Częstochowski

Kalendarz Astronomiczny

2014

Rok X

Redakcja

Bogdan Wszołek
Agnieszka Kuźmicz

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org
www.ptma.ajd.czest.pl

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014

Redakcja

Bogdan Wszołek
Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Ivan Andronov
Pal Beringer
Kazimierz Błaszczak
Vitalii Breus
Lidia Chinarova
Bartłomiej Dębski
Jadwiga Donatowicz
Hubert Dróżdż
Pavol Dubovsky
Agnieszka Dymarek
Włodzimierz Godłowski
Tibor Hegedus
Kamil Kluza
Sergey Kolesnikov
Agata Kołodziejczyk
Jacek Kruk
Larisa Kudashkina
Igor Kudzej
Elżbieta Kuligowska
Aleksander Kurek
Sebastian Kurowski
Agnieszka Kuźmicz
Patryk Mach
Vladislava Marsakova
Krzysztof Maślanka
Janusz Nicewicz
Dajana Olech
Anna Operacz
Karol Petrik
Joanna Popiela
Adam Popowicz
Remigiusz Pospieszyński
Jeffrey Robertson
Andrey Ryabov
Stanisław Ryś
Grzegorz Sęk
Nicholay Shakhovskoy
Maria Tkachenko
Valeriy Tsehmeystrenko
Bogdan Wszołek
Elena Zhuzhulina

Astronomia Nova

oraz

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Częstochowa 2013

Recenzent

Prof. dr hab. Marek Biesiada

Redakcja

Bogdan Wszołek
Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

Redakcja techniczna

Bogdan Wszołek

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

Strona 1 okładki

Rycina znaku Wodnika zaczerpnięta z atlasu nieba opracowanego przez Jana Heweliusza (1611–1687) w dziele *Prodromus astronomiae cum catalogofixarum et firmamentum Sobiescianum*... Gdańsk 1690

Strona 4 okładki

Częstochowski radioteleskop (RT-13) pochodzący z Psar. (*fot. A. Leśniczek*)

© Copyright by Astronomia Nova oraz Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978–83–7455–353-7
ISSN 1895–0787

Wydanie niniejszego tomu było współfinansowane przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego Akademii im. Jana Długosza

Spis treści

In memoriam (*B. Wszołek*) 7
Słowo wstępne (*B. Wszołek*) 9

Część pierwsza (tabelaryczna)

Kalendarz na rok 2014 (*A. Kuźmicz*) 11
W roku 2013 (*A. Kuźmicz, B. Wszołek*) 23
VI Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova” 24
XI Konkurs Astronomiczny URANIA 25
IV Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica” 26
III Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii 27
Tabele astronomiczne (*B. Wszołek*) 29
Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie 29
Świty i zmierzchy w Częstochowie 35
Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie 41
Czas gwiazdowy 47

Część druga (dydaktyczno informacyjna)

Częstochowska aktywność astronomiczna 2013 (*B. Wszołek*) 53
Nic nie wzrusza nieba bardziej jak śmierć astronoma (*B. Wszołek*) 69
Konrad Rudnicki (1926-2013) – kilka wspomnień (*K. Maślanka*) 73
Yuris Night w Krakowie (*A. Kołodziejczyk*) 79
Kobiety w kosmosie (*A. Kołodziejczyk*) 81
Space Station I (*A. Kołodziejczyk*) 83
Wizyta w Technologicznym Centrum ESA w Holandii (*A. Kołodziejczyk*) 85
Школьные астрономические конференции 2013 (*И. Андронов*) 89
Nagroda im. Karola Miarki dla dr. Bogdana Wszołka (*A. Operacz*) 93
Юные одесские астрономы – победители! (*В. Марсакова*) 95
Działalność Wieruszowskiego Koła Astronomicznego (*K. Błaszczak*) 99
Konferencja „Meet the Space” (*A. Kołodziejczyk, B.Wszolek*) 103

Część trzecia (artykuły popularnonaukowe)

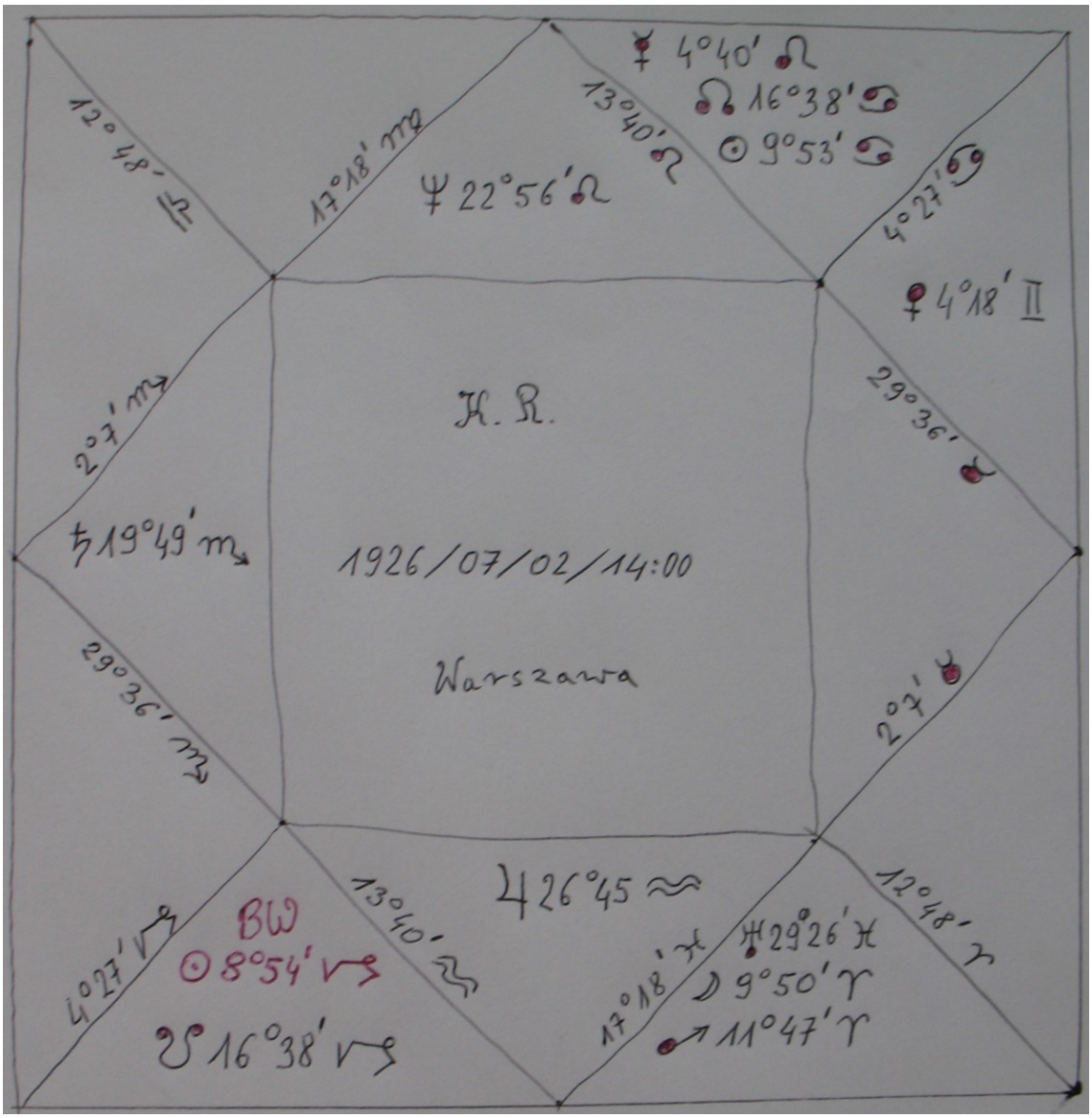
Radioteleskopy z Psar na drodze ku swojemu drugiemu życiu (*B. Wszołek*) 121
Reaktywacja lunety Grubb (*J. Nicewicz i in.*) 133
Z życia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim (*B. Wszołek*) 143
Wielkie ucho w Częstochowie (*S. Ryś*) 155
Polskimi śladami Jurija Gagarina (*J. Kruk*) 159
Polowanie na tranzyt ISS (*H. Dróżdż*) 165

