia życia we Wszechświecie. Na ten temat otrzymaliśmy list od prof. Jacka Krełowskiego, który w całości przytaczamy. Widzimy więc, jak bardzo musimy być czujni, aby nie powtarzać bałamutnych dniań, które mogą pojawić się nawet w najbardziej szacownych czasopismach. Za wprowadzenie Państwa w błąd bardzo przepraszamy.

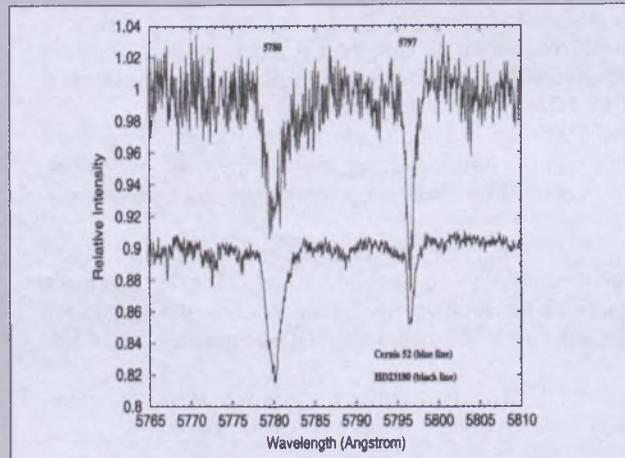
Redakcja

Niepokojącym zjawiskiem ostatnich lat jest pogóń za publikacjami, dokonująca się często kosztem ich jakości. Ale niedawna publikacja Suzany Iglesias-Groth wraz z kompanią (MNRAS, tmp1136, 2010) bije wszelkie rekordy, o czym za chwilę. Niestety, została ona zacytowana w „Uranii-PA” 5/2010 jako znaczące odkrycie. Jak to odkrycie wygląda?

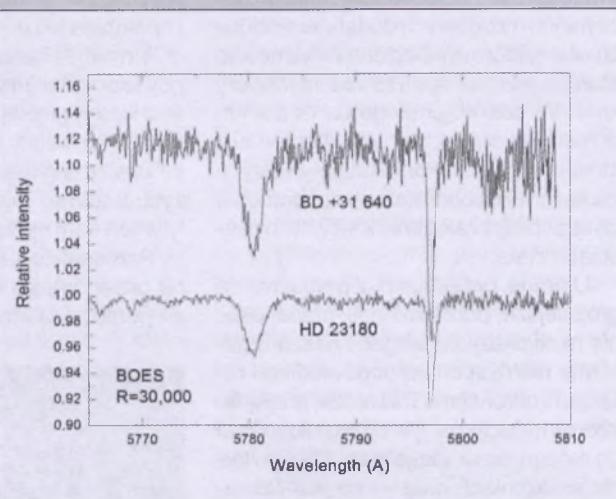
Fragment widma, w którym jakoby dostrzeżono strukturę widmową kationu antracenu, wygląda jak poniżej (u dołu obiekt opisany przez S.I-G, czyli Cernis 52):



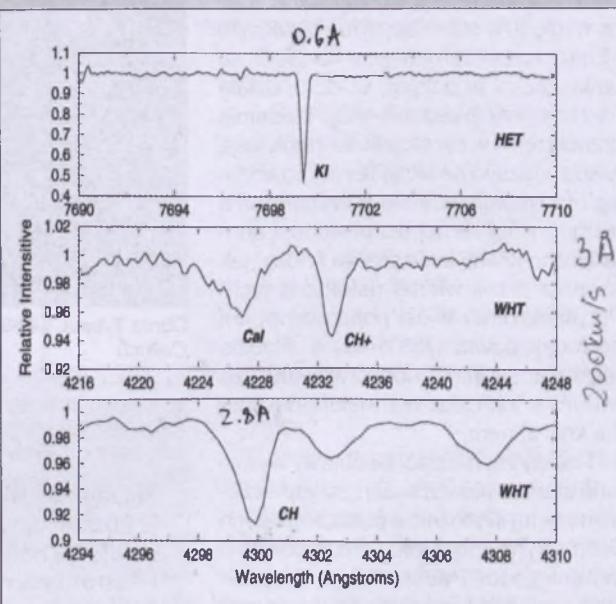
Rzekoma szeroka struktura międzygwiazdowa jest w istocie blendą dwóch słabych struktur, najwyraźniej nieskorelowanych ze sobą. Rysunek powyższy demonstruje, jak niebezpieczne jest wyciąganie wniosków z pojedynczych obserwacji. To jednak tylko przygrywka. We wspomnianej pracy można znaleźć taki oto rysunek:



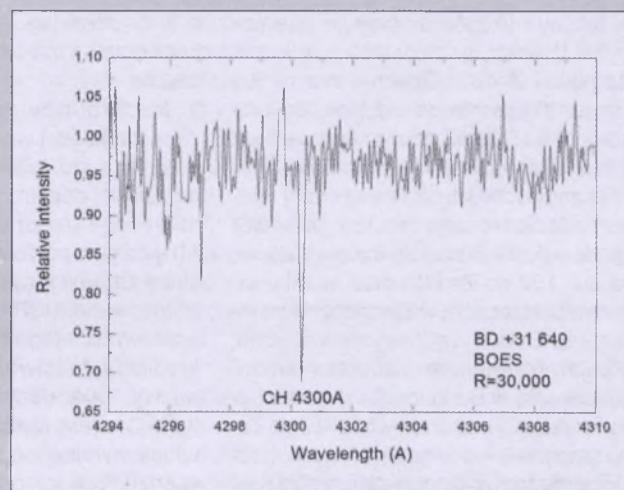
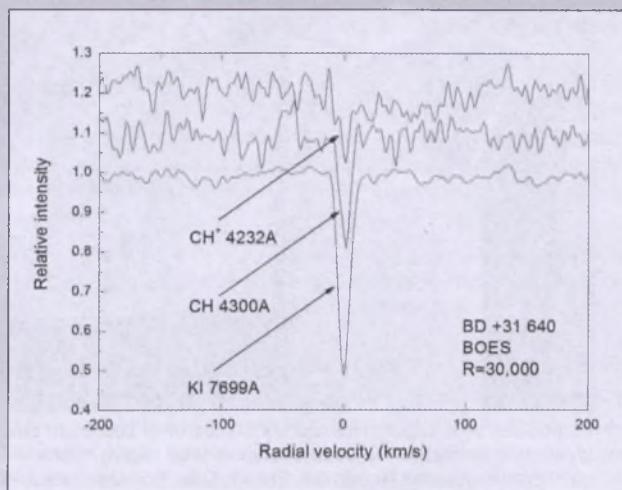
Jest na nim widmo gwiazdy Cernis 52 (BD+31 640) i coś, co oznaczono jako HD23180 (oPer). Gdyby autorzy czytali cytowane przez siebie moje prace, zauważyliby, że to nie jest widmo o Per! Rysunek powyższy z prawdziwym widmem tej jasnej gwiazdy spektroskopowo podwójnej wygląda tak (w podobnym zestawieniu jak u I-G):



Autorzy pomyliły obserwowany obiekt z jakimś innym. Jakim? To pewno niełatwo będzie zidentyfikować! Czy na tym koniec amatorszczyny? Bynajmniej! Autorzy zestawili w taki oto sposób struktury molekularne i atomowe w widmie Cernis 52 (dopiski ręczne moje):



Łatwo zauważyc, że coś jest nie tak. Struktury obserwowane instrumentem WHT są monstrualnie szerokie. Odpowiadałyby one temperaturze obłoków międzygwiazdowych, w jakiej molekuły nie mają prawa istnieć! Co więcej, molekuły CH musiałyby poruszać się w gazie ponad 20 razy szybciej niż atomy potasu! Znowu jakiś inny obiekt obserwowany — tym razem zamiast „sztandarowego” Cernis 52. Na mój gust jest to obiekt znacznie chłodniejszy od BD+31 640, a widoczne struktury są po prostu gwiazdowe. Prawidłowe zestawienie:



Struktury molekularne są znacznie głębsze niż u Iglesias-Groth i in., a szerokość mają identyczną (naturalnie!) z linią KI na 7699Å. Ostatni prezentowany rysunek wykonany w okolicy linii molekuły CH ok. 4300Å dla prawidłowo zidentyfikowanej gwiazdy BD+31 640; został wykonany w tej samej skali długości fal, co i w pracy I-G.

Łatwo zauważać, że linia jest ponad 4-krotnie głębsza, ale za to znacznie węższa; linie międzygwiazdowych molekuł z re-guły tak właśnie wyglądają, o czym wie każdy ich, w miarę kompetentny, badacz. Widoczne powyżej widmo uzyskał mój współpracownik, Gzinur Galazutdinov z pomocą spektrografu BOES w Narodowym Obserwatorium Korei. Rozdzielcość wynosi tu, jak i w innych przypadkach, R=30 000.

Warto dodać, że opublikowane przez tę samą grupę „badaczy” odkrycie kationu naftalenu (dwa lata wcześniej) również ma się nijak do rzeczywistości, ale publikacja aż tak rażących błędów nie zawiera. Wielopierścieniowe związki aromatyczne zaproponowano jako nośniki rozmytych linii mie-

dzygwiazdowych ponad 25 lat temu (tego roku odbyła się w Tuluzie rocznicowa konferencja). Obecność tych związków w przestrzeni opiera się na widmach uzyskiwanych w podczerwieni, które pozwalają jedynie zasugerować mieszaninę szeregu takich molekuł. Identyfikacja pojedynczych związków jest możliwa jedynie na podstawie widm z zakresu widzialnego i ultrafioletowego. Wszystkie dotychczasowe próby znalezienia struktur poszczególnych związków aromatycznych daly wynik negatywny.

Pozostaje wyrazić ubolewanie, że nawet w astronomii pojawiają się zjawiska demonstrujące przewagę PR nad rzetelną pracą badawczą. Szkoda, że w „Rozmaitościach” ukazują się wiadomości niesprawdzone, powtarzane zapewne w dobrej wierze, ale bez rzeczowej refleksji. Praca Iglesias-Groth i in. jest chyba faktycznie przykładem wyjątkowego braku kwalifikacji — tym bardziej źle się dzieje, jeśli jest ona reklamowana jako znaczące osiągnięcie.

Jacek Krełowski

## Kopernik w tablicy okresowej pierwiastków

Tablica okresowa pierwiastków występujących w sposób naturalny na Ziemi kończy się na *uranie*, tj. pierwiastku o liczbie atomowej Z=92. Wszystko co dalej, zostało wytworzone sztucznie przez człowieka w laboratorium, na drodze reakcji jądrowych. Nazwy tych pierwiastków były proponowane przez zespoły, które je wytworzyły (odkryły). Pierwsze dwa z nich nazwano na zasadzie analogii astronomicznej: po *uranie neptun* (Z=93) i *pluton* (Z=94). Nazwy dalszych proponowano według dwóch koncepcji. Jedna, „geograficzna”, to nazwy krajów (np. *americium*, Z = 95), dzielnic (*californium*, Z=98; *hassium*, Z=108) czy miast (*berkelium*, Z=97; *dubnium*, Z=105; *darmstadtium*, Z=110), na których terenie znajdowało się laboratorium, gdzie pierwiastek wytworzono. Druga idea, to nazwiska wielkich uczonych, np.

*curium* (Z=96) dla uczczenia Marii i Piotra Curie, *einsteinium* (Z=99), czy *mekdelevium* (Z=101). Wśród tej ostatniej kategorii nigdy nie wychodziło się jednak poza fizyków i chemików i to raczej współczesnych. Na przykład nazwy *fermium* (Z=100, dla uczczenia znakomitego fizyka jądrowego Enrica Fermiego) czy *einsteinium* były zaproponowane w czasie ok. jednego roku od ich śmierci. Przełamaniem tej tradycji stała się niedawna propozycja nazwy *copernicium* (symbol chemiczny Cn) dla pierwiastka superciężkiego o Z=112, dla uczczenia Mikołaja Kopernika, a więc astronoma i to żyjącego kilka wieków temu.

Pierwiastek 112 odkryty został w 1996 r. w Instytucie Ciężkich Jonów GSI w Darmstadcie w Niemczech. Odkrycie uznane jednak zostało przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC) dopiero w ubiegłym (2009) roku, a nazwa dopiero w bieżącym (2010) roku, o czym piszemy dalej. Warto zwrócić uwagę, że *copernicium* jest drugim (po *polonium*) pierwiastkiem

w tablicy okresowej o nazwie tak bezpośrednio, czytelnie związanej z naszym krajem. Nazwę *poloniu* (*polonium*) zaproponowała Maria Skłodowska-Curie dla odkrytego przez nią i Piotra Curie pierwiastka o Z=84. Trzeci pierwiastek o nazwie *kiur* (*curium*), zaproponowanej przez G.T. Seaborga, aby uczcić Marię i Piotra Curie, nie jest już tak powszechnie kojarzony z naszym krajem.

12 lipca bieżącego roku odbyła się w GSI duża uroczystość poświęcona właśnie zatwierdzeniu odkrycia i nazwy pierwiastka 112. Uroczystość zgromadziła kilkaset osób spośród ludzi aktualnie pracujących w tym dużym Instytucie oraz specjalnie zaproszonych gości z całego świata.

Instytut GSI został założony w końcu lat 60. ubiegłego wieku (1969 r.), a więc nieco ponad 40 lat temu. Główną motywacją jego budowy była właśnie synteza i badanie hipotetycznych wówczas jąder superciężkich. Jądra te, jak wiemy dzisiaj, istnieją dzięki ich strukturze powłokowej (podobnej do struktury atomu).

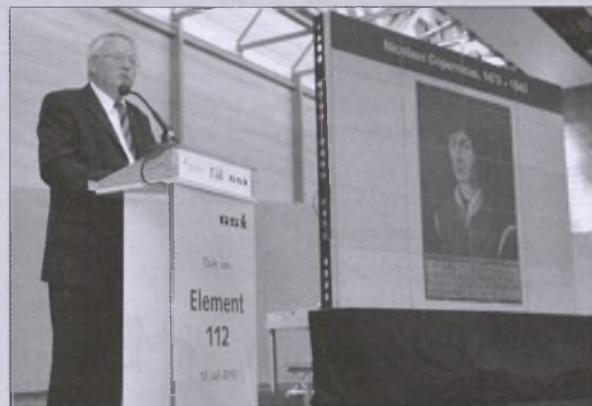
W tablicy nuklidów występują one powyżej lorensa, tj. pierwiastka o liczbie atomowej Z=103. Obecnie znamy już ponad 80 jąder superciężkich. Są one izotopami 15 pierwiastków superciężkich o liczbie atomowej od Z=104 do Z=118. Wiedzę tę zawdzięczamy w dużej mierze badaniom przeprowadzonym w GSI (gdzie odkrytych zostało 6 pierwiastków, od Z = 107 do Z=112) oraz w kilku innych laboratoriach: w Zjednoczym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja), Narodowym Laboratorium im. Lawrence'a w Berkeley (USA) oraz Laboratorium Cyklotronowym RIKEN k. Tokio (Japonia). Pierwiastek 112 jest obecnie najcięższym pierwiastkiem oficjalnie uznanym i o oficjalnie uznanej nazwie.