Część czwarta (przyczynki naukowe)

Method of running sines: modeling variability in long-period variables (*I. Andronov, L. Chinarova*) 171
Comparative Analysis of Numerical Methods for Parameter Determination (*I. Andronov, M. Tkachenko*) 189
Is there a third component in the intermediate polar V405 Aur? (*V. Breus i in.*) 197
Układy kontaktowe w misji Kepler (*B. Dębski*) 203
From frozen super earth to habitable earth via microlensing (*J. Donatowicz*) .. 207
Absorpcja międzygwiazdowa w kierunku ε Per (*A. Dymarek, B. Wszołek*) 219
Badanie własności absorpcyjnych ośrodka międzygwiazdowego w kierunku gwiazdy ζ 0ph (*K. Kluza i B. Wszołek*) 231
Asymptotic giant branch stars with linear decrease of the period (*L. Kudashkina, V. Marsakova*) 243

Współczesne przeglądy radioastronomiczne. Co projekt LOFAR może dać astronomii? (*E. Kuligowska*) 247
Laserowa gwiazda do diagnozy frontu falowego w obrazowaniu astronomicznym (*A. Kurek, A. Popowicz*) 253
Aktywne jądra galaktyk gigantycznych radioźródeł (*A. Kuźmicz*) 259
Akrecja w przestrzeniach kosmologicznych (*P. Mach*) 263
Miras or SRa's – the transient type variables (*V. Marsakova, I. Andronov*) 273
Badanie funkcji świecenia gromad galaktyk (*J. Popiela, W. Godłowski*) 277
Śmieci kosmiczne – śmiertelne zagrożenie na orbicie (*R. Pospieszyński*) 291

***



Horoskop urodzinowy Konrada Rudnickiego (*autor: Bogdan Wszołek*)

In memoriam

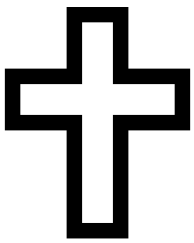
Ks. prof. dr hab. Konrad Rudnicki

☆ 2.07.1926 (Warszawa) – ✝ 12.11.2013 (Kraków)

Wybitny intelektualista i człowiek głębokiej wiary, po mistrzowsku łączył wysiłki dla pogłębiania wiedzy o Wszechświecie i dla wzrostu w sferze etycznej. Z zapałem i entuzjazmem pomagał ludziom stawać się coraz lepszymi i coraz bardziej oświeconymi.

Nic nie wzrusza nieba bardziej, jak śmierć astronoma!
Smuci się Księżyc, że go nie zobaczy na ścieżkach mknących gdzieś do teleskopów i smuci się Słońce, że go nie wzbudzi o świcie.
Przykro Marsowi, że nie kwitnie życiem i Wenus smutno, że go nie rozmarzy.
Łzy puści kometa, z którą jest po imieniu, a nawet Saturn, co w każdym swym pierścieniu, gromadzić dalej chciałby jego myśli złote.
Rozpływa się w żalu cała Droga Mleczna i łezkę roni zacna Andromeda.
Galaktyki Jagiellońskie, spowite w swe szaty pyłowe, swój głęboki smutek kumulują w sobie.
Wszechświat też cały, co sam może nie świadom jest granic swojego rozwoju, pewnie smuci się także, jeśli liczył na to, że nasz Konrad w nieskończoność go będzie badać i przybliżać światu.
I my wszyscy, też dzieci Wszechświata, smucimy się bardzo tym odejściem Brata.

(*Bogdan Wszołek*)



Konrad Maria Paweł Rudnicki

ASTRONOM, TEOLOG, FILOZOF

Minister generalny Zgromadzenia Mariawitów, emerytowany profesor zwyczajny Uniwersytetu Jagiellońskiego, profesor zwyczajny Wyższej Szkoły Środowiska w Bydgoszczy, były pracownik: Uniwersytetu Warszawskiego, Mariawickiego Seminarium Duchownego w Płocku i California Institute of Technology w Pasadenie, współpracownik: Mathematisch Physiklisches Instytut w Dornach, Chrześcijańskiej Akademii Teologicznej w Warszawie oraz Rice University w Houston, członek Wolnej Europejskiej Akademii Nauk, Międzynarodowej Unii Astronomicznej, Powszechnego Towarzystwa Antropozoficznego, duszpasterz w Mińsku Mazowieckim, Łowiczu, Warszawie, Pasadenie, Sosnowcu, Houston i Krakowie. Partyzant Gwardii Ludowej i Armii Ludowej odznaczony odznaczeniami wojennymi i cywilnymi, krajowymi oraz zagranicznymi w tym medalem Jad Waszem i honorowym obywatelstwem Państwa Izrael.

Zmarł dnia 12 listopada 2013 roku

w 88 roku życia i 55 roku kapłaństwa

Obrzęd pogrzebowy na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie

dnia 19.XI.2013 o godzinie 13^{00}.

żona, synowie, synowe, wnuki, wnuczki, prawnuki i prawnuczki

Słowo wstępne

Astronomia będąc najstarszą nauką przyrodniczą bynajmniej nie przestaje być aktualna dzisiaj. Jest najszybciej rozwijającą się dziedziną wiedzy, a rozumienie jej osiągnięć wymaga coraz częściej odpowiedniego przygotowania. Ludzie przejawiają zainteresowanie wieloma sprawami z dziedziny astronomii w sposób naturalny. Na podstawie tych zainteresowań można skutecznie pociągnąć młodych ludzi ku studiowaniu zarówno nauk ścisłych, jak i humanistycznych. Wiedza o dawnych i dzisiejszych zdobyczach astronomii jest szeroko dostępna, ale społeczna jej przyswajalność jest niewielka. Braki edukacyjne w dziedzinie astronomii, niezależnie od tego co je powoduje, świadczą o zaniedbaniach ze strony środowisk kulturotwórczych. Coroczne wydawanie Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego ma zaniedbania takie umniejszać.

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny jest adresowany zarówno do osób, które w swojej praktyce zawodowej potrzebują ścisłej informacji odnośnie niektórych zdarzeń astronomicznych, jak również do nauczycieli pragnących lepiej orientować się, co do terminu i charakteru zachodzących na niebie zjawisk. Przede wszystkim jednak jest tworzony z myślą o miłośnikach astronomii.

W części pierwszej kalendarza czytelnik znajdzie wiele informacji szczegółowych, dotyczących różnych zjawisk astronomicznych, oraz informacje o konkursach i konferencjach astronomicznych w roku 2014. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Zawiera 12 artykułów, w tym kronikę zdarzeń o wydźwięku astronomicznym i astronautycznym za rok 2013 oraz relacje ważniejszych wydarzeń, w których uczestniczyli członkowie Astronomii Novej lub częstochowscy miłośnicy astronomii. Część trzecia zawiera 6 przyczynków popularnonaukowych. Część czwarta zawiera 15 przyczynków naukowych, prezentowanych podczas V Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova", która odbyła się w maju 2013 roku w Częstochowie oraz sprawozdanie z konferencji Meet The Space, jaka odbyła się w grudniu 2013 w Krakowie.

Bogdan Wszołek

* * *

W obliczeniach wykorzystujących położenie geograficzne Częstochowy przyjęto, że długość i szerokość geograficzna wynoszą odpowiednio:

$$\lambda = \text{E } 19^\circ\, 7' = -\,1^h 16^m 28^s \quad \text{i} \quad \varphi = \text{N } 50^\circ\, 49' = +50^\circ.8166(6)$$

natomiast **strefa czasowa = UT +1^h**

Uwaga: W okresie obowiązywania w Polsce czasu letniego (wschodnioeuropejskiego) czasy urzędowe podane w tabelach 1, 2 i 3 są zaniżone o jedną godzinę w stosunku do tego, co pokazują zegarki.

Czas letni w roku 2014 obowiązuje od 30 marca do 25 października

"Wszystko ma swój czas i jest wyznaczona godzina na wszystkie sprawy pod niebem"
(Eklezjasta 3,1)

Kalendarz na rok 2014

W kolumnach podano: dzień miesiąca (DM), dzień tygodnia (DT), kolejny dzień roku (DR) oraz uwagi.

Styczeń

Drogi, którymi ludzie dochodzą do poznania niebios, wydają mi się nie mniej godne podziwu niźli same niebiosa

Johannes Kepler

DM	DT	DR	**Uwagi** (Zjawiska/święta/rocznice/zdarzenia) godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT)
1	środa	1	Nów Księżyca (11), Pluton w koniunkcji ze Słońcem (19), Księżyc w perygeum (21)
2	czwartek	2	
3	piątek	3	
4	sobota	4	Ziemia w peryhelium (12)
5	niedziela	5	Neptun 5º S od Księżyca (2), opozycja Jowisza (21)
6	poniedziałek	6	
7	wtorek	7	Uran 3º S od Księżyca (12)
8	środa	8	Pierwsza kwadra Księżyca (4)
9	czwartek	9	
10	piątek	10	
11	sobota	11	Dolna koniunkcja Wenus (12)
12	niedziela	12	
13	poniedziałek	13	
14	wtorek	14	
15	środa	15	Jowisz 5º N od Księżyca (6)
16	czwartek	16	Księżyc w apogeum (2), pełnia Księżyca (5)
17	piątek	17	
18	sobota	18	
19	niedziela	19	
20	poniedziałek	20	
21	wtorek	21	
22	środa	22	
23	czwartek	23	Mars 4º N od Księżyca (6)
24	piątek	24	Ostatnia kwadra Księżyca (5)
25	sobota	25	Saturn 0º.6 N od Księżyca (14)
26	niedziela	26	
27	poniedziałek	27	
28	wtorek	28	Mars 5º N od Spiki (20)
29	środa	29	Wenus 2º N od Księżyca (3)
30	czwartek	30	Księżyc w perygeum (10), nów Księżyca (22)
31	piątek	31	Maksymalna (18º E) elongacja Merkurego (10)

Luty

Więcej cenię znalezienie choćby drobnej prawdy, niż długie rozważania nad najdonioślejszymi zagadnieniami bez dotarcia do żadnej prawdy

Galileusz

DM	DT	DR	Uwagi
1	sobota	32	Merkury 4º S od Księżyca (7), Neptun 5º S od Księżyca (14)
2	niedziela	33	
3	poniedziałek	34	Uran 3º S od Księżyca (23)
4	wtorek	35	
5	środa	36	
6	czwartek	37	Pierwsza kwadra Księżyca (19)
7	piątek	38	
8	sobota	39	
9	niedziela	40	
10	poniedziałek	41	
11	wtorek	42	Jowisz 5º N od Księżyca (6)
12	środa	43	Księżyc w apogeum (5)
13	czwartek	44	
14	piątek	45	Pełnia Księżyca (24)
15	sobota	46	Największa iluminacja Wenus (9), dolna koniunkcja Merkurego (20)
16	niedziela	47	
17	poniedziałek	48	
18	wtorek	49	
19	środa	50	
20	czwartek	51	Mars 3º N od Księżyca (0)
21	piątek	52	Saturn 0º.3 N od Księżyca (22)
22	sobota	53	Ostatnia kwadra Księżyca (17)
23	niedziela	54	Neptun w koniunkcji ze Słońcem (18)
24	poniedziałek	55	
25	wtorek	56	
26	środa	57	Wenus 0º.4 S od Księżyca (5)
27	czwartek	58	Księżyc w perygeum (20), Merkury 3º S od Księżyca (21)
28	piątek	59	

Marzec

Przetrwanie gatunku ludzkiego zależy od jego zdolności do odkrywania nowych miejsc zamieszkania we Wszechświecie

Stephen Hawking

DM	DT	DR	Uwagi
1	sobota	60	Nów Księżyca (8)
2	niedziela	61	
3	poniedziałek	62	Uran 2º S od Księżyca (11)
4	wtorek	63	
5	środa	64	***Popielec***
6	czwartek	65	
7	piątek	66	
8	sobota	67	Pierwsza kwadra Księżyca (13)
9	niedziela	68	
10	poniedziałek	69	Jowisz 5º N od Księżyca (11)
11	wtorek	70	Księżyc w apogeum (20)
12	środa	71	
13	czwartek	72	
14	piątek	73	Maksymalna (28º W) elongacja Merkurego (7)
15	sobota	74	
16	niedziela	75	Pełnia Księżyca (17)
17	poniedziałek	76	
18	wtorek	77	
19	środa	78	Mars 3º N od Księżyca (3)
20	czwartek	79	Początek wiosny astronomicznej (16:57)
21	piątek	80	Saturn 0º.2 N od Księżyca (3)
22	sobota	81	Merkury 1º.2 S od Neptuna (12), maksymalna (47º W) elongacja Wenus (20)
23	niedziela	82	
24	poniedziałek	83	Ostatnia kwadra Księżyca (2)
25	wtorek	84	
26	środa	85	
27	czwartek	86	Wenus 4º S od Księżyca (10), Księżyc w perygeum (19)
28	piątek	87	Neptun 5º S od Księżyca (14)
29	sobota	88	Merkury 6º S od Księżyca (5)
30	niedziela	89	Nów Księżyca (19)
31	poniedziałek	90	Mars 5º N od Spiki (4)