Uroczystość prowadził dyrektor GSI, prof. Horst Stöcker. Opisując kilkudziesięcioletnie już badania nad pierwiastkami superciężkimi, bardzo starannie podkreślał ich międzynarodowy charakter. Wyraźnie podkreślał istotny wkład polskich współpracowników. Był może w jakim stopniu ten wkład, ale przede wszystkim osoba, którą uhonorowano nazwą pierwiastka, sprawiły, że uroczystość miała w dużym stopniu charakter niemiecko-polski. Dla polskich uczestników sympatyczne też było szczególnie podkreślanie podczas uroczystości, że Kopernik był polskim astronomem. Już w szeroko rozesłanym zaproszeniu na uroczystość napisano: „Element 112 wird nach dem polnischen Astronomen Nikolaus Kopernikus benannt, ...”. W uroczystości wzięli udział premier oraz minister Nauki i Sztuki Hesji (na której terenie znajduje się GSI), a także sekretarz stanu w Ministerstwie Edukacji i Badań Naukowych Niemiec. Ze strony Polski uczestniczył podsekretarz stanu w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego, prof. Jerzy Szwed. W przemówieniu swoim skupił się on na posta-

ci Kopernika, jego dokonaniach i ich znaczeniu.

Nazwa nowego pierwiastka jest wprowadzana do tablicy okresowej dopiero po stwierdzeniu przez Międzynarodową Unię Chemicznej i Stosowanej (IUPAC) poprawności jego odkrycia i właściwości nazwy. Taka decyzja IUPAC-u jest rzeczywiście wielką odpowiedzialnością, gdyż trudno byłoby wyobrazić sobie sytuację, by uznanie odkrycia pierwiastka było po jakimś czasie cofnięte, a nazwa unieważniona. Stwierdzenie poprawności odkrycia jest jednak często bardzo trudne, gdyż na ogół wymaga powtórzenia jego przez niezależny zespół, a to z kolei wymaga odpowiednio kwalifikowanego zespołu oraz bardzo specjalnych i kosztownych urządzeń, nie dając jednocześnie wykonawcom satysfakcji pierwszeństwa odkrycia. W przypadku pierwiastka 112 jego powtórzenia obserwacji dokonał zespół japoński ze wspomnianego wyżej Laboratorium Cyklotronowego RIKEN, pod kierunkiem dra Kōsuke Mority, który także przybył na uroczystość. Cała procedura, od odkrycia do momentu uznania jego poprawności oraz nazwy, trwała 14 lat, a zatem więcej niż całe przygotowanie i dokonanie jego syntez przez odkrywców. Daje to pewne wyobrażenie, z jaką ostrożnością podchodzi IUPAC do sprawy zatwierdzenia odkrycia i nazwy nowego pierwiastka.

Obecny na uroczystości przedstawiciel IUPAC-u, prof. John Corish, był odpowiedzialny za zebranie opinii o zaproponowanej przez odkrywców nazwie



Przemawia prof. Sigurd Hofmann, który kierował zespołem odkrywców pierwiastka 112 i zaproponował jego nazwę. Obok — duży portret Mikołaja Kopernika. Fot. G. Otto, GSI-Darmstadt

pierwiastka wśród możliwie najszerzego światowego środowiska naukowego. W przemówieniu powiedział, że reakcja środowiska na zaproponowaną nazwę była wyjątkowo żywa i jednoznacznie aprobowająca. Dodajmy tu od siebie, że w Polsce żywo zareagowały na tę propozycję zarówno główne instytucje związane z nauką (Polska Akademia Nauk, Polska Akademia Umiejętności, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej i in.), jak i całe środowisko naukowe, głównie fizyków, chemików i astronomów. Ta żywa i jednoznaczna reakcja światowego środowiska naukowego pozwoliła Zarządowi IUPAC-u na wyjątkowy gest. Postanowił on mianowicie znacznie przyspieszyć swą decyzję o zatwierdzeniu nazwy tak, by móc ją ogłosić w dniu urodzin Kopernika, tj. 19 lutego.

Wydaje się, że przebieg tej uroczystości, która odbyła się poza granicami Polski, przy tak licznych udziałach międzynarodowego środowiska naukowego, był dużą, międzynarodową promocją nauki polskiej, łącząc jednocześnie w oryginalny sposób tak odległe epoki jej rozwoju.

Adam Sobczewski

## Film o poszukiwaniu grobu Kopernika nagrodzony w Chinach!



Film Michała Juszczakiewicza (reżyser i producent w jednej osobie) pt. „Tajemnica grobu Kopernika”, opowiadający historię pięciu lat poszukiwań grobu Mikołaja Kopernika, został nagrodzony Złotym Smokiem w kategorii filmów archeologicznych na festiwalu China International Conference of Science and Education Producers Meeting w Suzhou. Festiwal ten jest uznawany za najważniejszą w Azji imprezę poświęconą filmom naukowym. Ceremonia ogłoszenia wyników oraz wręczenia nagród, w której udział wzięli przedstawiciele najważniejszych mediów w Chinach, odbyła się w niedzielę 19 września. Filmy startowały w 6 kategoriach. W każdej mogły zdobyć złotą, dwie srebrne lub trzy brązowe nagrody. (jd)

Na zdjęciu Michał Juszczakiewicz w towarzystwie zdobywców Srebrnego i Brązowego Smoka podczas uroczystości wręczania nagród. Fot. Harry Panagiotidis



## XXXVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne

Wzorem ubiegłych lat Komitet Organizacyjny Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego im. Profesora Roberta Głębockiego zaprasza do przeprowadzenia wojewódzkich konkursów na referat z zakresu astronomii i astronautyki dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych. Patronat merytoryczny nad przebiegiem konkursu i seminarium sprawują Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Astronautyczne oraz Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii.

W tym roku, akcja konkursów i seminariów odbędzie się trzydziesty siódmy raz, w tym dwudziesty siódmy raz w skali ogólnopolskiej. Autorzy najlepszych referatów wezmą udział w Finale, który stanowi XXXVII Ogólnopolskie Młodzieżowe Seminarium Astronomiczne w Grudziądzu. XXXVII OMSA odbędzie się w dniach **24-26 marca 2011 r.**

Mamy nadzieję, że wszystkie Kuratoria, Ośrodkи Metodyczne oraz placówki Doskonalenia Nauczycieli włączą się w organizację konkursu na terenie własnych województw, przyczyniając się tym do rozbudzenia zainteresowań młodzieży wiedzą o Wszechświecie, jedną z najbardziej intensywnie rozwijających się obecnie dziedzin nauki.

Komitet organizacyjny: Małgorzata Śróbka-Kubiak, Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne w Grudziądzu, Sebastian Soberski, Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne w Grudziądzu, Bogusław Kulesza, Olsztyńskie Planetarium i Obserwatorium Astronomiczne.

### REGULAMIN

#### wojewódzkiego etapu konkursu na Referat z Zakresu Astronomii i Astronautyki oraz wojewódzkiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego

1. Konkurs i seminarium organizuje się w celu popularyzacji astronomii i astronautyki oraz rozbudzania i rozwijania zainteresowania tymi dziedzinami wiedzy.
2. W konkursie mogą wziąć udział uczniowie wszystkich klas szkół ponadgimnazjalnych województwa (bez szkół zaocznych, wieczorowych, policealnych, dla dorosłych itp.).
3. Uczestnicy konkursu piszą referaty na dowolnie przez siebie wybrane tematy z zakresu szeroko rozumianej astronomii lub astronautyki. Tematem referatu powinno być konkretne, wybrane zagadnienie, ale nie wyklucza się referatów przeglądowych, podsumowujących osiągnięcia pewnych działów astronomii lub astronautyki. Pożądane są referaty, zawierające wyniki własnych obserwacji, obliczeń czy prac konstrukcyjnych autora, a także programy komputerowe itp.
4. Uczniowie piszący referaty mogą korzystać z konsultacji, udzielanych przez lokalne instytucje związane z astronomią, których adresami dysponują lokalne Kuratoria Oświaty.
5. Pisemna praca powinna mieć objętość od 4 do 10 stron formatu A-4, czyli od 7200 do 18000 znaków [standardowa strona zawiera 30 wierszy po 60 znaków w wierszu, czyli 1800 znaków]. Prace obszerniejsze będą odrzucane. Każda strona powinna być opatrzona numerem kolejnym i nazwiskiem autora. Na stronie tytułowej należy podać:
  - a) imię i nazwisko autora oraz tytuł referatu;
  - b) dokładny adres domowy; nazwę, adres i telefon szkoły oraz klasę;
  - c) imię i nazwisko nauczyciela, z którego pomocy korzystał autor;
  - d) spis literatury i innych źródeł informacji, z jakich korzystał

autor referatu: autor i tytuł książki lub artykułu, rok wydania książki, nazwa czasopisma oraz numer i rocznik; tytuły i inne dane programów komputerowych (np. multimedialnych encyklopedii); dokładne adresy stron www, z jakich autor korzystał;

- e) jeżeli do pisemnej pracy dołączony jest program lub prezentacja komputerowa, należy podać minimalne wymagania sprzętowe potrzebne do uruchomienia programu oraz wymienić lub dołączyć oprogramowanie niezbędne do obejrzenia prezentacji.
6. Nie zaleca się referatów zbiorowych, pisanych przez dwóch lub więcej autorów.
7. Praca powinna być napisana w dwóch egzemplarzach, z których jeden zostaje wysłany na konkurs, a drugi pozostały u autora.
8. Pracę należy przesyłać na adres organizatora wojewódzkiego podany przez Kuratorium Oświaty właściwe dla miejsca zamieszkania.
9. Termin nadsyłania prac upływa w dniu, terminie podanym przez Kuratorium Oświaty właściwe dla miejsca zamieszkania. Decyduje data stempla pocztowego.
10. Jeżeli w jakiejś szkole referaty przygotuje bardzo wielu uczniów, nauczyciel fizyki (astronomii) powinien przeprowadzić wstępne szkolne eliminacje i wysłać na konkurs tylko kilka najlepszych prac.
11. Nadesłane prace zostaną ocenione przez Wojewódzką Komisję Konkursową. Komisja wytypuje prace, które będą referowane podczas Wojewódzkiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego.
12. Termin i miejsce wojewódzkiego seminarium będą podane w zaproszeniach, wystosowanych do dyrekcji szkół. Prócz uczniów referujących swoje prace, na seminarium zostaną zaproszeni pozostań uczestnicy konkursu.
13. Referat — wygłaszały podczas seminarium — powinien być przygotowany w oparciu o pozostawiony sobie egzemplarz pracy i nie może trwać dłużej niż 15 minut.
14. Do dyspozycji referujących będą: tablica, rzutnik folii (pisma), rzutnik przeźroczy, komputer, rzutnik video.
15. Oceniając referaty, Komisja będzie brać pod uwagę:
  - a) wartość merytoryczną pracy pisemnej oraz wygłoszonego referatu,
  - b) sposób referowania,
  - c) poziom wyjaśnień, udzielanych podczas dyskusji.
16. Autorzy najlepszych referatów wezmą udział w Ogólnopolskim Młodzieżowym Seminarium Astronomiczno-Astronautycznym w Grudziądzu, które odbędzie się w dniach 24-26 marca 2011 r.
17. Dodatkowe informacje na temat konkursu i seminarium uzyskać można w lokalnych Kuratoriach Oświaty.

Korespondencję i wszelkie zapytania prosimy kierować pod adresy:

Bogusław Kulesza  
OPiOA, Al. Piłsudskiego 38, 10-450 Olsztyn;  
tel. 89 527 67 03; fax 89 533 49 84,  
e-mail: bk@planetarium.olsztyn.pl

Sebastian Soberski  
PiOA w Grudziądzu, ul. Hoffmanna 1-7, 86-300 Grudziądz,  
tel. 56 465 83 84, fax. 56 465 83 83,  
e-mail: omsa@grudziadz.planetarium.pl

Strona konkursu: [www.grudziadz.planetarium.pl/omsa](http://www.grudziadz.planetarium.pl/omsa)

# Międzynarodowa Olimpiada Astronomii i Astrofizyki

**M**iedzynarodowa Olimpiada Astronomii i Astrofizyki (IOAA) jest stosunkowo młodym projektem edukacyjnym, jednym z programów edukacyjnych Międzynarodowej Unii Astronomicznej, który ma na celu wyłanianie najzdolniejszych młodych umysłów, być może przyszłej elity intelektualnej świata nauki i techniki. Celem przedsięwzięcia jest motywacja uczniów szkół średnich do pogłębiania swojej wiedzy, popularyzacja astronomii, wyławianie najzdolniejszych talentów. W olimpiadzie startuje pięciu reprezentantów danego państwa wyłonionych na drodze eliminacji krajowych. W skład polskiej drużyny weszli laureaci krajowej olimpiady astronomicznej, organizowanej tradycyjnie przez Planetarium w Chorzowie. Zawody odbywają się w różnych krajach, poczynając od pierwszych pięciu państw założycielskich. Do tej pory olimpiada gościła w Tajlandii, Indonezji, Iranie i w Chinach, a kolejna edycja odbędzie się w przyszłym roku w Polsce.

W olimpiadzie biorą również udział takie reprezentacje, jak Bangladesz, Boliwia, Filipiny, Kazachstan, Korea Płd., Sri Lanka, a do najsilniejszych drużyn należą Brazylia i Indie. Kraje europejskie reprezentowane były przez Białoruś, Czechy, Grecję, Litwę, Rosję, Serbię, Słowację i Ukrainę. Taki skład olimpiady dla wielu wydaje się zaskakujący, bo brak tu wielu najbardziej rozwiniętych krajów świata.

Przyczyną tej sytuacji jest zapewne kryzys zainteresowania naukami ścisłymi, jaki daje się zauważać również w naszym kraju. W wielu krajach europejskich czy Ameryki Północnej nie ma olimpiad czy konkursów wiedzy astronomicznej, a przyjęte w nich metody edukacji powodują rozdrobnienie nauczania astronomii do lokalnych klubów czy stowarzyszeń. Również systematyczne obniżanie poziomów nauczania dyscyplin pokrewnych (fizyki, matematyki) powoduje, że trudno zdobywać reprezentację zdolną konkurować z krajami Dalekiego i Bliskiego Wschodu, krajami WNP i innymi, w których postawiono na wysoki poziom edukacji nauk ścisłych w szkołach średnich.

Jeśliby za wskaźnik stopnia popularyzacji astronomii w różnych krajach przyjąć liczbę prezentacji wystawy „From earth to Universe” ([www.fromearthuniverse.org](http://www.fromearthuniverse.org)), w różnych miastach w czasie trwania Międzynarodowego Roku Astronomii, to okaże się, że kraje wystawiające swoje reprezentacje na olimpiadzie należą również do najbardziej aktywnych. W Polsce wystawa była prezentowana kolejno w trzech miastach (Kraków, Olsztyn, i Gdańsk), a np. w Brazylii 40 razy, w Iranie 9, Korei Płd. i w Boliwii 6 razy.

W naszej olimpiadzie krajowej uczestniczy zwykle około 200 ochołników, spośród których jest wybierany zespół pięciu najlepszych zawodników. Przed wyjazdem na olimpiadę międzynarodową uczniowie odbyli czterodniowe szkolenie zorganizowane przez Planetarium Śląskie oraz Katedrę Astronomii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. W Indiach reprezentacja wyłaniana jest spośród tysiąca szkół w formie wielostopniowych eliminacji. Obóz przygotowawczy trwa tam kilka tygodni. Motywacją do startu w olimpiadzie mogą

być dla ucznia — oprócz prestiżu zwycięzcy — nagrody. Polscy olimpijczycy otrzymują zwykle kilka aktualnie wydanych książek astronomicznych i teleskop, Białoruś zapewnia swoim laureatom darmowe zakwaterowanie w domach studenckich przez okres kilku lat.

Międzynarodowa Olimpiada Astronomii i Astrofizyki odbyła się w tym roku w Pekinie. Uczestnicy zmierzyli się z 17 zadaniami teoretycznymi, dwoma zadaniami praktycznymi polegającymi na wykonaniu obserwacji astronomicznych oraz dwoma zadaniami związanymi z analizą obserwacji. Medale są przyznawane, gdy zawodnik osiągnie wymaganą liczbę punktów, złoto za 90% punktów, srebro za 85% i brąz za 80%.

Zwycięzcą olimpiady został Polak — Przemysław Mróz z Warszawy, który dodatkowo zdobył również złoty medal oraz nagrodę za najlepszy wynik w części praktycznej. Srebrne medale zdobyli: Damian Puchalski i Maksymilian Sokołowski a wyróżnienie Jakub Bartas. Jako gospodarz przyszłorocznnej olimpiady Polska może wystawić dwa pięcioosobowe zespoły. Pierwsza reprezentacja zostanie wyłoniona poprzez zawody olimpiady krajowej, a w skład drugiej wejdą nieco młodszy uczniowie wyłonieni na drodze różnych konkursów.

W olimpiadzie uczestniczy również dwóch liderów z każdego kraju, do których należy między innymi: zatwierdzenie treści zadań, przetłumaczenie ich na swój język, negocjacje oceny zadania z sędziami, reprezentowanie kraju w radzie olimpiady. W 2010 roku polskimi liderami byli dr G. Stachowski i dr W. Ogłoza z Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Nastrój olimpiady odczuliśmy już w samolocie, gdzie spotkaliśmy reprezentację Białorusi. W Pekinie przywitała nas opiekunka naszej ekipy, która towarzyszyła zawodnikom w czasie całej olimpiady. Uroczyste otwarcie nastąpiło w imponującym budynku Pekińskiego Planetarium. Następnego dnia zawodnicy zostali przewiezieni do innego miasta, a liderzy przystąpili do pracy nad zadaniami.

W tym roku uczestnicy musieli się zmierzyć z 17 zadaniami teoretycznymi oraz 2 zadaniami dotyczącymi analizy danych. Treść zadań oraz zdjęcia z przebiegu olimpiady mogą czytelnicy „Uranii–PA” znaleźć pod adresem: [www.as.up.krakow.pl/ioaa](http://www.as.up.krakow.pl/ioaa). Zaplanowano również zadania obserwacyjne, jednak ze względu na zachmurzenie zrealizowano jedynie program zastępczy pod sztucznym niebem planetaryjnym. Zadaniem uczestników było: identyfikacja wskazanych gwiazdozbiorów, wytyczenie przebiegu równika niebieskiego na tle gwiazd, określenie daty nocy oraz wieku Księżyca, jakie odwzorzeno w planetarium.

Oprócz rozwiązywania zadań zawodnicy mieli również okazję do zwiedzania, odwiedzili Wielki Mur i Zakazane Miasto, z astronomicznego punktu widzenia szczególnie interesująca była jednak możliwość zapoznania się z historią i dzisiejszym dniem chińskiej astronomii. Zwiedziliśmy średnio wieczne obserwatorium astronomiczne w Pekinie, obserwatorium radioastronomiczne oraz obserwatorium słoneczne.

Współczesne Chiny są szybko rozwijającym się krajem, co jest wyraźnie widoczne również w infrastrukturze astronomicznej. Samo planetarium w Pekinie to stary budynek podobny do tego w Chorzowie, obok którego niedawno wzniessonio wielki, nowoczesny gmach. W skład planetarium wchodzą m.in. trzy sale projekcyjne wyposażone w najnowocześniejszą aparaturę laserową. Najciekawiej wygląda sala, w której połączono projektor analogowy z nowoczesnym projektorzem cyfrowym, uzyskując zarówno bardzo wierny widok nocnego nieba, jak i możliwość płynnego przechodzenia do animacji i prezentacji komputerowych. Na dachu budynku znajduje się również teleskop do obserwacji nocnych i teleskop słoneczny, z którego światło dociera do części ekspozycyjnej budynku w postaci dwumetrowego obrazu Słońca. W planetarium funkcjonuje kilka wystaw stałych i czasowych, kilka sklepów z akcesoriami astronomicznymi, symulator lotu rakiet i wiele innych atrakcji.

Na uczestnikach konferencji wielkie wrażenie zrobiła wizyta w obserwatorium radiowym, gdzie funkcjonuje obecnie teleskop o średnicy 50 m oraz model studyjny teleskopu o średnicy 30 m. Pełnowymiarowy gigant będzie największą czaszą na powierzchni Ziemi, jego średnica to 500 m. Konstrukcja teleskopu przypomina nieco Arrecibo, ale kształtu powierzchni i położenie detektorów będzie kontrolowane komputerowo. Podobnie ambitne plany mają Chińczycy co do rozwoju obserwatoriów optycznych czy satelitarnych. Na każdym kroku gospodarze podkreślali swoją gotowość do współpracy.

Od strony organizacyjnej przebieg olimpiady był oczywiście bacznie obserwowany przez polskich liderów. Widać było wielkie zaangażowanie wielu instytucji: Planetarium w Pekinie, kilku ośrodków akademickich, władz państwowych i lokalnych. Dorównanie Chińczykom będzie bardzo trudne i będzie wymagało życzliwości i współpracy całego polskiego środowiska astronomicznego.

*Waldemar Ogłoga*

Od redakcji: Niżej prezentujemy treść zadań teoretycznych tegoroczej olimpiady. Opis wszystkich zadań można znaleźć na stronie <http://www.as.up.krakow.pl/ioaa/index.php?page=zadania>

#### Zadania teoretyczne:

- Układ wizualny podwójny; jasność pierwszej gwiazdy wynosi 1,0 mag. a drugiej 2,0 mag. Oblicz sumaryczną jasność całego układu.
- Jeśli prędkość ucieczki z powierzchni ciała o masie Słońca byłaby równa prędkości światła, to jaki byłby promień tego ciała?
- Obserwowane przesunięcie ku czerwieni widma kwazara wynosi  $z = 0,2$ . Oszacuj odległość do tego kwazara. Stała Hubble'a wynosi  $72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
- Układ podwójny znajduje się w odległości 10 pc, największa odległość kątowa składników wynosi  $7,0''$ , a najmniejsza  $1,0''$ . Załóż, że okres orbitalny wynosi 100 lat oraz że płaszczyzna orbity jest prostopadła do kierunku obserwacji. Jeśli wielka półos obiektu pierwszego składnika ma rozmiar kątowy  $a_1=3,0''$ , oszacuj masę każdego ze składników układu podwójnego. Wynik podaj w masach Słońca.
- Oszacuj, ile lat trwałby maksymalny czas życia Słońca, gdyby w tym czasie 0,8% całkowitej jego masy uległo trans-

formacji w energię. Należy założyć, że jasność Słońca jest stała.

6) Statek kosmiczny wylądował na powierzchni kulistej planetoidy o średnicy 2,2 km i średniej gęstości  $2,2 \text{ g/cm}^3$ . Czy astronauti mogą pieszo obejść planetoidę w ciągu 2,2 godziny, idąc wzduł jej równika? Rotacja planetoidy jest zaniedbywanie mała. Wpisz YES lub NO na karcie odpowiedzi oraz przedstaw obliczenia, uzasadniające swoją odpowiedź.

7) Jedną z metod poszukiwania planet poza Układem Słonecznym jest obserwacja ich tranzytów na tle gwiazd macierzystych, w czasie których część światła gwiazdy jest zasłania przez tarczę planety. Oszacuj największy możliwy stosunek maksymalnej mocy promieniowania gwiazdy do minimalnej mocy promieniowania gwiazdy osłabionej na skutek tranzytu planety ziemiopodobnej. Gwiazda zaćmiewana przez planetę jest podobna do Słońca.

8) Podejrzewa się, że w centrum Drogi Mlecznej znajduje się supermaszynowa czarna dziura o masie  $4 \times 10^6 M_\odot$ . Trudnym wyzwaniem dla astronomów jest uzyskanie zdolności rozdzielczej umożliwiającej obserwację obiektu wielkości horyzontu zdarzeń czarnej dziury. (Dla nierotujących czarnych dziur promień Schwarzschilda wynosi:  $R_s = 3 M/M_\odot \text{ km}$ ). Na jakiej długości fali należy przeprowadzić obserwacje, aby uzyskać potrzebną rozdzielczość, zakładając, że dysponujemy teleskopem o rozmiarach całej Ziemi (system VLBI). Słońce znajduje się w odległości 8,5 kpc od centrum Drogi Mlecznej.

9) Obserwowana jasność gwiazdy w filtrze I wynosi 22,0 mag. Ile fotonów w ciągu jednej sekundy zostanie zarejestrowanych przez detektor teleskopu Gemini (średnica 8 m)? Przyjąć, że wydajność kwantowa detektora wynosi 40% oraz funkcja przepustliwości filtra I ma kształt prostokątny.

Przyjąć następujące dane dla obserwacji Wagi:

Filtr:	$\lambda_0$ (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	$F_{\text{Wega}}$ [ $\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ ]
I	$8,00 \times 10^2$	24,0	$8,30 \times 10^{-12}$

10) Zakładając, że gwiazdy ciągu głównego typu G (jak nasze Słońce) leżące w dysku Drogi Mlecznej układają się zgodnie z eksponentialnym spadkiem gęstości liczby gwiazd wraz ze wzrostem wysokości (tzn. w kierunku prostopadłym) od dysku. Charakterystyczna stała zaniku gęstości z wysokością wynosi 300pc. Oblicz, o jaki czynnik zmienia się gęstość liczbowa gwiazd w odległości 0,5kpc i 1,5 kpc od płaszczyzny dysku względem gęstości gwiazd w płaszczyźnie dysku.

11) Ostatnia Wielka Opozycja Marsa nastąpiła 28 sierpnia 2003 roku, o godzinie 17h 56m czasu UT. Następna Wielka Opozycja wypadnie w roku 2018. Oszacuj dokładnie datę tej Wielkiej Opozycji. Wielka półos orbity Marsa ma długość 1,524 j.a.

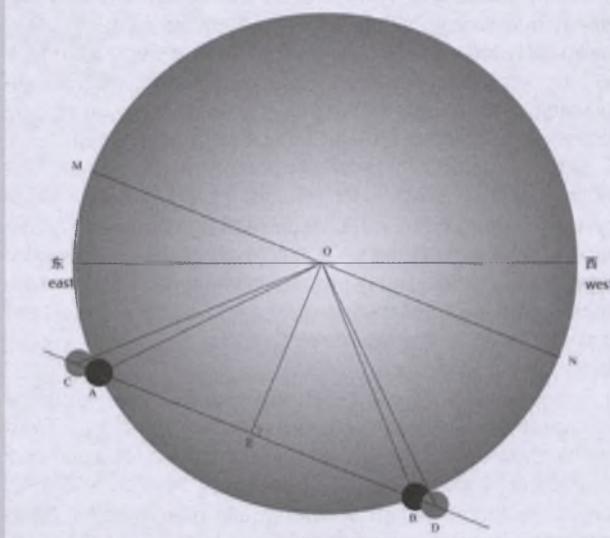
12) Różnica wielkości dwóch gwiazd ciągu głównego, należących do pewnej gromady otwartej wynosi 2 mag. Ich temperatury efektywne to odpowiednio: 6000 K oraz 5000 K. Oszacuj stosunek ich promieni.

13) Na podstawie koloru Słońca oszacuj temperaturę efektywną fotosfery Słońca

14) Obserwator znajdujący się w pobliżu północnego biegu na Ziemi obserwował zjawisko tranzytu Wenus. Ścieżkę tranzytu na tle tarczy przedstawia poniższy rysunek.

Punkty A,B,C,D leżą na ścieżce tranzytu i oznaczają środek tarczy Wenus. W chwili A i B środek tarczy Wenus leży dokładnie na brzegu tarczy słonecznej. C oznacza pierwszy, a D czwarty kontakt tranzytu. Kąt  $AOB=90^\circ$ , odcinek MN jest równoległy do odcinka AB. Pierwszy kontakt nastąpił o 9.00 UT. Oblicz moment czwartego kontaktu.

$T_{\text{Wenus}} = 224,70 \text{ dni}$ ,  $T_{\text{Ziemi}} = 365,25 \text{ dni}$ ,  $a_{\text{Wenus}} = 0,723 \text{ j.a.}$ ,  $r_{\text{Wenus}} = 0,949 r_{\text{Ziemi}}$

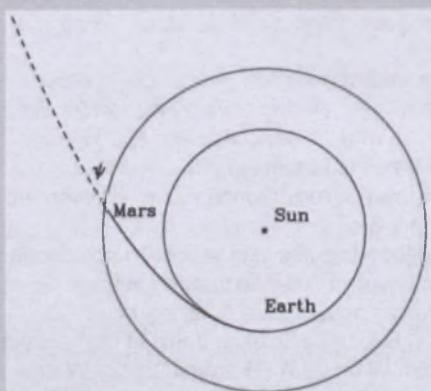


15) Zwykle kątowe rozmiary tarczy Księżyca są trochę mniejsze niż Słońca, dlatego częstość występowania zaćmień obrączkowych jest wyższa niż zaćmień całkowitych. Dla obserwatora ziemskiego najdłuższe zaćmienie całkowite może trwać 7,5 min, a najdłuższe zaćmienie obrączkowe może trwać 12,5 min. Przez czas trwania zaćmienia rozumiany jest odstęp pomiędzy 2 i 3 kontaktem. Zakładając, że możemy obserwować zaćmienia przez bardzo wiele lat, oszacuj stosunek liczb zaćmień obrączkowych do liczby zaćmień całkowitych. Przymij, że orbita Ziemi jest okręgiem, a mimośród orbity Księżyca wynosi 0,0549. Wszystkie zaćmienia hybrydowe potraktuj jako zaćmienia obrączkowe.

#### Dłuższe zadania teoretyczne

(30 punktów za zadanie)

16) Statek kosmiczny wystrzelony z Ziemi zostaje raptownie przyspieszony do swojej maksymalnej prędkości w kierunku heliocentrycznego ruchu Ziemi. Orbita statku jest parabolą styczną do orbity ziemskiej o ognisku w Słońcu. Orbity Marsa i Ziemi są okręgami leżącymi w tej samej płaszczyźnie o promieniach odpowiednio 1,5 j.a. oraz 1 j.a. Można przyjąć następujące uproszczenie: w czasie lotu na statek działa jedynie grawitacja Słońca.



Trajektoria statku widziana od strony południowego bieguna ekiptyki (rysunek nie zachowuje proporcji). Wewnętrzny okrąg to orbita Ziemi, zewnętrzny przedstawia orbitę Marsa

#### Pytania:

- Jaka jest wartość kąta  $\psi$  pomiędzy orbitą Marsa a trajektorią statku w chwili przecinania tej orbity? Pominąć wpływ grawitacji Marsa na statek.
- Załóż, że Mars znalazłby się w punkcie przecięcia w tej samej chwili co statek. Jaka byłaby prędkość statku dla obserwatora na północnym biegunie Marsa oraz kierunek nadlatywania statku względem Słońca, zanim grawitacja Marsa zmieni tor lotu statku?

17) Planeta Taris zamieszkała jest przez cywilizację Korribian, obcej i inteligentnej formy życia, posługującej się językiem korribańskim. Słownik korribańsko-polski podany jest w tabeli, przeczytaj go uważnie! Korribiańscy astronomowie badający swoje terytoria od tysięcy lat ustalili, że:

- Taris obiega Sola (gwiazdę centralną) po orbicie kołowej o promieniu 1 tarismetra
- Jeden obieg trwa 1 tarisrok
- Nachylenie płaszczyzny równika Taris do płaszczyzny jej orbity wynosi  $3^\circ$
- 1 tarisrok trwa 10 tarisdób
- Taris posiada dwa księżyce: Endor i Extor poruszające się po orbitach kołowych
- Gwiazdowy okres orbitalny Endora to dokładnie 0,2 taridób
- Gwiazdowy okres orbitalny Extora to dokładnie 1,6 taridób
- Odległość Endora od Taris to 1 endometr
- Corulus to inna planeta obiegająca Sola po orbicie kołowej, posiada jeden księżyc
- Odległość Sola-Corulus wynosi 9 tarismetrów
- Tarisrok rozpoczyna się, gdy długość solaptyczna Sola wynosi 0?