Kwiecień

Mógłbym przemierzać kosmos bez końca

Jurij Gagarin

DM	DT	DR	Uwagi
1	wtorek	91	***Niedziela palmowa***
2	środa	92	Uran w koniunkcji ze Słońcem (7)
3	czwartek	93	
4	piątek	94	
5	sobota	95	
6	niedziela	96	Jowisz 5º N od Księżyca (23)
7	poniedziałek	97	Pierwsza kwadra Księżyca (9)
8	wtorek	98	Księżyc w apogeum (15), opozycja Marsa (21)
9	środa	99	
10	czwartek	100	
11	piątek	101	Juno w koniunkcji ze Słońcem (7)
12	sobota	102	Wenus 0º.7 N od Neptuna (8)
13	niedziela	103	Opozycja Westy (12)
14	poniedziałek	104	Mars 3º N od Księżyca (18)
15	wtorek	105	Opozycja Ceresa (6), pełnia Księżyca (8), zaćmienie Księżyca
16	środa	106	
17	czwartek	107	Saturn 0º.4 N od Księżyca (7)
18	piątek	108	
19	sobota	109	
20	niedziela	110	***Wielkanoc***
21	poniedziałek	111	
22	wtorek	112	Ostatnia kwadra Księżyca (8)
23	środa	113	Księżyc w perygeum (0)
24	czwartek	114	Neptun 5º S od Księżyca (22)
25	piątek	115	Wenus 4º S od Księżyca (23)
26	sobota	116	Górna koniunkcja Merkurego (3)
27	niedziela	117	Uran 2º S od Księżyca (11)
28	poniedziałek	118	
29	wtorek	119	Nów Księżyca (6), zaćmienie Słońca
30	środa	120	

Maj

Astronomia muzyką inteligencji

Juliusz Słowacki

DM	DT	DR	Uwagi
1	czwartek	121	
2	piątek	122	
3	sobota	123	
4	niedziela	124	Jowisz 5º N od Księżyca (14)
5	poniedziałek	125	
6	wtorek	126	Księżyc w apogeum (10)
7	środa	127	Pierwsza kwadra Księżyca (3)
8	czwartek	128	
9	piątek	129	
10	sobota	130	Opozycja Saturna (18)
11	niedziela	131	Mars 3º N od Księżyca (14)
12	poniedziałek	132	
13	wtorek	133	Merkury 8º N od Aldebarana (16)
14	środa	134	Saturn 0º.6 N od Księżyca (12), pełnia Księżyca (19)
15	czwartek	135	Wenus 1º.3 S od Urana (13)
16	piątek	136	
17	sobota	137	
18	niedziela	138	Księżyc w perygeum (12)
19	poniedziałek	139	
20	wtorek	140	
21	środa	141	Ostatnia kwadra Księżyca (13)
22	czwartek	142	Neptun 5º S od Księżyca (4)
23	piątek	143	
24	sobota	144	Uran 1º.9 S od Księżyca (20)
25	niedziela	145	Maksymalna (23º E) elongacja Merkurego (7), Wenus 2º S od Księżyca (16)
26	poniedziałek	146	
27	wtorek	147	
28	środa	148	Nów Księżyca (19)
29	czwartek	149	
30	piątek	150	Merkury 6º N od Księżyca (16)
31	sobota	151	

Czerwiec

Praca naukowa formą oddawania czci Bogu

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	niedziela	152	Jowisz 6º N od Księżyca (8)
2	poniedziałek	153	
3	wtorek	154	Księżyc w apogeum (4)
4	środa	155	
5	czwartek	156	Pierwsza kwadra Księżyca (21)
6	piątek	157	
7	sobota	158	
8	niedziela	159	Mars 1º.6 N od Księżyca (1)
9	poniedziałek	160	
10	wtorek	161	Saturn 0º.6 N od Księżyca (19)
11	środa	162	
12	czwartek	163	
13	piątek	164	Pełnia Księżyca (4)
14	sobota	165	
15	niedziela	166	Księżyc w perygeum (3)
16	poniedziałek	167	
17	wtorek	168	
18	środa	169	Neptun 5º S od Księżyca (10)
19	czwartek	170	Ostatnia kwadra Księżyca (19), dolna koniunkcja Merkurego (23) Boże Ciało
20	piątek	171	Początek astronomicznego lata (23:09)
21	sobota	172	Uran 1º.6 S od Księżyca (3), początek astronomicznego lata (10:51), Jowisz 6º S od Polluxa (12)
22	niedziela	173	
23	poniedziałek	174	
24	wtorek	175	Wenus 1º.3 N od Księżyca (13)
25	środa	176	
26	czwartek	177	
27	piątek	178	Nów Księżyca (8)
28	sobota	179	
29	niedziela	180	Jowisz 5º N od Księżyca (3)
30	poniedziałek	181	Księżyc w apogeum (19)

Lipiec

Zdecydowaliśmy się […] dokonać [tych] rzeczy nie dlatego, że są łatwe, ale właśnie dlatego, że są trudne [...]

John F. Kennedy

DM	DT	DR	Uwagi
1	wtorek	182	
2	środa	183	Wenus 4º N od Aldebarana (10)
3	czwartek	184	
4	piątek	185	Ziemia w aphelium (0), opozycja Plutona (8)
5	sobota	186	Pierwsza kwadra Księżyca (12)
6	niedziela	187	Mars 0º.2 S od Księżyca (1)
7	poniedziałek	188	
8	wtorek	189	Saturn 0º.4 N od Księżyca (2)
9	środa	190	
10	czwartek	191	
11	piątek	192	
12	sobota	193	Pełnia Księżyca (11), maksymalna (21º W) elongacja Merkurego (18) Mars 1º.4 N od Spiki (23)
13	niedziela	194	Księżyc w perygeum (8)
14	poniedziałek	195	
15	wtorek	196	Neptun 5º S od Księżyca (17)
16	środa	197	
17	czwartek	198	
18	piątek	199	Uran 1º.4 S od Księżyca (10)
19	sobota	200	Ostatnia kwadra Księżyca (2)
20	niedziela	201	
21	poniedziałek	202	
22	wtorek	203	
23	środa	204	
24	czwartek	205	Wenus 4º N od Księżyca (18), Jowisz w koniunkcji ze Słońcem (21)
25	piątek	206	
26	sobota	207	Nów Księżyca (23)
27	niedziela	208	
28	poniedziałek	209	Księżyc w apogeum (3)
29	wtorek	210	Merkury 6º S od Polluxa (5)
30	środa	211	
31	czwartek	212	

Sierpień

Niebiosa opowiadają chwałę Boga, a dzieła rąk Jego oznajmia firmament

Ps . 19.

DM	DT	DR	Uwagi
1	piątek	213	
2	sobota	214	
3	niedziela	215	Mars 2º S od Księżyca (10)
4	poniedziałek	216	Pierwsza kwadra Księżyca (1), Saturn 0º.07 N od Księżyca (11)
5	wtorek	217	
6	środa	218	
7	czwartek	219	Wenus 7º S od Polluxa (21)
8	piątek	220	Górna koniunkcja Merkurego (16)
9	sobota	221	
10	niedziela	222	Pełnia Księżyca (18), Księżyc w perygeum (18)
11	poniedziałek	223	
12	wtorek	224	Neptun 5º S od Księżyca (2)
13	środa	225	
14	czwartek	226	Uran 1º.2 S od Księżyca (17)
15	piątek	227	
16	sobota	228	
17	niedziela	229	Ostatnia kwadra Księżyca (12)
18	poniedziałek	230	Wenus 0º.2 N od Jowisza (4)
19	wtorek	231	
20	środa	232	
21	czwartek	233	
22	piątek	234	
23	sobota	235	Jowisz 5º N od Księżyca (17)
24	niedziela	236	Księżyc w apogeum (6), Wenus 6º N od Księżyca (6)
25	poniedziałek	237	Nów Księżyca (14)
26	wtorek	238	
27	środa	239	Merkury 3º N od Księżyca (6), Mars 4º S od Saturna (13)
28	czwartek	240	
29	piątek	241	Opozycja Neptuna (15)
30	sobota	242	
31	niedziela	243	Saturn 0º.4 S od Księżyca (19)