#### Pytania:

- Narysuj układ Sola, oznaczając wszystkie planety i księżyce.
- Ile razy w ciągu 1 tarisroku obraca się Taris wokół własnej osi?
- Podaj odległość Taris-Extor w endometrach.
- Jaki jest okres orbitalny Corulusa wyrażony w tarisrokach?
- Jaka jest odległość Taris-Corulus w czasie opozycji Corulusa?
- Jeśli na początku danego tarisroku Corulus i Taris były w opozycji, to jaka byłaby długość solaptyczna Corulusa (widziana z Taris) w  $n$ -tej tarisdobie od początku roku?
- Jakie byłyby pole trójkąta stworzonego przez Sola-Taris-Corulus dokładnie jedną tarisdobę po opozycji?

#### Korribiański      Polski

Corulus	Planeta krążąca wokół Sola
Endor	(i) Bogini nocy; (ii) księżyc obiegający Taris
Endometr	Odległość Taris-Endor
Extor	(i) bóg światego spokoju; (ii) księżyc obiegający Taris
Sola	(i) bóg życia; (ii) gwiazda centralna dla Taris i Corulusa
Solaptyka	Droga Sola i Corulusa na tle gwiazd widziana z Taris
Taris	Planeta obiegająca Sola, siedlisko Kombian
Tarisoba	Czas pomiędzy dwoma kolejnymi momentami północy na Taris
Tarisimetr	Odległość Sola-Taris
Tarisrok	Czas obiegu Taris wokół Sola



F.P.U.H. Astrokrak ul. Mogiliska 51 31-545 Kraków  
e-mail: astrokrak@astrokrak.pl - www.astrokrak.pl  
tel. (12) 413 55 26 sklep czynny pon.-pt. 9 - 17, sob. 10 - 14

## DOŁĄCZ DO GRONA ODKRYWCÓW. Już siódma supernowa została odkryta naszym teleskopem!

### Sky-Watcher

Synta Sky-Watcher DOB 6"	869 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8"	1329 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10"	1999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12"	2999 zł
Synta Sky-Watcher DOB 8" rozsuwany	1449 zł
Synta Sky-Watcher DOB 10" rozsuwany	2149 zł
Synta Sky-Watcher DOB 12" rozsuwany	3599 zł
Synta BK13085 EQ2	789 zł
Synta SK1309 EQ2	599 zł
Synta BK15075EQ3-2	1249 zł
Synta BK2001EQ5	2199 zł
Synta 809AZ3	599 zł
Synta 909	399 zł
Synta 1021EQ3-2	1649 zł
Synta 1206EQ3-2	1949 zł
Synta BKMAK102	749 zł
Synta BKMAK127	1299 zł
Synta BKMAK150	2549 zł
Synta MAK180	3589 zł



Lornetka Nikon Action VII 8x40	240 zł
Lornetka Nikon Action VII 7x50	290 zł
Lornetka Nikon Action VII 10x50	305 zł
Lornetka Nikon Action VII 12x50	340 zł
Lornetka Nikon Action VII 16x50	390 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x35	460 zł
Lornetka Nikon Action EX 8x40	500 zł
Lornetka Nikon Action EX 7x50	535 zł
Lornetka Nikon Action EX 10x50	565 zł
Lornetka Nikon Action EX 12x50	630 zł
Lornetka Nikon Action EX 16x50	680 zł



### MEADE

Meade LightBridge 8" Pyrex De Lux	2295 zł
Meade LightBridge 10" Pyrex De Lux	2995 zł
Meade LightBridge 12" Pyrex De Lux	3895 zł
Meade LightBridge 16" Pyrex De Lux	9899 zł
Meade LX200 ACF 8"	15999 zł
Meade LX200ACF 10"	18999 zł
Meade LX200ACF 12"	26999 zł
Meade LX200ACF 14"	39999 zł
Meade LX200ACF 16"	84999 zł
Meade" SN LXD-75 6"	4999 zł
Meade" SN LXD-75 8"	6299 zł
Meade" SN LXD-75 10"	6999 zł
Meade ETX 80 AT	1299 zł
Meade ETX 90 PE	2799 zł
Meade ETX 125 PE	4199 zł

### LUMICON



Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 1,25"	375 zł
Filtr kometarny "Lumicon" Swan Band 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" Deep Sky 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" H-beta 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" OIII 2"	730 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 1,25"	375 zł
Filtr mgławicowy "Lumicon" UHC 2"	730 zł

### GSO



Crayford 2" do Newtona CRF001	349 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF086	549 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-CRF230	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-SCT001	459 zł
Crayford 2" z mikrofokuserem 10:1 M-MLP230	459 zł
Tuba optyczna GSO MT-800	1999 zł
Tuba optyczna GSO MT-1000	1999 zł
NLA001 Newtonian Kolimator 1.25"	199 zł



Okular W-O SWAN 9 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 15 mm 1,25"	299 zł
Okular W-O SWAN 20 mm 1,25"	309 zł
Okular W-O SWAN 25 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 33 mm 2"	449 zł
Okular W-O SWAN 40 mm 2"	459 zł

### SKY PUBLISHING

Starry Night Enthusiast 6.0	399 zł
Starry Night Pro 6.2	650 zł
Starry Night Pro Plus 6.2	1050 zł
Pocket Sky Atlas	79 zł
Sky Atlas 2000.0 - wersja deluxe	219 zł
Sky Atlas 2000.0 Field - laminowany	269 zł



### COR NADO

Teleskop słoneczny "Coronado" SolarMax 40/10	999 zł
Teleskop słoneczny "Coronado" PST	2999 zł



### Astrokrak

#### Złączki i redukcje

Redukcja M42x1 / Canon EOS	49 zł
Redukcja M42x1 / Nikon	49 zł
Redukcja M42x1 / Sony Alfa	49 zł
Redukcja M42x1 / Olympus	49 zł
Redukcja M42x1 / Pentax	49 zł
Redukcja T2 / Canon EOS	49 zł
Redukcja T2 / Nikon	49 zł
Redukcja T2 / Minolta AF	49 zł
Redukcja T2 / Olympus	49 zł
Redukcja T2 / Pentax	49 zł
Redukcja SCT / M42x1	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	79 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do Newtona	149 zł
Złączka 2" / M42x1 z gwintem filtrowym	59 zł
Złączka 1,25" / M42x1 z gwintem filtrowym	49 zł
Redukcja M42x1 / WEB do SPC900	59 zł
Redukcja 1,25" / WEB do SPC900	49 zł
Redukcja 23,2mm / WEB	39 zł
Redukcja 23,2mm / WEB do SPC900	39 zł
Złączka okularowa M42 / 2" z Clamping ringiem	69 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do Newtona	149 zł
Wyciąg przesuwny 1,25" do refraktora	159 zł
Wyciąg przesuwny 2" do Newtona	199 zł
Wyciąg przesuwny 2" do refraktora	219 zł



### Filtry Baader



Semi APO	1,25" ... 279 zł
Semi APO	2" ... 409 zł
Solar Continuum1,25"	209 zł
Solar Continuum 2"	339 zł
UV / IR cut	1,25" ... 165 zł
UV / IR cut	2" ... 249 zł
UHC-S	1,25" ... 199 zł
UHC-S	2" ... 379 zł
O-III	1,25" ... 255 zł
O-III	2" ... 419 zł
Neodymium Moon&Skylight 1,25"	155 zł
Neodymium Moon&Skylight 2"	269 zł
Filtр слонечны folia	10 zł / dm <sup>2</sup>

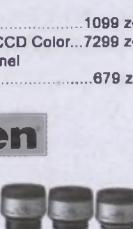
### Wyciągi Baader

Wyciąg 2" Crayford NT	829 zł
Wyciąg 2" Crayford RT	909 zł
Wyciąg 2" Crayford SCT	809 zł
Wyciąg 3" Crayford RT	1139 zł
Korektor komi 2"	469 zł



Teleskop Słoneczny LUNT LS60THa/B1200	7549 zł
Teleskop Słoneczny LUNT LS60THa/B600	4399 zł

### Vixen



### Okulary NPL

Plössla "Vixen" NPL 6mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 10mm	109 zł
Plössla "Vixen" NPL 15mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 20mm	135 zł
Plössla "Vixen" NPL 25mm	115 zł
Plössla "Vixen" NPL 30mm	165 zł
Plössla "Vixen" NPL 40mm	165 zł

### Okulary NLV

Lantanowy NLV 2,5mm	519 zł
Lantanowy NLV 4mm	489 zł
Lantanowy NLV 5mm	449 zł
Lantanowy NLV 6mm	429 zł
Lantanowy NLV 9mm	449 zł
Lantanowy NLV 10mm	429 zł
Lantanowy NLV 12mm	449 zł
Lantanowy NLV 15mm	449 zł
Lantanowy NLV 20mm	519 zł
Lantanowy NLV 25mm	519 zł



### Okulary LVW

Lantanowy LVW 3,5mm	879 zł
Lantanowy LVW 5mm	879 zł
Lantanowy LVW 8mm	819 zł
Lantanowy LVW 13mm	849 zł
Lantanowy LVW 17mm	879 zł
Lantanowy LVW 22mm	879 zł
Lantanowy LVW 42mm	1289 zł

Niniejszy cennik nie stanowi oferty w myśl przepisów prawa handlowego

# Moje Okno na Wszechświat

## Konkurs astronomiczny pod prasowym patronatem dwumiesięcznika „Urania – Postępy Astronomii”

Każdy z pasjonatów rozgwieżdzonego nieba, który marzy o własnym obserwatorium, ma doskonałą okazję, aby przy odrobinie intelektualnego wysiłku, sumienności i zaangażowania zrealizować swoje astronomiczne marzenia. Na łamach naszego dwumiesięcznika zaczyna się właśnie wielki konkurs, którego główną nagrodą jest w pełni wyposażone obserwatorium astronomiczne, składające się z kopuły astronomicznej ScopeDome 3M, ufundowanej przez firmę ScopeDome.pl wraz z teleskopem Messier R-152S na montażu paralaktycznym Meade LXD-75 AutoStar II ofiarowanym przez sklep Teleskopy.pl.

Possiadanie własnego obserwatorium astronomicznego, wyposażonego w dobrej klasy teleskop, montaż, kamerę CCD i inne niezbędne instrumentarium, jest marzeniem każdego miłośnika astronomii. W warunkach charakterystycznego dla naszej strefy klimatycznej chronicznego niedostatku nocy z bezchmurnym niebem, kluczowe staje się wykorzystanie każdej nadarzającej się okazji, aby prowadzić obserwacje astronomiczne. Niestety problemy logistyczne związane z wyjazdem poza miasto, rozstawieniem ekwipunku, dopilnowaniem wszelkich szczegółów mających wpływ na powodzenie sesji powodują, że w sytuacji ograniczonych zasobów czasu często rezygnuje się z ekspedycji, pomimo dobrych prognoz meteorologicznych. Przydomo-

wa kopuła astronomiczna lub obserwatorium zlokalizowane poza miastem, gdzie sprzęt tylko czeka na uruchomienie (manualne lub zdalne), bez konieczności uprzedniej kalibracji, powodują, że liczba wertych i możliwych do wykorzystania nocy obserwacyjnych znacząco wzrasta.

Wychodząc naprzeciw zainteresowaniu i zapotrzebowaniu w tej materii, a jednocześnie mając na względzie ograniczenia natury finansowej, z którymi borykają się rodzimi miłośnicy astronomii, pojawił się pomysł zorganizowania konkursu, skierowanego do szerokiego grona entuzjastów rozgwieżdzonego nieba. W konkursie tym z jednej strony będą mogli oni sprawdzić swoją wiedzę, wykazać stopień zaawansowania swojej pasji, ujawnić talenty w prezentacji zebrynych informacji w przystępnej i czytelnej formie, a z drugiej strony, dzięki intelektualnej rywalizacji, powalczyć o nagrodę główną, którą jest w pełni wyposażone obserwatorium astronomiczne. Dla zwycięzców będzie to wspaniałe ukoronowanie wysiłku włożonego w poszczególne etapy konkursu, dla pokonanych — okazja do przeżycia wspaniałej przygody, poznania bliskich sobie pasjonatów nieba, a także — co nie jest bez znaczenia — stania się posiadaczami niezmierne atrakcyjnych nagród dodatkowych.

Konkurs o tematyce astronomicznej jest organizowany przez firmy i instytucje związane w mniejszym lub więks-

szym stopniu z astronomią — jej serwisiem i zaopatrzeniem w instrumentarium optyczne oraz sprzęt elektroniczny, a także skupione na popularyzacji zagadnień dotyczących wiedzy o Wszechświecie. Wśród nich najważniejsze to pomysłodawca i fundator głównej nagrody — firma ScopeDome ze Ślupska i sklep astronomiczny Teleskopy.pl z Warszawy — fundator teleskopu, dwumiesięcznik „Urania–Postępy Astronomii” — patron prasowy konkursu, na łamach którego będą prezentowane wszelkie informacje dotyczące aktualnego stanu rywalizacji. Całość przedsięwzięcia odbywać się będzie przy czynnym wsparciu środowisk akademickich i nauczycielskich, Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (PTMA), Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika PAN (CAMK), prasy popularnonaukowej, portali i forów internetowych, a także autorytetów polskiego środowiska astronomicznego oraz aktywnych miłośników astronomii.

### Hasło przewodnie konkursu

*Moje Okno na Wszechświat* — to cel konkursu a jednocześnie jego główna atrakcja i nagroda. Obserwatorium to nie tylko budynek, kopuła czy teleskop. Obserwatorium astronomiczne od wieków pełni rolę swoistego okna, przez które patrzymy na otaczający nas świat. Próbujeając spojrzeć coraz dalej i dostrzec coraz więcej, zaspokajamy nasz głód wiedzy i fascynację pięknem Kosmosu. Konkurs ma za zadanie przybliżyć uczestnikom tę wizję — sprawić, by stała się ona realna, wręcz na wyciągnięcie ręki. Pokazać, jak naprawdę wygląda moje okno na Wszechświat.

### Cel konkursu

Celem konkursu jest popularyzacja wiedzy o szeroko pojętej astronomii, a w szczególności o obserwatoriach astronomicznych. Pragniemy, by uczestnicy konkursu odpowiedzieli sobie na pytania związane z jego konstrukcją, wyposażeniem, zakresem możliwych do przeprowadzenia w nim badań i obserwacji. Zastanowili się nad rolą obserwatorium w popularyzacji astronomii. Szczegółowo zaplanowali cele i formy



jego działania, wielkość, lokalizację, niezbędnego sprzętu i środki. Dokładnie przemyśleli, co, jak i kiedy będą w nim robić. Mamy nadzieję, że uczestnicy po pomyślnym rozwiązaniu wszystkich zadań konkursowych będą mieli konkretną, gotową do realizacji, wizję swojego obserwatorium astronomicznego. Jednocześnie, dzięki zapoznaniu się z pozostałymi pracami, będą w stanie jeszcze ją udoskonalić i wzbogacić swoją wiedzę o doświadczeniu i przemyślenia pozostałych uczestników konkursu. Zwycięzca konkursu będzie miał możliwość natychmiastowej realizacji swoich marzeń — główna nagroda to przecież w pełni wyposażone obserwatorium. Dla pozostałych uczestników konkursu przewidziano wiele atrakcyjnych nagród pocieszenia, które, o czym jesteśmy przekonani, będą dalej stymulować ich do działania w obranym kierunku.