Wrzesień

Żaden pesymista nigdy nie odkrył tajemnic gwiazd ...

ani nie żeglował po nieznanych wodach ...

ani nie otworzył przed człowiekiem nowego raju

Helen Keller

DM	DT	DR	Uwagi
1	poniedziałek	244	Mars 4º S od Księżyca (0)
2	wtorek	245	Pierwsza kwadra Księżyca (11)
3	środa	246	
4	czwartek	247	
5	piątek	248	Wenus 0º.8 N od Regulusa (12)
6	sobota	249	
7	niedziela	250	
8	poniedziałek	251	Księżyc w perygeum (4), Neptun 5º S od Księżyca (12)
9	wtorek	252	Pełnia Księżyca (2)
10	środa	253	
11	czwartek	254	Uran 1º.1 S od Księżyca (2)
12	piątek	255	
13	sobota	256	
14	niedziela	257	
15	poniedziałek	258	
16	wtorek	259	Ostatnia kwadra Księżyca (2)
17	środa	260	
18	czwartek	261	
19	piątek	262	
20	sobota	263	Jowisz 5º N od Księżyca (11), Księżyc w apogeum (14)
21	niedziela	264	Merkury 0º.6 S od Spiki (2), maksymalna (26º E) elongacja Merkurego (22)
22	poniedziałek	265	
23	wtorek	266	Początek astronomicznej jesieni (2:29)
24	środa	267	Nów Księżyca (6)
25	czwartek	268	
26	piątek	269	Merkury 4º S od Księżyca (10)
27	sobota	270	Mars 3º N od Antaresa (21)
28	niedziela	271	Ceres 0º.1 N od Księżyca (1), Saturn 0º.7 S od Księżyca (4), Westa 0º.5 S od Księżyca (15)
29	poniedziałek	272	Mars 6º S od Księżyca (17)
30	wtorek	273	

Październik

Poszukiwanie jest esencją ludzkiego ducha

Frank Borman

DM	DT	DR	Uwagi
1	środa	274	Pierwsza kwadra Księżyca (20)
2	czwartek	275	
3	piątek	276	
4	sobota	277	
5	niedziela	278	Neptun 5º S od Księżyca (21)
6	poniedziałek	279	Księżyc w perygeum (10)
7	wtorek	280	Opozycja Urana (21)
8	środa	281	Pełnia Księżyca (11), zaćmienie Księżyca, Uran 1º.2 S od Księżyca (11)
9	czwartek	282	
10	piątek	283	
11	sobota	284	
12	niedziela	285	
13	poniedziałek	286	
14	wtorek	287	
15	środa	288	Ostatnia kwadra Księżyca (19)
16	czwartek	289	Dolna koniunkcja Merkurego (21)
17	piątek	290	
18	sobota	291	Jowisz 5º N od Księżyca (4), Księżyc w apogeum (6)
19	niedziela	292	
20	poniedziałek	293	
21	wtorek	294	
22	środa	295	
23	czwartek	296	Nów Księżyca (22), zaćmienie Słońca
24	piątek	297	
25	sobota	298	Górna koniunkcja Wenus (8), Saturn 1º S od Księżyca (16)
26	niedziela	299	Pallas w koniunkcji ze Słońcem (16)
27	poniedziałek	300	
28	wtorek	301	Mars 7º S od Księżyca (13)
29	środa	302	
30	czwartek	303	
31	piątek	304	Pierwsza kwadra Księżyca (3)

Listopad

Kres jest tak niewidzialny, jak początek.
Wszechświat wyłonił się ze Słowa i do Słowa powraca

Jan Paweł II

Jesteśmy wezwani, by stojąc na ziemi, wpatrywać się w niebo. Czy ziemia, na której stoimy, jest naszym ostatecznym przeznaczeniem?

Benedykt XVI

DM	DT	DR	Uwagi
1	sobota	305	Maksymalna (19º W) elongacja Merkurego (13)
2	niedziela	306	Neptun 5º S od Księżyca (4)
3	poniedziałek	307	Księżyc w perygeum (0), Merkury 5º N od Spiki (6)
4	wtorek	308	Uran 1º.3 S od Księżyca (18)
5	środa	309	
6	czwartek	310	Pełnia Księżyca (23)
7	piątek	311	
8	sobota	312	Górna koniunkcja Merkurego (10)
9	niedziela	313	
10	poniedziałek	314	
11	wtorek	315	
12	środa	316	
13	czwartek	317	
14	piątek	318	Ostatnia kwadra Księżyca (15), Jowisz 5º N od Księżyca (18)
15	sobota	319	Księżyc w apogeum (2)
16	niedziela	320	
17	poniedziałek	321	
18	wtorek	322	Saturn w koniunkcji ze Słońcem (9)
19	środa	323	
20	czwartek	324	
21	piątek	325	
22	sobota	326	Nów Księżyca (13)
23	niedziela	327	
24	poniedziałek	328	
25	wtorek	329	
26	środa	330	Mars 7º S od Księżyca (10)
27	czwartek	331	Księżyc w perygeum (23)
28	piątek	332	
29	sobota	333	Neptun 4º S od Księżyca (9), pierwsza kwadra Księżyca (10)
30	niedziela	334	

Grudzień

Ziemia jest kolebką ludzkości, lecz nikt nie pozostaje w kolebce na zawsze
Konstanty Ciołkowski

Nie podążaj gdzie wiedzie ścieżka;
idź własną drogą i pozostaw ślad

R. Zaphiropoulos

DM	DT	DR	Uwagi
1	poniedziałek	335	
2	wtorek	336	Uran 1º.2 S od Księżyca (0)
3	środa	337	
4	czwartek	338	Jowisz 5º N od Księżyca (4)
5	piątek	339	
6	sobota	340	Pełnia Księżyca (12)
7	niedziela	341	
8	poniedziałek	342	
9	wtorek	343	
10	środa	344	Ceres w koniunkcji ze Słońcem (0)
11	czwartek	345	
12	piątek	346	Księżyc w apogeum (23)
13	sobota	347	
14	niedziela	348	Ostatnia kwadra Księżyca (13)
15	poniedziałek	349	
16	wtorek	350	
17	środa	351	
18	czwartek	352	
19	piątek	353	Saturn 1º.5 S od Księżyca (21)
20	sobota	354	
21	niedziela	355	Początek astronomicznej zimy (23:03)
22	poniedziałek	356	Nów Księżyca (2)
23	wtorek	357	
24	środa	358	Księżyc w perygeum (17)
25	czwartek	359	Mars 6º S od Księżyca (8) ***Boże Narodzenie***
26	piątek	360	Neptun 4º S od Księżyca (15)
27	sobota	361	
28	niedziela	362	Pierwsza kwadra Księżyca (19)
29	poniedziałek	363	Uran 1º S od Księżyca (5)
30	wtorek	364	
31	środa	365	

W roku 2014

W nawiasach po dacie podano czas uniwersalny (UT) występowania zjawiska w okrągłych godzinach bądź w godzinach i minutach.