## Nagroda główna

Nagrodą główną w konkursie jest kopuła astronomiczna o średnicy 3 m, ufundowana przez firmę **ScopeDome** ze Słupska. Kopuła wykonana jest z włókna szklanego, które zapewnia niezwykle wysoką odporność na niekorzystne warunki atmosferyczne oraz gwarantuje sprawność i estetyczny wygląd kopuły przez długie lata pracy. Automatyka kopuły pozwala na sterowanie nią z poziomu Internetu, co wychodzi naprzeciw idei funkcjonowania popularnych w ostatnich latach obserwatoriów zdalnych. Kompatybilność oprogramowania ze standardem ASCOM zapewnia stabilną współpracę z teleskopami i montażami większości znanych i uznanych producentów sprzętu astronomicznego. Wartość nagrody: **14 000 zł**.

Nie mniej atrakcyjnym od kopuły astronomicznej jest refraktor Messier R-152S na montażu Meade LXD-75 Autostar II. Podstawowe parametry teleskopu to:  
— średnica zwierciadła: 152 mm,  
— ogniskowa obiektywu: 760 mm,  
— światłosiła: 1/5,  
— zdolność rozdzielcza: 0,76",  
— zasięg gwiazdowy teoretyczny: 13 mag.,  
— maksymalne użytkowe powiększenie: 300×,  
— waga tuby optycznej: 11 kg.

Sercem refraktora jest czterosoczewkowy obiektyw systemu Petzwa, który zapewnia dyfrakcyjne obrazy ciał niebieskich, praktycznie w całym polu widzenia. Teleskop ufundował warszawski sa-

lon astronomiczny **Teleskopy.pl**. Wartość teleskopu i montażu **5000 zł**.

## Kto może wziąć udział w konkursie?

Konkurs skierowany jest do szerokiego grona miłośników astronomii — zarówno indywidualnych, jak i skupionych w ramach organizacji i stowarzyszeń, szkolnych kółek zainteresowań. Każdy, kto marzy o własnym obserwatorium astronomicznym, może wziąć udział w konkursie. Osoby startujące indywidualnie powinny być pełnoletnie, natomiast uczestnicy młodzi powinni zadeklarować opiekę wyznaczonej osoby dorosłej (rodzic, nauczyciel, opiekun).

## Etapy konkursu

Termin zgłoszania chętnych do wzięcia udziału w konkursie upływa z dniem **01.01.2011**. Każdy etap konkursu będzie kończył się ogłoszeniem wyników i punktacji. Jednocześnie do uczestników rozesłany zostanie szczegółowy opis zadania do wykonania w kolejnym etapie. Harmonogram wydarzeń przedstawia się następująco:

**Etap 1 — Quiz ogólnie astronomiczny.** Termin nadsyłania odpowiedzi **01.02.2011**.

**Etap 2 — Lokalizacja mojego obserwatorium.** Termin nadsyłania odpowiedzi **01.04.2011**.

**Etap 3 — Cele realizowane przez moje obserwatorium.** Termin nadsyłania odpowiedzi **01.06.2011**.

**Etap 4 — Obserwacje\*.**

**Etap 5 — Finał.** Podsumowanie wyników czterech etapów, wyłonienie zwycięzcy i dalszych miejsc. Uroczyste przedstawienie laureatów. Wręczenie nagród, wielki finał imprezy, odbędzie się w czerwcu 2011 r.

## Zasady oceniania prac i punktacja

Prace konkursowe należy przesyłać pocztą elektroniczną w postaci dokumentów w formacie PDF.

Nadesłane rozwiązania zadań i prace konkursowe oceniać będzie jury w skali od 1 do 10. Zwycięzca konkursu zostanie osoba lub zespół, który zdobędzie



łącznie największą liczbę punktów.

Prace konkursowe będzie oceniać jury w składzie:

**Przewodniczący:** prof. Andrzej Woszczyk („Urania—Postępy Astronomii”),  
**członkowie:** mgr Jacek Drążkowski (PTA), dr Arkadiusz Olech (CAMK), mgr inż. Janusz Wiland (PTMA).

Efekty pracy jury będą prezentowane w formie raportu na stronie internetowej konkursu i rozsypane pocztą elektroniczną do uczestników konkursu. Jawność i dostępność punktacji jest dodatkową informacją dla uczestników, w których etapach osiągnęli sukces, a w których poszło im gorzej.

## Ważne adresy, linki, telefony

Strona internetowa konkursu:  
<http://www.ScopeDome.com/Konkurs>

Korespondencja i zapisy:  
email: Konkurs@ScopeDome.com

Osoba do kontaktów:  
Przemysław Rudź, tel. 795 594 039

\* Etap obserwacyjny jest realizowany niezależnie od pozostałych w czasie trwania całego konkursu. Jego tematyka jest otwarta — może to być esej na temat prowadzonych przez siebie obserwacji i wrażeń, jakie wywołuje kontakt z potęgą Wszechświata, opracowanie wyników obserwacji wybranej klasy ciał niebieskich, raport z ekspedycji obserwacyjnej, starannie udokumentowana sesja astrofotograficzna, wyznaczenie parametrów ciał niebieskich z własnoręcznie prowadzonych pomiarów na niebie i inne. Ze względu na mnogość tematów i różne możliwości sprzętowe, pozostawiamy konkursowiczom w tej materii pole do popisu.

## Rok 2011

W roku 2011 wystąpią cztery zaćmienia Słońca, wszystkie częściowe na całej Ziemi: 4 stycznia (widoczne w Europie, zachodniej Azji i północnej Afryce), 1 czerwca (widoczne w Ameryce Północnej i we wschodniej Azji), 1 lipca (widoczne w Afryce, południowej Azji i na Oceanie Indyjskim) oraz 25 listopada (widoczne w Australii, Antarktydzie i na Oceanie Indyjskim). Pierwsze z wymienionych zaćmień będzie widoczne w Polsce tuż po wschodzie Słońca, osiągając fazę aż 0,8. Dojdzie także do dwóch zaćmień Księżyca: całkowitego 15 czerwca, oraz całkowitego 10 grudnia. Obydwia zaćmienia widoczne będą w Polsce przy wschodzie Księżyca.

W 2011 roku do Słońca zbliży się 31 znanych komet, z których tylko dwie będzie można obserwować przez lornetki.

## Styczeń

### Słońce

Ziemia w swym ruchu po orbicie okołosłonecznej znajduje się najbliżej Słońca 3 stycznia o 19<sup>h</sup>, 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<sup>h</sup>45<sup>m</sup>, zachodzi o 14<sup>h</sup>34<sup>m</sup>, a 31 stycznia wschodzi o 6<sup>h</sup>19<sup>m</sup>, zachodzi o 15<sup>h</sup>20<sup>m</sup>. W styczniu Słońce wstępuje w znak Wodnika.

W dniu 4 stycznia wystąpi częściowe zaćmienie Słońca, widoczne w Polsce.

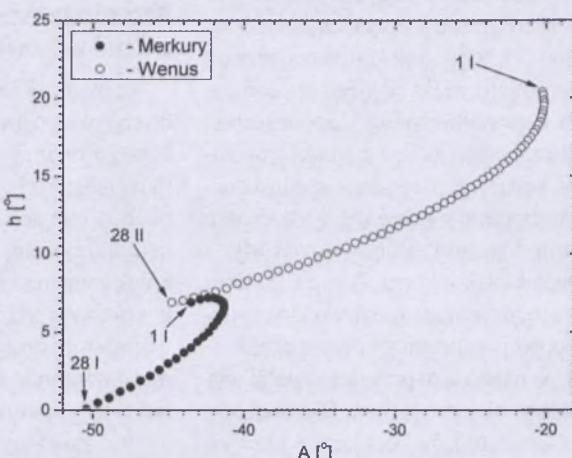
### Dane dla obserwatorów Słońca (na 0<sup>h</sup> czasu UT)

Data 2011	P [°]	B <sub>0</sub> [°]	L <sub>0</sub> [°]
I 1	2,22	-2,98	255,31
3	1,25	-3,21	228,97
5	0,28	-3,44	202,63
7	-0,68	-3,66	176,29
9	-1,65	-3,88	149,95
11	-2,61	-4,10	123,62
13	-3,56	-4,31	97,28
15	-4,50	-4,51	70,94
17	-5,43	-4,71	44,61
19	-6,36	-4,90	18,27
21	-7,27	-5,09	351,94
23	-8,17	-5,27	325,60
25	-9,05	-5,44	299,27
27	-9,92	-5,61	272,94
29	-10,77	-5,77	246,61
I 31	-11,61	-5,92	220,27

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

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

20<sup>d</sup>09<sup>h</sup>18<sup>m</sup> — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.



Rys. 1. Merkury i Wenus nad wschodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 2011 na początku świtu cywilnego (około godzinę przed wschodem Słońca)

### Księżyc

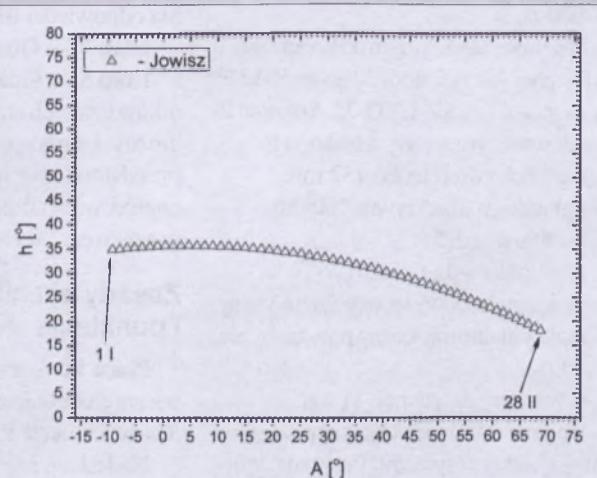
Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku stycznia, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: now 4<sup>d</sup>09<sup>h</sup>03<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 12<sup>d</sup>11<sup>h</sup>31<sup>m</sup>, pełnia 19<sup>d</sup>21<sup>h</sup>21<sup>m</sup> i ostatnia kwadra 26<sup>d</sup>12<sup>h</sup>57<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 10 stycznia o 5<sup>h</sup>39<sup>m</sup>, natomiast w perygeum 22 stycznia o 0<sup>h</sup>11<sup>m</sup>.

### Planety, planety karłowate i planetoidy

Prawie przez cały styczeń nad ranem można oglądać Merkurego, świecącego nisko nad południowo-wschodnim horyzontem. Maksymalną wysokość, wynoszącą ponad 7°, planeta osiągnie w dniu 4 stycznia, świecąc wtedy z jasnością -0,1<sup>m</sup>. Przez teleskop można w tym okresie zobaczyć tarczę Merkurego o średnicy 8" w fazie zbliżonej do kwadry.

Również nad ranem, powyżej Merkurego, na wysokości prawie 20° dostrzec można Wenus, świeczącą z jasnością -4,4<sup>m</sup>. W ciągu miesiąca warunki widzialności planety praktycznie nie ulegają zmianie.

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



Rys. 2. Jowisz nad zachodnim horyzontem (w Warszawie) w styczniu i lutym 2011 pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca)

**Jowisza**, świecącego z jasnością  $-2,2^m$ , można obserwować wieczorem na granicy gwiazdozbiorów Ryb i Wodnika, na wysokości ponad  $30^\circ$  nad horyzontem. W ciągu miesiąca warunki widzialności planety nie ulegają zmianie.

W drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Panny, widoczny jest **Saturn** jako „gwiazda” o jasności  $+0,8^m$ . Przez teleskop zobaczymy wyraźnie widoczny system pierścieni planety.

Wieczorem, niecałe  $2^\circ$  na wschód od Jowisza, można odnaleźć **Urana**, świecącego na granicy gwiazdozbiorów Ryb i Wodnika z jasnością  $5,9^m$ . **Neptun** znajduje się na niebie prawie  $30^\circ$  niżej, co przy jasności zaledwie  $8^m$  sprawia, że ginie on w blasku zorzy wieczornej i jego obserwacja jest już niemożliwa.

Planeta karłowata (**134340**) **Pluton** wschodzi nad ranem niedługo przed wschodem Słońca i jest niewidoczna, ginąc w blasku zorzy porannej.

W styczniu w pobliżu opozycji znajduje się jasna planetoida (jaśniejsza od  $9,0^m$ ):

(7) **Iris**, (jasność  $7,9^m$ — $8,3^m$ ): 1 I:  $8^h41,7^m$ ,  $+12^\circ15'$ ; 11 I:  $8^h32,3^m$ ,  $+12^\circ11'$ ; 21 I:  $8^h21,5^m$ ,  $+12^\circ21'$ ; 31 I:  $8^h10,6^m$ ,  $+12^\circ39'$ .

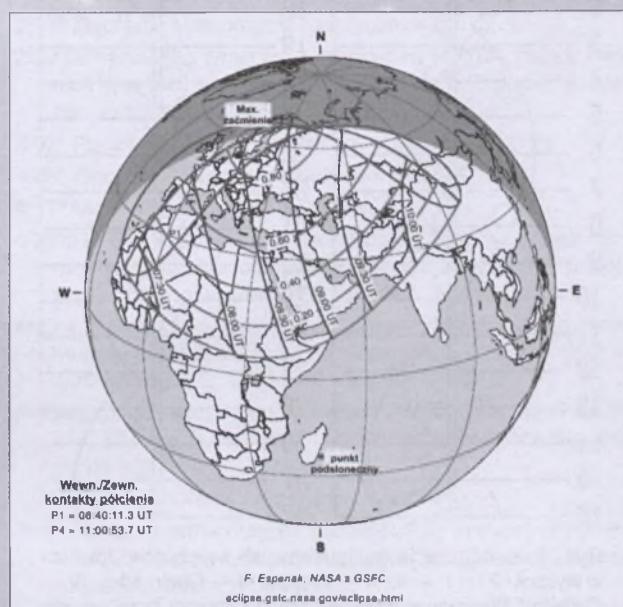
## Meteory

W dniach od 1 do 5 stycznia promienią **Kwadrantydy (QUA)**, związane planetoidą 2003 EH1. Maksimum aktywności spodziewane jest 4 stycznia o  $0^h$ . Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Smoka i ma współrzędne rekt.  $15^\circ18^m$ , 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. Warunki obserwacji Kwadrantydów w tym roku są bardzo dobre, gdyż nie będzie w nich przeszkadzał Księżyc w nowiu.

\*\*\*

- 2<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżykiem w odl.  $4^\circ$ .  
 3<sup>d</sup>01<sup>h</sup>45<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,9^m$  do  $6,7^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].  
 3<sup>d</sup>03<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].  
 3<sup>d</sup>19<sup>h</sup> Ziemia w peryhelium na swej okołosłonecznej orbicie w odl. 147 mln km od Słońca.  
 3<sup>d</sup>20<sup>h</sup>38<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^m$  do  $3,4^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].  
 4<sup>d</sup> Częściowe zaćmienie Słońca. Cień Księżyca przechodzi nad północnymi obszarami biegunowymi Ziemi. Zaćmienie widoczne będzie w całej Europie, zachodniej Azji oraz w północnej Afryce. Faza maksymalna równa  $0,8576$  nastąpi o godzinie  $8^h50^m34,9^s$  i będzie widoczna w północnej Szwecji, w punkcie o współrzędnych  $\varphi = 65^\circ\text{N}$ ,  $\lambda = 21^\circ\text{E}$ . Geocentryczne złączenie Słońca i Księżyca w rektascensji nastąpi 4 stycznia o godzinie  $9^h02^m35,6^s$ . Zaćmienie widoczne w Polsce przy wschodzie Słońca. Przebieg zaćmienia (dla Warszawy): początek zaćmienia częściowego o godzinie  $7^h14^m$  na wysokości  $2^\circ$  nad horyzontem, faza maksymalna równa  $0,818$  o godzinie  $8^h36^m$  na wysokości  $10^\circ$  nad horyzontem, koniec zaćmienia częściowego o godzinie  $10^h05^m$  na wysokości  $15^\circ$  nad horyzontem.  
 4<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $4,8^\circ$ ) w kierunku *Mare Fecunditatis* (oświetlone).

- 4<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Uranem w odl.  $0,4^\circ$ .  
 5<sup>d</sup>00<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżykiem w odl.  $2^\circ$ .  
 7<sup>d</sup>16<sup>h</sup>46<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].  
 7<sup>d</sup>22<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżykiem w odl.  $4^\circ$ .  
 8<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa V Cas (miryda) ( $23^\circ11,6^m$ ,  $+59^\circ42'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,9^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 4/2009].  
 8<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.  
 8<sup>d</sup>15<sup>h</sup> Wenus w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości  $46^\circ56'$ .  
 9<sup>d</sup>02<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\zeta$  Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,6^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].  
 9<sup>d</sup>14<sup>h</sup> Merkury w maksymalnej elongacji zachodniej od Słońca w odległości  $23^\circ17'$ .  
 9<sup>d</sup>19<sup>h</sup>13<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].  
 10<sup>d</sup>09<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżykiem w odl.  $5^\circ$ .  
 10<sup>d</sup>10<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżykiem w odl.  $6^\circ$ .  
 10<sup>d</sup>17<sup>h</sup>42<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].  
 13<sup>d</sup>16<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $7,6^\circ$ ) w kierunku krateru *Schickard* (zaciemiony).  
 14<sup>d</sup>04<sup>h</sup>00<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].  
 14<sup>d</sup>21<sup>h</sup>01<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^m$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].  
 14<sup>d</sup>23<sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy  $\zeta$  Ari ( $4,9^m$ ) przez ciemny brzeg Księżyca po pierwszej kwadrze, widoczne w całej Polsce, na wysokości  $29^\circ$  nad horyzontem, (Szczecin  $23^\circ18^m$  — Krosno  $23^\circ26^m$ ).  
 15<sup>d</sup>18<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,8^m$  do  $6,6^m$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2006].  
 16<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
 18<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Zakrycie gwiazdy  $\eta$  Gem ( $3,5^m$ ) przez ciemny brzeg Księżyca przed pełnią, widoczne w całej Polsce, na wysokości  $29^\circ$  nad horyzontem, (Gdańsk  $2^\circ13^m$  — Krosno  $2^\circ21^m$ ).



Rys. 3. Schemat częściowego zaćmienia Słońca w dniu 4 stycznia 2011 r. [wg F. Espenak, NASA/GSFC]

18<sup>d</sup>02<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,4<sup>m</sup> do 5,8<sup>m</sup>.

20<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,1^\circ$ ) w kierunku *Sinus Iridium* (oświetlona).

20<sup>d</sup>10<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Wodnika, jego  
długość ekliptyczna wynosi wówczas 300°

22°01'15'' Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiągająca maksimum jasności (3,5'') [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

23°22'21" Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 2,1<sup>m</sup> do 3,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

24<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

25°01'46"m Gwiazda zmienna zaćmieniowa à Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,4m do 5,8m

25<sup>d</sup>02<sup>h</sup> Złaczenie Saturna z Księzcem w odł. 8°

25<sup>d</sup>21<sup>h</sup>18<sup>m</sup> Gwiazda zmieniowa WW

Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2006].

25<sup>d</sup>21<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) /mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007/

25°22<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,7°) w kierunku *Mare Humboldtianum* (zaciemnione).

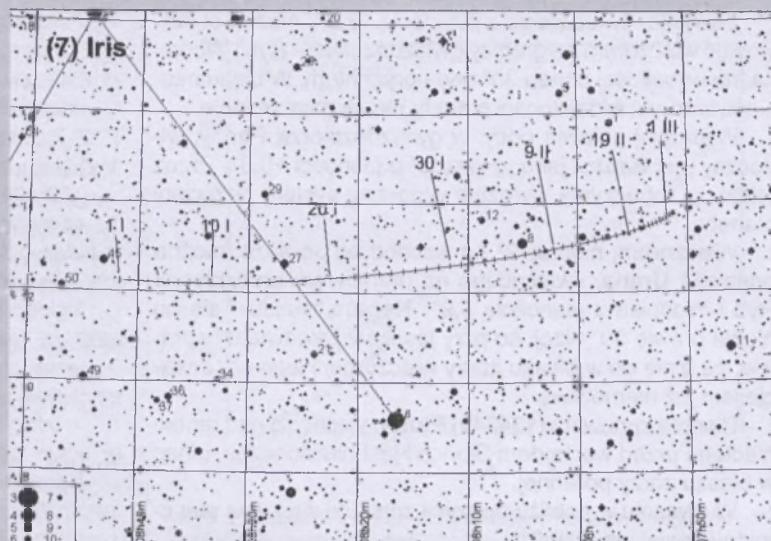
26<sup>d</sup>19<sup>h</sup>10<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga

minimum jasności. Jasność gwiazdy s

[mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].  
27<sup>d</sup>07<sup>h</sup> Saturn nieruchomy w rektascensji.  
29<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Agr (miryda) (23<sup>h</sup>43,8<sup>m</sup>,

$-15^{\circ}17'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,5^m$ ) [mapka zamiesz-

czona w „Uranii-PA” 3/2003].



Rys. 4. Trasa planetoidy (7) Iris na tle gwiazd gwiazdozbioru Raka w styczniu i lutym 2011 (zaznaczone gwiazdy do  $10^m$ )

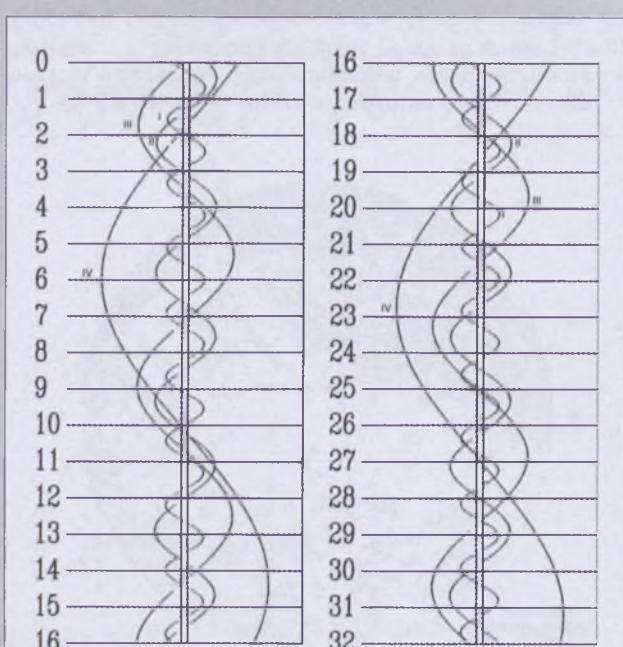
29<sup>d</sup>19<sup>h</sup>19<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii – PA” 5/2006].

30°22'30'' Gwiazda zmieniła się zaćmieniona WW Aur osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,8<sup>m</sup> do 6,6<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2006].

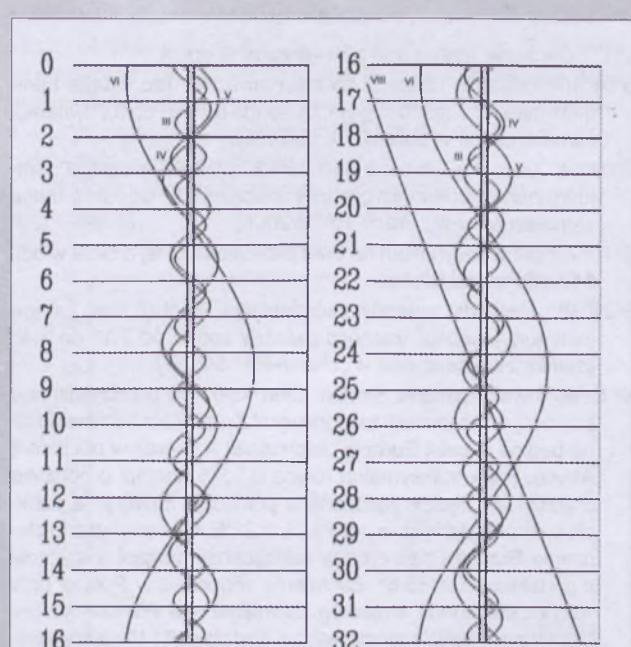
31<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Psc (miryda) ( $1^{\text{h}}30,7^{\text{m}}$ ,  $+2^{\circ}52'$ ) osiąga maksimum jasności ( $8,2^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii-Pa” 2/2006].

31<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej

31°20'41" Gwiazda zmienna zaćmieniowa HU Tau osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,7<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2006].



Rys. 5. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w styczniu 2011 (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 2011 (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  $-17^{\circ}$  do  $-8^{\circ}$ , 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  $15^{\text{h}}22^{\text{m}}$ , 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 $0^{\text{h}}$ czasu UT)

Data 2011	P [ $^{\circ}$ ]	$B_0$ [ $^{\circ}$ ]	$L_0$ [ $^{\circ}$ ]
II 1	-12,02	-5,99	207,11
3	-12,83	-6,14	180,78
5	-13,62	-6,27	154,44
7	-14,39	-6,39	128,11
9	-15,14	-6,51	101,78
11	-15,87	-6,62	75,44
13	-16,58	-6,72	49,11
15	-17,27	-6,81	22,77
17	-17,93	-6,90	356,44
19	-18,57	-6,97	330,10
21	-19,19	-7,04	303,76
23	-19,79	-7,09	277,42
25	-20,36	-7,14	251,08
27	-20,90	-7,18	224,74
III 1	-21,42	-7,21	198,39

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

$B_0$ ,  $L_0$  — heliograficzna szerokość i długość środka tarczy;

$16^{\text{d}}17^{\text{h}}31^{\text{m}}$  — heliograficzna długość środka tarczy wynosi 0.

### Książyc

Bezksiążycowe noce będziemy mieli na początku lutego, bowiem kolejność faz Księżyca jest w tym miesiącu następująca: now 3<sup>d</sup>02<sup>h</sup>31<sup>m</sup>, pierwsza kwadra 11<sup>d</sup>07<sup>h</sup>18<sup>m</sup>, pełnia 18<sup>d</sup>08<sup>h</sup>36<sup>m</sup> i ostatnia kwadra 24<sup>d</sup>23<sup>h</sup>26<sup>m</sup>. W apogeum Księżyca znajdzie się 6<sup>d</sup>23<sup>h</sup>14<sup>m</sup>, a w perigeum 19<sup>d</sup>07<sup>h</sup>28<sup>m</sup>.

### Planety, planety karłowate i planetoidy

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

Nad ranem, nisko nad południowo-wschodnim horyzontem, świeci **Wenus** jako „Gwiazda Poranna” o jasności  $-4,2^{\text{m}}$ . W ciągu miesiąca warunki widzialności planety znacząco się pogarszają — o ile na początku lutego, na godzinę przed wschodem Słońca, znajdziemy ją na wysokości  $13^{\circ}$  nad horyzontem, o tyle pod koniec miesiąca wysokość ta zmniejsza się do zaledwie  $7^{\circ}$ .

**Mars** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Wieczorem można nadal obserwować **Jowisza**, świejącego w gwiazdozbiorze Ryb z jasnością  $-2,1^{\text{m}}$ . Wysokość planety nad południowo-zachodnim horyzontem, mierzona pod koniec zmierzchu cywilnego (około godzinę po zachodzie Słońca) w ciągu miesiąca maleje od  $32^{\circ}$  do zaledwie  $18^{\circ}$ , przez co obserwacje Jowisza na tle zorzy wieczornej staną się trudniejsze.

Nadal w drugiej połowie nocy, w gwiazdozbiorze Panny, możemy obserwować **Saturna**, zbliżającego się do kwietniowej opozycji.

**Urana** można jeszcze na początku miesiąca pod koniec zmierzchu astronomicznego odnaleźć około  $20^{\circ}$  nad południowo-zachodnim horyzontem, jednak już w połowie lutego zbliży się on na niebie na tyle blisko do Słońca, że jego obserwacja stanie się praktycznie niemożliwa. W odnalezieniu Urana może jednak pomóc jego położenie  $6^{\circ}$  na południowy zachód od Jowisza.

**Neptun** znajduje się na niebie w pobliżu Słońca i jest niewidoczny.

Planeta karłowata (**134340**) **Pluton** nadal wschodzi nad ranem niedługo przed wschodem Słońca i jest niewidoczna, ginąc w blasku zorzy porannej.

W lutym w pobliżu opozycji znajdują się jasne planetoidy (jaśniejsze od  $9,0^{\text{m}}$ ):

(7) **Iris**, (jasność  $7,9^{\text{m}}$ — $8,3^{\text{m}}$ ): 10 II:  $8^{\text{h}}01,4^{\text{m}}$ ,  $+13^{\circ}01'$ ; 20 II:  $7^{\text{h}}54,8^{\text{m}}$ ,  $+13^{\circ}23'$ ; 2 III:  $7^{\text{h}}51,6^{\text{m}}$ ,  $+13^{\circ}42'$ .

(44) **Nysa**, (jasność  $8,9^{\text{m}}$ — $9,4^{\text{m}}$ ): 31 I:  $9^{\text{h}}45,6^{\text{m}}$ ,  $+14^{\circ}16'$ ; 10 II:  $9^{\text{h}}36,8^{\text{m}}$ ,  $+15^{\circ}28'$ ; 20 II:  $9^{\text{h}}27,8^{\text{m}}$ ,  $+16^{\circ}36'$ ; 2 III:  $9^{\text{h}}20,1^{\text{m}}$ ,  $+17^{\circ}33'$ .

### Meteory

W dniach od 15 lutego do 10 marca promienią, należące do kompleksu Virginidów, δ **Leonidy (DLE)**. Maksimum aktywności tego mało aktywnego roju przypada 25 lutego. Radiant meteorów leży w gwiazdozbiorze Lwa i ma współrzędne rekt.  $11^{\text{h}}12^{\text{m}}$ , dekl.  $+16^{\circ}$ . W wieczornych obserwacjach w tym roku nie będzie przeszkadzał Księżyca po ostatniej kwadrze.

\* \* \*

1<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.  
1<sup>d</sup>12<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $5,2^{\circ}$ ) w kierunku *Mare Australiae* (zaciemnione).

1<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Księżycem w odl.  $3^{\circ}$ .

2<sup>d</sup>22<sup>h</sup>02<sup>m</sup> 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” 5/2006].

3<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Złączenie Marsa z Księżycem w odl.  $4^{\circ}$ .

4<sup>d</sup>06<sup>h</sup> Złączenie Neptuna z Księżycem w odl.  $4^{\circ}$ .

4<sup>d</sup>17<sup>h</sup> Mars w koniunkcji ze Słońcem.

4<sup>d</sup>23<sup>h</sup>23<sup>m</sup> 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” 5/2006].

4<sup>d</sup>23<sup>h</sup>42<sup>m</sup> 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” 5/2006].

6<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R LMi (miryda) ( $9^{\text{h}}45,6^{\text{m}}$ ,  $+34^{\circ}31'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,1^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2005].

6<sup>d</sup>21<sup>h</sup> Złączenie Urana z Księżycem w odl.  $5^{\circ}$ .

7<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Peg (miryda) ( $23^{\text{h}}06,6^{\text{m}}$ ,  $+10^{\circ}32'$ ) osiąga maksimum jasności ( $7,8^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2009].

7<sup>d</sup>05<sup>h</sup> Złączenie Jowisza z Księżycem w odl.  $5^{\circ}$ .

8<sup>d</sup>00<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $4,4^{\text{m}}$  do  $5,8^{\text{m}}$ .

9<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji wschodniej.

10<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa  $\chi$  Cyg (miryda) ( $19^{\text{h}}50,5^{\text{m}}$ ,  $+32^{\circ}55'$ ) osiąga maksimum jasności ( $5,2^{\text{m}}$ ).

10<sup>d</sup> 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” 3/2008].