Ziemia w peryhelium: 4 styczeń (12)
Ziemia w aphelium: 4 lipiec (00)

Początek astronomicznej wiosny:	20 marzec (16:57)
Początek astronomicznego lata:	21 czerwiec (10:51)
Początek astronomicznej jesieni:	23 wrzesień (02:29)
Początek astronomicznej zimy:	21 grudzień (23:03)

Data juliańska (JD) = 2456657.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT
(d - kolejny dzień roku)

1 średnia doba słoneczna = 1.00273790935 średnich dób gwiazdowych
= $24^h03^m56^s.55537$ średniego czasu gwiazdowego
1 średnia doba gwiazdowa = 0.99726956633 średnich dób słonecznych
= $23^h56^m04^s.09053$ średniego czasu słonecznego

Średnie nachylenie ekliptyki do równika niebieskiego
$(\varepsilon) = 23^\circ.438109 - 0.00000036d$ (d - dzień roku)

Rok zwrotnikowy	$= 365^d.242190$	$= 365^d\ 05^h\ 48^m\ 45^s.\ 2$
Rok gwiazdowy	$= 365^d.256363$	$= 365^d\ 06^h\ 09^m\ 09^s.\ 8$
Rok anomalistyczny	$= 365^d.259636$	$= 365^d\ 06^h\ 13^m\ 52^s.\ 6$
Rok zaćmieniowy	$= 346^d.620080$	$= 346^d\ 14^h\ 52^m\ 54^s.\ 9$

Miesiąc synodyczny	$= 29^d.530589$	$= 29^d\ 12^h\ 44^m\ 02^s.\ 9$
Miesiąc gwiazdowy	$= 27^d.321662$	$= 27^d\ 07^h\ 43^m\ 11^s.\ 6$
Miesiąc anomalistyczny	$= 27^d.554550$	$= 27^d\ 13^h\ 18^m\ 33^s.\ 1$
Miesiąc smoczy	$= 27^d.212221$	$= 27^d\ 05^h\ 05^m\ 35^s.\ 9$

Prędkość kątowa ruchu wirowego Ziemi (ω) = 7.292115×10^{-5} rad s^{-1}

Zaćmienia:

15 IV	całkowite zaćmienie Księżyca (zachodnia Afryka, wschodnia Europa, Pd. i Pn. Ameryka, Australia, Wsch. Azja)
29 IV	obrączkowe zaćmienie Słońca (Antarktyda, Australia)
8 X	całkowite zaćmienie Księżyca (Ameryka Pd. i Pn., Australia, Azja)
23 X	częściowe zaćmienie Słońca (Pn Ameryka, Wsch. Rosja)

VI Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Częstochowa, 9-10 maja 2014

Organizatorzy:

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Stowarzyszenie Astronomia Nova

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszołek (IF AJD, AN)
Dr Agata Kołodziejczyk (INOŚ UJ, AN)
Dr Agnieszka Kuźmicz (OA UJ, AN)

Zapraszamy zwłaszcza młodych uczonych (magistrantów, doktorantów) do udziału w konferencji i zaprezentowania wyników swoich pierwszych zmagań na polu nauki w zakresie astronomii, astrofizyki, astronautyki oraz dziedzin pokrewnych.

Nie będzie pobierana żadna opłata konferencyjna. Prosi się instytucje macierzyste uczestników konferencji o pokrycie kosztów ich udziału w ramach delegacji. Sugerowany czas na wygłoszenie referatu wynosi 10 minut. Przyczynki zostaną opublikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2015.

Konferencja odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (Al. Armii Krajowej 13/15). Zgłoszenia udziału, wraz z tematem, rodzajem (referat/plakat) i krótkim abstraktem przyczynku, prosimy kierować na jeden z poniższych adresów do dnia **20 kwietnia** 2014 roku.

Dr Bogdan Wszołek IF AJD Al. Armii Krajowej 13/15 42-200 Częstochowa bogdan@ajd.czest.pl bogdan.wszolek@gmail.com	Dr Agnieszka Kuźmicz agn.kuzmicz@gmail.com Dr Agata Kołodziejczyk fichbio@gmail.com

Konkurs URANIA

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Instytut Fizyki AJD w Częstochowie organizują w roku 2014

XI Ogólnopolski Konkurs Astronomiczny "URANIA"
dla młodzieży z gimnazjów i ze szkół ponadgimnazjalnych.

Konkurs jest 2-etapowy. W etapie I uczniowie rozwiązują co najmniej dwa spośród zawartych w zestawie zadań o tematyce astronomicznej. Rozwiązania I etapu (parafowane pieczęcią szkoły, do której uczęszcza uczeń) należy dostarczyć do **30 kwietnia 2014** na adres:

Dr Bogdan Wszołek, IF AJD, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa

II etap konkursu (dla wszystkich, którzy nadesłali zadania etapu I) zostanie przeprowadzony w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie w dniu **9.06.2014 o godzinie 12**. Uczniowie będą rozwiązywać test wielokrotnego wyboru. O zwycięstwie decyduje suma punktów zdobytych w obu etapach. Zwycięscy konkursu otrzymają dyplomy i nagrody.

Zestaw zadań do wykonania w ramach etapu I:

(Potrzebne dane pobrać z odpowiednich źródeł)

1. Posługując się wymyśloną przez siebie metodą zmierzyć średnicę kątową Księżyca. Opisać metodę oraz podać datę i miejsce przeprowadzenia pomiaru.
2. Obliczyć I prędkość kosmiczną z powierzchni jednorodnej kuli o promieniu 50 km i gęstości $2 g/cm^3$.
3. Obliczyć minimalną i maksymalną odległość Ziemi od Słońca.
4. Wykonać fotografię dowolnego ciała niebieskiego na nocnym niebie.
5. Wyznaczyć rozmiar kątowy Wielkiego Wozu. Opisać sposób wyznaczania.

Do etapu II należy znać: elementarne pojęcia astronomii sferycznej, prawa Keplera, charakterystyki planet Układu Słonecznego oraz Słońca i Księżyca, zasadę działania lunety astronomicznej, diagram Hertzsprunga–Russella, prawo Hubble'a. Przydatne mogą być również artykuły zawarte w ostatnich numerach czasopisma *Urania–Postępy Astronomii* oraz w *Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym*.

Propozycje literaturowe:

Zeszyty *Uranii–P A* na rok 2013 i 2014.
J.Kreiner, *Astronomia z astrofizyką*, PWN, 1988.
K.Rudnicki, *Astronomia*, dawniejszy podręcznik dla klas maturalnych, WSiP (wiele wydań).
B.Wszołek, *Wprowadzenie do astronomii*, Wyd. AJD w Częstochowie, 2005.
B.Wszołek (red.), *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny*
(wersje elektroniczne trzech ostatnich pozycji są do pobrania ze strony: **www.ptma.ajd.czest.pl**)

IV Międzynarodowy Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”

Stowarzyszenie Astronomia Nova i Instytut Fizyki AJD w Częstochowie zapraszają do udziału w konkursie artystycznym o tematyce astronomicznej. W konkursie mogą wziąć udział wszyscy zainteresowani, a zwłaszcza młodzież szkolna i akademicka. Na konkurs można przysyłać wszelkie prace artystyczne o wydźwięku astronomicznym. Mogą to być utwory plastyczne, muzyczne, filmowe, literackie i inne. Mile widziane instalacje i wytwory modelarskie. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się prace zbiorowe. Sugeruje się, aby w szkołach przeprowadzić wstępną selekcję prac uczniów i tylko najlepsze wysłać na konkurs. Radzimy również by unikać kłopotliwych dużych formatów prac (problemy z przesyłką i ekspozycją). Dla prac plastycznych optymalnym formatem jest A3. Prace powinny być czytelnie opisane. Na widocznym miejscu i trwale: imię i nazwisko autora (np. w prawych dolnych rogach obrazków), na odwrocie pracy czytelnie (najlepiej na dobrze przyklejonej drukowanej karteczce): imię, nazwisko, adres (e-mail, telefon) oraz wiek autora, imię i nazwisko opiekuna (jeśli jest), szkoła (w przypadku prac szkolnych).