10<sup>d</sup> 00<sup>h</sup>54<sup>m</sup> 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” 5/2006].

10<sup>d</sup> 23<sup>h</sup>58<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\delta$  Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

12<sup>d</sup> 05<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca ( $7,8^{\circ}$ ) w kierunku Mare Orientale (zaciemnione).

15<sup>d</sup> 00<sup>h</sup>28<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa  $\delta$  Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $4,4^{\text{m}}$  do  $5,8^{\text{m}}$ .

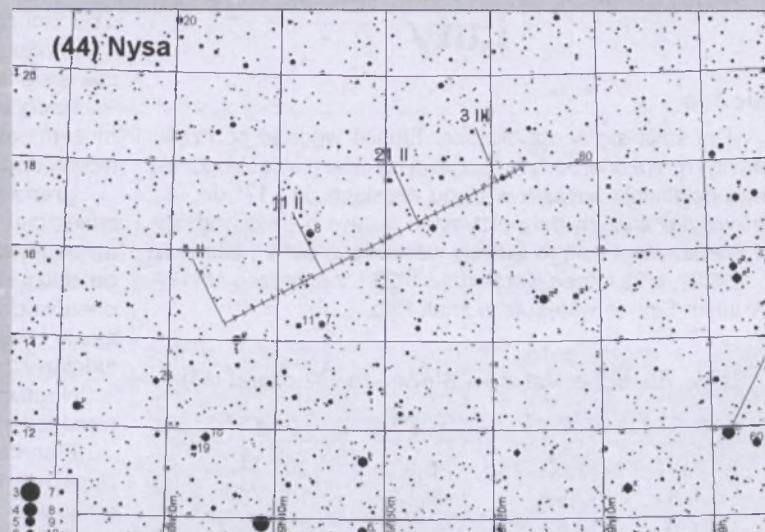
15<sup>d</sup> 02<sup>h</sup>54<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa U Oph osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $5,9^{\text{m}}$  do  $6,6^{\text{m}}$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2008].

15<sup>d</sup> 20<sup>h</sup>53<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa Algol ( $\beta$  Per) osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od  $2,1^{\text{m}}$  do  $3,4^{\text{m}}$  [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 5/2007].

16<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Aql (miryda) ( $19^{\text{h}}06,4^{\text{m}}$ ,  $+8^{\circ}14'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,1^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2010].

16<sup>d</sup> 16<sup>h</sup> Neptun w koniunkcji ze Słońcem.

17<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Tri (miryda) ( $2^{\text{h}}37,0^{\text{m}}$ ,  $+34^{\circ}16'$ ) osiąga maksimum jasności ( $6,2^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 1/2008].



Rys. 7. Trasa planetoidy (44) Nysa na tle gwiazd gwiazdozbioru Lwa w lutym 2011 (zaznaczone gwiazdy do  $10^{\text{m}}$ )

17<sup>d</sup> Księżyca Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

18<sup>d</sup> 05<sup>h</sup> Minimalna libracja Księżyca ( $6,1^{\circ}$ ) w kierunku krateru Plato (zaciemnione).

19<sup>d</sup> 00<sup>h</sup>25<sup>m</sup> Słońce wstępuje w znak Ryb, jego długość ekliptyczna wynosi wówczas  $330^{\circ}$ .

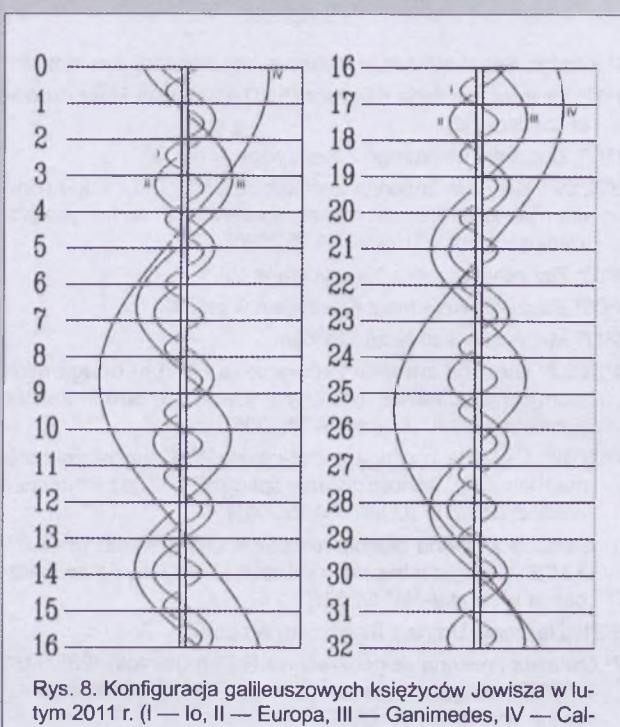
19<sup>d</sup> 18<sup>h</sup>12<sup>m</sup> Gwiazda zmienna  $\eta$  Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności ( $3,5^{\text{m}}$ ) [mapka zamieszczona w „Uranii–PA” 6/2007].

20<sup>d</sup> 23<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Marsem w odległości 1°.

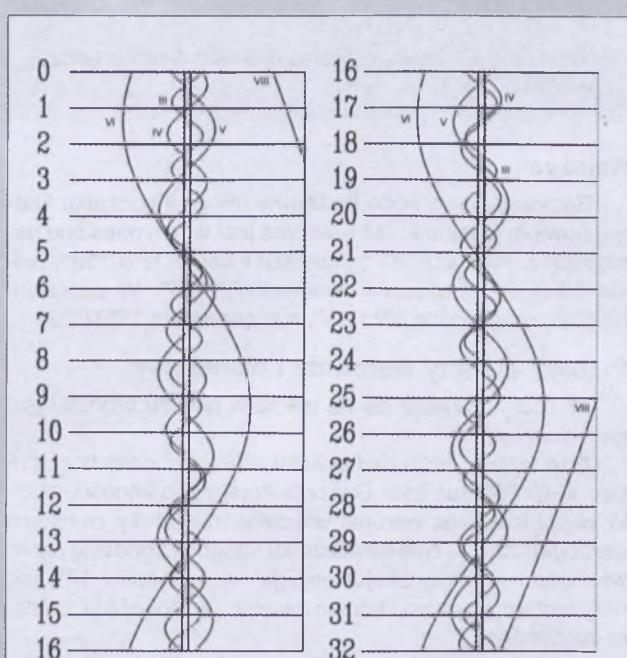
21<sup>d</sup> 01<sup>h</sup> Złączenie Merkurego z Neptunem w odległości 1,5°.

21<sup>d</sup> 04<sup>m</sup> Złączenie Marsa z Neptunem w odległości 0,5°.

21<sup>d</sup> 13<sup>h</sup> Złączenie Saturna z Księżykiem w odległości 8°.



Rys. 8. Konfiguracja galileuszowych księżyców Jowisza w lutym 2011 r. (I — Io, II — Europa, III — Ganimedes, IV — Kalisto). Przerwa w trasie księżyca oznacza przebywanie satelity w cieniu planety. Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo



Rys. 9. Konfiguracja pięciu najjaśniejszych księżyców Saturna w lutym 2011 (III — Tethys, IV — Dione, V — Rhea, VI — Titan, VIII — Iapetus). Zachód na prawo od środkowego pasa (tarczy planety), wschód na lewo

21<sup>st</sup>17<sup>h</sup>33<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

22<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa R Dra (miryda) (16<sup>h</sup>32,6<sup>m</sup>, +66°45') osiąga maksimum jasności (7,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2008].

22<sup>d</sup>00<sup>h</sup>02<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa δ Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,4<sup>m</sup> do 5,8<sup>m</sup>.

22<sup>d</sup>03<sup>h</sup>32<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa 1143 Cyg osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 5,9<sup>m</sup> do 6,4<sup>m</sup> [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 1/2005].

23<sup>d</sup>13<sup>h</sup> Maksymalna libracja Księżyca (7,9°) w kierunku Mare Humboldtianum (zaciennione).

24<sup>d</sup> Gwiazda zmienna długookresowa S Vir (miryda) (13<sup>h</sup>33,0<sup>m</sup>, -7°12') osiąga maksimum jasności (7,0<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2005].

25<sup>d</sup> Księżyc Saturna Tytan w maksymalnej elongacji zachodniej.

25<sup>d</sup>03<sup>h</sup> Merkury w koniunkcji górnej ze Słońcem.

26<sup>d</sup>22<sup>h</sup>26<sup>m</sup> Gwiazda zmienna η Aql (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

27<sup>d</sup>02<sup>h</sup>20<sup>m</sup> Gwiazda zmienna δ Cep (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,5<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 5/2007].

28<sup>d</sup>20<sup>h</sup>35<sup>m</sup> Gwiazda zmienna ζ Gem (cefeida) osiąga maksimum jasności (3,6<sup>m</sup>) [mapka zamieszczona w „Uranii-PA” 6/2007].

28<sup>d</sup>23<sup>h</sup>36<sup>m</sup> Gwiazda zmienna zaćmieniowa β Lib osiąga minimum jasności. Jasność gwiazdy spada od 4,4<sup>m</sup> do 5,8<sup>m</sup>.

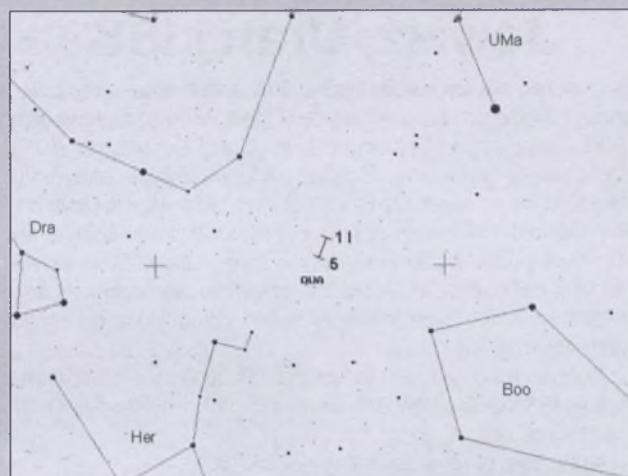
**UWAGA:** Momenty wszystkich zjawisk podane są w czasie uniwersalnym UT (Greenwich).

Aby otrzymać datę w obowiązującym w styczniu i lutym w Polsce „czasie zimowym”, należy dodać 1 godzinę.

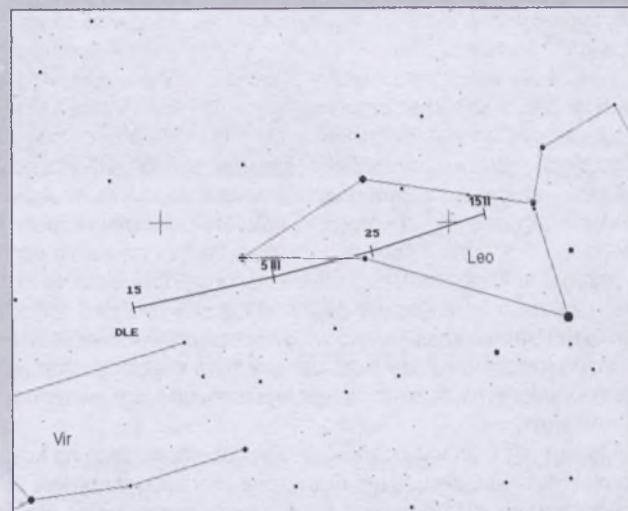
Momenty złączeń planet z Księżycem podane są dla współrzędnych Warszawy. Dla każdego złączenia podano momenty największego zbliżenia obiektów na niebie. Podane są **wszystkie** złączenia, nie tylko widoczne w Polsce.

Współrzędne równikowe podane są dla Epoki 2000.0.

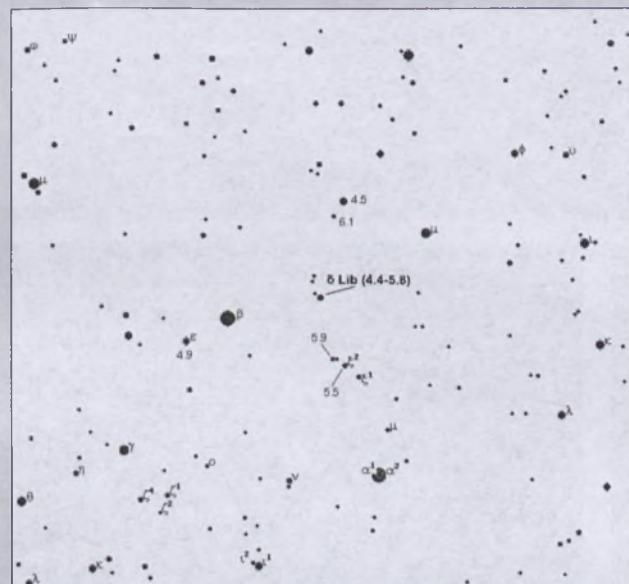
Opracował T. Ścieżor



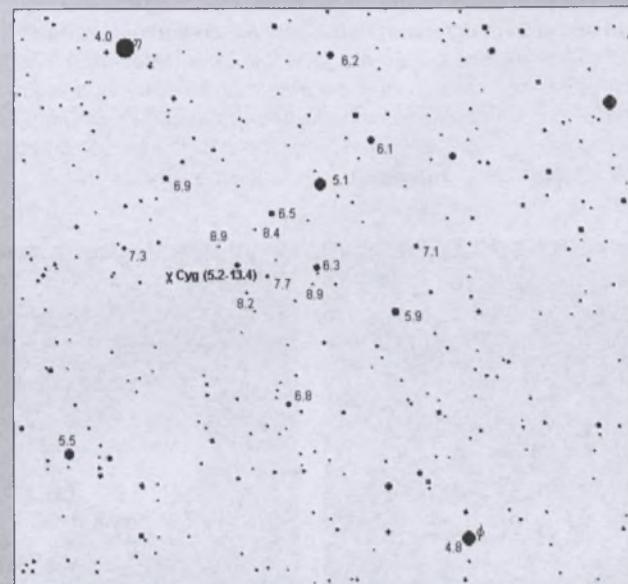
Rys. 10. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego Kwadrantydów (QUA) w okresie od 1 do 5 stycznia



Rys. 11. Położenie i ruch własny radiantu meteorowego delta-Leonidów (DLE) w okresie od 15 lutego do 15 marca



Rys. 12. Mapa gwiazdozbioru Wagi do obserwacji gwiazdy zmiennej δ Lib (15°00'58,4", -8°31'08"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 25°, północ u góry)



Rys. 13. Mapa gwiazdozbioru Łabędzia do obserwacji gwiazdy zmiennej χ Cyg (19°50'34,0", +32°54'51"). Podane jasności gwiazd porównania (pole widzenia wynosi 6°, północ u góry)

## Jowisz, Uran i ISS

W poprzednim numerze „Uranii–PA” prezentowaliśmy zdjęcia wykonane przez pp. Krystynę i Piotra Wirkus, z sekwencją ukazującą przelot Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) na tle tarczy słonecznej. Bardzo podobne zdjęcia otrzymaliśmy również od Mariusza Rudzińskiego z Mirostowic Dolnych. Pan Mariusz bardzo często stosuje metodę filmowania, a następnie wycinania z filmu kolejnych klatek i nakładania ich na siebie w celu uzyskania obrazów obiektów astronomicznych. W tym numerze prezentujemy część zdjęć, jakie od niego otrzymaliśmy.

Po prawej u góry — jeden z kadrów sekwencji z przejściem ISS na tle Słońca 1 sierpnia 2010 r. ok. godz. 11.34 z widoczną plamą słoneczną.

Niżej dwa obrazy powierzchni Księżyca.

Na dole od lewej: Uran sfotografowany 16 sierpnia; Jowisz sfotografowany 31 lipca ok. godz. 1.50, wyłaniająca się zza jego tarczy Europa, a niżej po prawej widoczny księżyc Io; symetryczne ułożenie jowiszowych księżyców sfotografowane 16 września br.