Prace należy dostarczyć **do końca kwietnia 2014** roku na adres:

Bogdan Wszołek
Al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4001
42-200 Częstochowa
E–mail: bogdan@ajd.czest.pl
tel. 518-043-166

Oficjalne ogłoszenie wyników konkursu, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się **9 czerwca 2014** roku o godzinie 15:00 w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie (Al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4004). Wszystkich uczestników konkursu prosimy o przybycie, w szczególności tych, którzy zajęli czołowe miejsca. Nieoficjalne ogłoszenie wyników nastąpi dwa tygodnie wcześniej na stronie internetowej: www.astronomianova.org, tak by zainteresowani (zwłaszcza spoza Częstochowy) zdążyli zaplanować sobie podróż.

Organizatorzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i przy braku sprzeciwu autorów zostaną wykorzystane dla realizacji różnorakich celów propagujących astronomię w społeczeństwie. Nie gwarantuje się wydania dyplomów i nagród osobom, które zgłoszą się po odbiór po 9 czerwca. W przypadku niemożności osobistego udziału w uroczystości ogłoszenia wyników należy wysłać kogoś w zastępstwie (członek rodziny, kolega).

Wyniki poprzedniej edycji konkursu są zamieszczone na wskazanej wyżej stronie internetowej.

III Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie zapraszają do udziału w konkursie astrofotograficznym.

Prace, w postaci gotowej do wystawienia, tj. w wersji papierowej, wraz ze szczegółowym opisem dotyczącym sposobu wykonania zdjęcia oraz z danymi autora (imię i nazwisko, kontakt), należy przesłać **do końca października 2014** roku na adres:

Bogdan Wszołek
Al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4001, 42-200 Częstochowa
E-mail: bogdan@ajd.czest.pl

Organizatorzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i za zgodą autorów zostaną wykorzystane dla realizacji różnorakich celów propagujących astronomię w społeczeństwie.

Ogłoszenie wyników połączone z wręczaniem dyplomów i nagród odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie w dniu 14 listopada 2014 o godzinie 17:00.

Informacje o konkursie są zamieszczone na stronie:
www.astronomianova.org

Zdjęcie fragmentu Drogi Mlecznej nadesłane na II Konkurs Astrofotografii.
(*fot. Paweł Górka*)

Zdjęcie mgławicy międzygwiazdowej nadesłane na II Konkurs Astrofotografii.
(*fot. Paweł Górka*)

Tabele astronomiczne

Tabela 1. Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie. W kolumnach podano środkowoeuropejskie czasy występowania zjawisk w godzinach i minutach. Dodatkowo, w nawiasach, podano w stopniach azymuty (a) wschodzącego i zachodzącego Słońca oraz wysokość Słońca w czasie górowania. Azymut podano zgodnie z konwencją liczenia go od punktu kardynalnego horyzontu N w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara.

	wschód	**górowanie**	**zachód**
	h m °	h m °	h m °
Styczeń			
1	7 46 (127)	11 47 (s16)	15 48 (233)
2	7 46 (127)	11 48 (s16)	15 50 (233)
3	7 46 (127)	11 48 (s16)	15 51 (233)
4	7 45 (126)	11 48 (s17)	15 52 (234)
5	7 45 (126)	11 49 (s17)	15 53 (234)
6	7 45 (126)	11 49 (s17)	15 54 (234)
7	7 44 (126)	11 50 (s17)	15 55 (234)
8	7 44 (126)	11 50 (s17)	15 57 (235)
9	7 44 (125)	11 51 (s17)	15 58 (235)
10	7 43 (125)	11 51 (s17)	15 59 (235)
11	7 42 (125)	11 51 (s17)	16 01 (235)
12	7 42 (124)	11 52 (s18)	16 02 (236)
13	7 41 (124)	11 52 (s18)	16 04 (236)
14	7 40 (124)	11 53 (s18)	16 05 (236)
15	7 40 (124)	11 53 (s18)	16 07 (237)
16	7 39 (123)	11 53 (s18)	16 08 (237)
17	7 38 (123)	11 54 (s19)	16 10 (237)
18	7 37 (123)	11 54 (s19)	16 11 (238)
19	7 36 (122)	11 54 (s19)	16 13 (238)
20	7 35 (122)	11 55 (s19)	16 14 (238)
21	7 34 (121)	11 55 (s19)	16 16 (239)
22	7 33 (121)	11 55 (s20)	16 18 (239)
23	7 32 (121)	11 55 (s20)	16 19 (240)
24	7 31 (120)	11 56 (s20)	16 21 (240)
25	7 29 (120)	11 56 (s20)	16 23 (240)
26	7 28 (119)	11 56 (s21)	16 24 (241)
27	7 27 (119)	11 56 (s21)	16 26 (241)
28	7 26 (118)	11 56 (s21)	16 28 (242)
29	7 24 (118)	11 57 (s21)	16 30 (242)
30	7 23 (118)	11 57 (s22)	16 31 (243)
31	7 21 (117)	11 57 (s22)	16 33 (243)

Luty			
1	7 20 (117)	11 57 (s22)	16 35 (244)
2	7 18 (116)	11 57 (s22)	16 37 (244)
3	7 17 (116)	11 57 (s23)	16 38 (245)
4	7 15 (115)	11 57 (s23)	16 40 (245)
5	7 14 (115)	11 58 (s23)	16 42 (246)
6	7 12 (114)	11 58 (s24)	16 44 (246)
7	7 10 (114)	11 58 (s24)	16 46 (247)
8	7 09 (113)	11 58 (s24)	16 47 (247)
9	7 07 (113)	11 58 (s25)	16 49 (248)
10	7 05 (112)	11 58 (s25)	16 51 (248)
11	7 03 (111)	11 58 (s25)	16 53 (249)
12	7 02 (111)	11 58 (s26)	16 55 (249)
13	7 00 (110)	11 58 (s26)	16 56 (250)
14	6 58 (110)	11 58 (s26)	16 58 (250)
15	6 56 (109)	11 58 (s27)	17 00 (251)
16	6 54 (109)	11 58 (s27)	17 02 (252)
17	6 52 (108)	11 58 (s27)	17 03 (252)
18	6 50 (108)	11 57 (s28)	17 05 (253)
19	6 49 (107)	11 57 (s28)	17 07 (253)
20	6 47 (106)	11 57 (s28)	17 09 (254)
21	6 45 (106)	11 57 (s29)	17 10 (254)
22	6 43 (105)	11 57 (s29)	17 12 (255)
23	6 41 (105)	11 57 (s29)	17 14 (256)
24	6 39 (104)	11 57 (s30)	17 16 (256)
25	6 37 (103)	11 57 (s30)	17 17 (257)
26	6 35 (103)	11 56 (s31)	17 19 (257)
27	6 32 (102)	11 56 (s31)	17 21 (258)
28	6 30 (102)	11 56 (s31)	17 23 (259)