Jak pisze autor: *do zrobienia zdjęć posłużył mi rosyjski teleskop TAŁ 100RS bez prowadzenia i tani cyfrowy aparat fotograficzny Canon A 580 zamocowany do okularu za pomocą adaptera. Kiedy już mam obiekt (planetę) w polu widzenia na ekranie aparatu, włączam nagrywanie krótkiego (ok. 30 s) filmiku w formacie AVI, a następnie taki filmik stackuję w odpowiednim programie (Registax), czyli nakładam na siebie poszczególne klatki filmu. (...) Moje zdjęcia są dowodem na to, że nie trzeba mieć sprzętu za 20 000 zł, aby czerpać satysfakcję z astrofotografii. Warto więc popularyzować nawet taki sposób fotografowania nieba, a niestety na większości forów astronomicznych ta metoda jest wyśmiewana czy uważana za nieefektywną.*

Na koniec opis wykonania zdjęcia prezentowanego na kolorowej stronie Galerii (o.III): *Fotografię Wenus wykonałem 9 października 2010 r. ok. godz. 16.00 w pełnym Słońcu. Najpierw ustaliłem, na jakiej wysokości i w jakim azymucie szukać Wenus na niebie. Następnie znalazłem ją za pomocą lornetki przy 20-krotnym powiększeniu, a następnie wiedząc już nad którym drzewem nad lasem się znajduje, ustawiłem na nią teleskop. Mając już ją w okularze teleskopu TAŁ 100RS (bez prowadzenia), nagrałem krótki filmik aparatem cyfrowym Canon A580, a następnie postackowałem klatki w programie Registax. W ten nieco karkołomny sposób udało mi się uwiecznić cienki sierp planety widoczny za dniem.*

(jd)



## Camerata Warmińska z Kopernikiem

**P**ro Musica Antiqua to zespół działający pod patronatem Muzeum Warmii i Mazur w Olsztynie, zgodnie ze swą nazwą specjalizujący się w wykonaniu muzyki dawnej. Co roku mam okazję posłuchać ich podczas letnich koncertów granych w ramach cyklu „Muzyka Europejska w Zabytkach i Przyrodzie Warmii i Mazur”. Liderem zespołu jest przesympatyczny pan Leszek Szarzyński, świetny gawędziarz i właściciel szczerozłotego fletu.

W tym roku z jego inicjatywy ruszył nowy projekt — cykl spotkań artystyczno-historycznych inspirowanych wybitnymi postaciami związanymi z regionem, a zatytułowany „Camerata Warmińska”. Pierwsze spotkania z tego cyklu zostały zainspirowane postacią Mikołaja Kopernika. Oprócz muzyki na spotkaniach można wysłuchać odczytów połączonych z prezentacjami multimedialnymi, a także spróbować własnych sił w kaligrafowaniu gęsimi piórami czy wybić okolicznościową monetę. Całości smaku dodaje osoba samego Mikołaja Kopernika, w którą na olsztyńskim zamku od wielu lat z powodzeniem wciela się Marian Czarkowski, popularny aktor Teatru im. S. Jaracza.

We wrześniu Camerata Warmińska zagościła w Lidzbarku Warmińskim, więc skorzystałem z okazji, by wziąć udział w programie. Uzbrojony w nowy nabytek w postaci aparatu fotograficz-

nego z funkcją rejestracji filmów wysokiej jakości udało się na lidzbarski zamek. Właśnie tu, przed pięciuset laty nasz Wielki Astronom najprawdopodobniej napisał i stąd puścił w świat rękopis tzw. „Komentarzyka”, zawierającego śmiały tezy swej rewolucyjnej koncepcji budowy Świata.

chacza polskimi słowami w środkowej i dalszych częściach, wyraźnie wskazuje na inspirację kompozytora znany obrazem Jana Matejki „Mikołaj Kopernik, czyli rozmowa z Bogiem”. I wszystko pewnie by się pięknie zarejestrowało, gdyby nie podkusiło mnie jakieś licho, by uatrakcyjnić rejestrację wizualną częstymi zbliżeniami wykonawców i instrumentów. Jak typowy użytkownik urządzeń elektromechanicznych w naszym kraju, nie zadałem sobie trudu dokładnego przestudiowania instrukcji obsługi przed użyciem. W efekcie subtelne dźwięki instrumentów dawnych i piękny głos pani Lilianny Górskiej zagłuszone są co i rusz ordynarnymi dźwiękami pracującego silniczka sterującego optyką obiektywu. A w instrukcji, jak zobaczyłem później, wyraźnie o tym informują! Ot i mądry Polak po szkodzie...

Aparat miał posłużyć przede wszystkim do rejestracji koncertu kameralnego, podczas którego zaprezentowana została kompozycja Lucjana Marzewskiego *Rapsodia Kopernikowska* na mezzosopran, flet, obój, fagot, wiolonczelę i klawesyn. Dyrygowała pani Katarzyna Bojaruniec, córka kompozytora. Kompozycja składa się z pięciu części: *Introitus*, *Gradivus*, *Gnarus*, *Gloriosus* i *Finis*. Muzycznie to swoiste połączenie współczesnych form z klasyką. Piękny wokal ze zrozumiałymi dla słucha-



Zespół Pro Musica Antiqua pod batutą pani Katarzyny Bojaruniec wykonuje *Rapsodię Kopernikowską*. Fot. W. Strużyński

Jacek Drążkowski

### INFORMACJE O PRENUMERACIE URANII-PA

Prenumerata na rok 2011 (6 zeszytów) kosztuje 54 zł. Cena pojedynczego zeszytu 10,90 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:

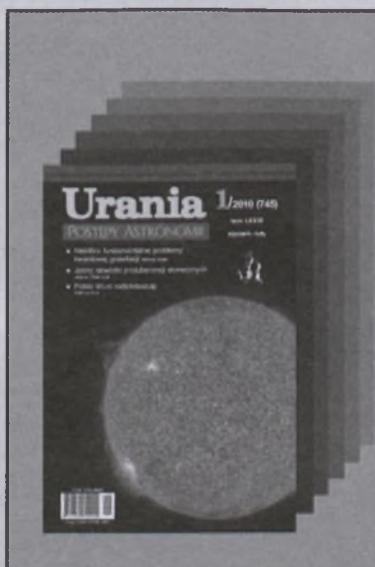
Monika Adamów

Centrum Astronomii UMK

ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń

E-mail: [urania@astri.uni.torun.pl](mailto:urania@astri.uni.torun.pl)

tel/fax (0-56) 611 30 14 / 611 30 08

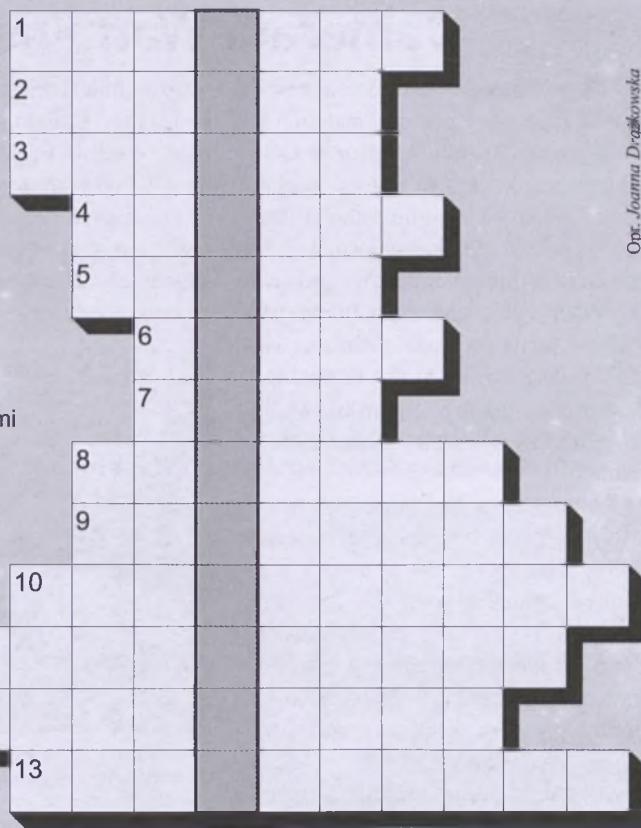


**W** „Uranii-PA” nr 4/2010 zamieściliśmy krzyżówkę, której rozwiązaniem jest hasło FALE GRAWITACYJNE. Nagrody książkowe wylosowali Tadeusz H. Michalski z Rudy Śląskiej i Kamil Tukendorf z Wrocławia. Nagrody prześlemy pocztą.

A oto hasła pomocnicze do rozwiązania nowej krzyżówki:

1. Odbicie rzeczywistego rocznego ruchu Ziemi w teorii Ptolemeusza
2. Tor ruchu ciała niebieskiego
3. Zbudował pierwszy wielki radioteleskop
4. W przyszłym roku co najmniej 31 z nich zbliży się do Ziemi
5. Specjalista od planetariów
6. Planeta Korribian
7. Mają w nim radiant Kwadrantydy
8. Najwydajniejsze źródła promieniowania we Wszechświecie
9. Molekuła, której wcale nie znaleziono w Kosmosie
10. Stałość środowiska wewnętrznego organizmu
11. Przyrząd do badania polaryzacji promieniowania
12. Z nich zbudowane są protuberancje
13. Pionier fizyki doświadczalnej w Polsce

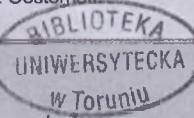
Na rozwiązania czekamy do końca grudnia 2010 r. Osoby nie będące prenumeratorem „Uranii-PA” muszą dołączyć do rozwiązania kupon umieszczony w lewym górnym rogu tej strony. Prenumeratorzy mogą przesyłać rozwiązania drogą elektroniczną.



Opr. Joanna Drążkowska

Słowa kluczowe do rozwiązania krzyżówki zamieszczonej w „Uranii-PA” 4/2010: 1. Steinhardt, 2. Puchalski, 3. Metaliczność, 4. Koalescencja, 5. Przegląd, 6. Stardust, 7. Badania, 8. Oliwin, 9. Jowisz, 10. Tektyty, 11. Parametr, 12. Egipcyjanie, 13. Eliptyczne, 14. Pulsujące, 15. Astronauci, 16. Oosterhoff.

### Ciekawe strony internetowe...



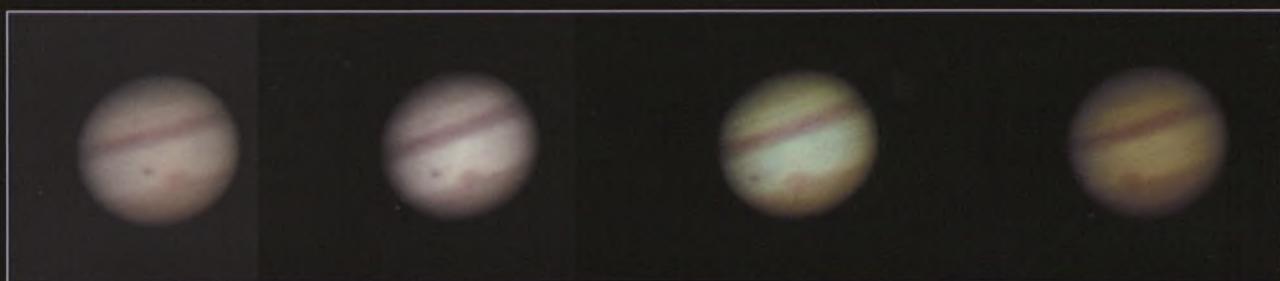
W poprzednim numerze pisalem o nowym module programu World Wide Telescope (WWT) — WWT Mars, a przy okazji o udostępnionych w jego ramach starych, pracowicie sporządzanych mapach Czerwonej Planety. Dziś proponuję pozostać w podobnym kręgu zagadnień i zajrzeć na stronę Planetary Society założonego w roku 1980 przez Carla Saganę, Bruce Murray i Louisa Friedmana <http://www.planetary.org/home/> a w szczególności do jednego z artykułów w ciągle aktualizowanym blogu: <http://www.planetary.org/blog/article/00001858>. Można się tu naprawdę dużo dowiedzieć o historii mapowania powierzchni Marsa. Na wspomnianej w poprzedniej notce mapie United States Air Force (USAF) z roku 1962 nadal znajdują się kanały, chociaż wtedy już niewielu astronomów w nie wierzyło. Na powstanie mapy USAF duży wpływ miał Earl Slipher, który wierzył w istnienie kanałów na Marsie — zmarł kilka lat przed wystrzeleniem Mariner 4.

Pod kolejnymi adresami znajdziemy bardzo rozbudowane kalendarium z lat 1700-1959, dotyczące badań Marsa, jak i faktów bardziej luźno związanych z planetą: [http://www.planetary.org/explore/topics/timelines/mars\\_1700-1959.html](http://www.planetary.org/explore/topics/timelines/mars_1700-1959.html), z kolei lata 1960-czasy obecne znajdziemy pod adresem [http://planetary.org/explore/topics/timelines/mars\\_1960-present.html](http://planetary.org/explore/topics/timelines/mars_1960-present.html) a spis misji marsjańskich z krótkimi komentarzami pod [http://www.planetary.org/explore/topics/mars\\_missions.html](http://www.planetary.org/explore/topics/mars_missions.html).

Proponuję nie zatrzymywać się na wymienionych stronach, portal Planetary Society jest bardzo ciekawy, a do kolejnego wydania naszego pisma mamy jeszcze około dwóch miesięcy...  
(rs)

Te cztery zdjęcia ukazujące przejście cienia Europe na tle tarczy Jowisza 17 września 2010 r. wykonał Mariusz Rudziński w Mirostowicach Dolnych woj. lubuskie. Przejście rozpoczęło się o godz 21.50, a zakończyło 2 min po północy

# Galeria Uranii



Fotografia Wenus, tego samego autora, wykonana 9 października 2010 r. ok. godz 16.00 w pełnym Słońcu. Opis wykonania zdjęcia zamieściliśmy na s. 286



Kometa 103P/Hartley2 w okolicy podwójnej gromady otwartej  $\text{h}\chi$  Persei. 2010.10.07. 23.43–23.48 CWE. Obiektyw Sigma 70-300 APO, (300 mm, f5,6) + Nikon D300. ISO2000, eksp. 2×130 s. Wyżej ta sama kometa dzień później sfotografowana w ognisku głównym teleskopu Newtona 205/907 (eksp. 1×190 s, ISO1600 i 3×130 s, ISO2000). Fot. Mariusz Świątnicki



# Mgławica NGC 346 w Małym Obłoku Magellana (SMC)

NGC 346 to bardzo ciekawy obszar rodzących się gwiazd. Szczególnie wzdułż widocznego tu ciemnego pasa pyłu astronomowie znaleźli bardzo wiele rodzących się, można powiedzieć w stanie embrionalnym, gwiazd. Są one jeszcze w stanie kolapsu w ich pierwotnych chmurach, a ich promieniowanie jest poczerwienione przez otaczający je pył. Sam Mały Obłok Magellana jest małą, nieregularną galaktyką, która jest reprezentatywna dla galaktyk powstałych we wczesnych stadiach ewolucji Wszechświata. Łączenie (zlewanie) się takich galaktyk doprowadza do powstawania większych galaktyk w późniejszych epokach. Ten obszar to doskonale miejsce w Kosmosie do poszukiwania odpowiedzi na pytanie, jak i dlaczego tworzą się gwiazdy?

NGC 346 rozciąga się na 200 lat świetla, a SMC znajduje się w odległości 210 tys. lat św. od nas w gwiazdozbiorze Tukana. Zdjęcie zostało wykonane przez teleskop kosmiczny Hubble'a.

Źródło: A. Nota (ESA/STScI) et al., ESA, NASA