Marzec

1	6 28 (101)	11 56 (s32)	17 24 (259)
2	6 26 (100)	11 56 (s32)	17 26 (260)
3	6 24 (100)	11 55 (s32)	17 28 (260)
4	6 22 (99)	11 55 (s33)	17 29 (261)
5	6 20 (99)	11 55 (s33)	17 31 (262)
6	6 18 (98)	11 55 (s34)	17 33 (262)
7	6 15 (97)	11 55 (s34)	17 35 (263)
8	6 13 (97)	11 54 (s34)	17 36 (264)
9	6 11 (96)	11 54 (s35)	17 38 (264)
10	6 09 (96)	11 54 (s35)	17 40 (265)
11	6 07 (95)	11 54 (s36)	17 41 (265)
12	6 05 (94)	11 53 (s36)	17 43 (266)
13	6 02 (94)	11 53 (s36)	17 45 (267)
14	6 00 (93)	11 53 (s37)	17 46 (267)
15	5 58 (92)	11 52 (s37)	17 48 (268)
16	5 56 (92)	11 52 (s38)	17 50 (269)
17	5 53 (91)	11 52 (s38)	17 51 (269)
18	5 51 (91)	11 52 (s38)	17 53 (270)
19	5 49 (90)	11 51 (s39)	17 55 (270)
20	5 47 (89)	11 51 (s39)	17 56 (271)
21	5 45 (89)	11 51 (s39)	17 58 (272)
22	5 42 (88)	11 50 (s40)	17 59 (272)
23	5 40 (87)	11 50 (s40)	18 01 (273)
24	5 38 (87)	11 50 (s41)	18 03 (274)
25	5 36 (86)	11 50 (s41)	18 04 (274)
26	5 33 (86)	11 49 (s41)	18 06 (275)
27	5 31 (85)	11 49 (s42)	18 08 (275)
28	5 29 (84)	11 49 (s42)	18 09 (276)
29	5 27 (84)	11 48 (s43)	18 11 (277)
30	5 24 (83)	11 48 (s43)	18 13 (277)
31	5 22 (82)	11 48 (s43)	18 14 (278)

Kwiecień

1	5 20 (82)	11 47 (s44)	18 16 (278)
2	5 18 (81)	11 47 (s44)	18 17 (279)
3	5 16 (81)	11 47 (s45)	18 19 (280)
4	5 13 (80)	11 47 (s45)	18 21 (280)
5	5 11 (79)	11 46 (s45)	18 22 (281)
6	5 09 (79)	11 46 (s46)	18 24 (282)
7	5 07 (78)	11 46 (s46)	18 26 (282)
8	5 05 (78)	11 45 (s46)	18 27 (283)
9	5 03 (77)	11 45 (s47)	18 29 (283)
10	5 00 (76)	11 45 (s47)	18 30 (284)
11	4 58 (76)	11 45 (s48)	18 32 (285)
12	4 56 (75)	11 44 (s48)	18 34 (285)
13	4 54 (75)	11 44 (s48)	18 35 (286)
14	4 52 (74)	11 44 (s49)	18 37 (286)
15	4 50 (73)	11 44 (s49)	18 39 (287)
16	4 48 (73)	11 43 (s49)	18 40 (287)
17	4 45 (72)	11 43 (s50)	18 42 (288)
18	4 43 (72)	11 43 (s50)	18 43 (289)
19	4 41 (71)	11 43 (s50)	18 45 (289)
20	4 39 (71)	11 42 (s51)	18 47 (290)
21	4 37 (70)	11 42 (s51)	18 48 (290)
22	4 35 (69)	11 42 (s51)	18 50 (291)
23	4 33 (69)	11 42 (s52)	18 52 (291)
24	4 31 (68)	11 42 (s52)	18 53 (292)
25	4 29 (68)	11 41 (s52)	18 55 (293)
26	4 27 (67)	11 41 (s53)	18 56 (293)
27	4 25 (67)	11 41 (s53)	18 58 (294)
28	4 24 (66)	11 41 (s53)	19 00 (294)
29	4 22 (66)	11 41 (s54)	19 01 (295)
30	4 20 (65)	11 41 (s54)	19 03 (295)

Maj

1	4 18 (65)	11 41 (s54)	19 04 (296)
2	4 16 (64)	11 41 (s55)	19 06 (296)
3	4 14 (64)	11 40 (s55)	19 08 (297)
4	4 13 (63)	11 40 (s55)	19 09 (297)
5	4 11 (63)	11 40 (s55)	19 11 (298)
6	4 09 (62)	11 40 (s56)	19 12 (298)
7	4 07 (62)	11 40 (s56)	19 14 (299)
8	4 06 (61)	11 40 (s56)	19 15 (299)
9	4 04 (61)	11 40 (s57)	19 17 (300)
10	4 02 (60)	11 40 (s57)	19 18 (300)
11	4 01 (60)	11 40 (s57)	19 20 (300)
12	3 59 (59)	11 40 (s57)	19 21 (301)
13	3 58 (59)	11 40 (s58)	19 23 (301)
14	3 56 (59)	11 40 (s58)	19 24 (302)
15	3 55 (58)	11 40 (s58)	19 26 (302)
16	3 53 (58)	11 40 (s58)	19 27 (303)
17	3 52 (57)	11 40 (s59)	19 29 (303)
18	3 51 (57)	11 40 (s59)	19 30 (303)
19	3 49 (56)	11 40 (s59)	19 32 (304)
20	3 48 (56)	11 40 (s59)	19 33 (304)
21	3 47 (56)	11 40 (s59)	19 34 (304)
22	3 46 (55)	11 40 (s60)	19 36 (305)
23	3 44 (55)	11 40 (s60)	19 37 (305)
24	3 43 (55)	11 40 (s60)	19 38 (306)
25	3 42 (54)	11 40 (s60)	19 39 (306)
26	3 41 (54)	11 41 (s60)	19 41 (306)
27	3 40 (54)	11 41 (s61)	19 42 (306)
28	3 39 (53)	11 41 (s61)	19 43 (307)
29	3 38 (53)	11 41 (s61)	19 44 (307)
30	3 37 (53)	11 41 (s61)	19 45 (307)
31	3 37 (53)	11 41 (s61)	19 47 (308)

Czerwiec

1	3 36 (52)	11 41 (s61)	19 48 (308)
2	3 35 (52)	11 42 (s61)	19 49 (308)
3	3 34 (52)	11 42 (s62)	19 50 (308)
4	3 34 (52)	11 42 (s62)	19 51 (309)
5	3 33 (51)	11 42 (s62)	19 52 (309)
6	3 32 (51)	11 42 (s62)	19 52 (309)
7	3 32 (51)	11 42 (s62)	19 53 (309)
8	3 31 (51)	11 43 (s62)	19 54 (309)
9	3 31 (51)	11 43 (s62)	19 55 (309)
10	3 31 (51)	11 43 (s62)	19 56 (310)
11	3 30 (50)	11 43 (s62)	19 56 (310)
12	3 30 (50)	11 43 (s62)	19 57 (310)
13	3 30 (50)	11 44 (s62)	19 58 (310)
14	3 30 (50)	11 44 (s62)	19 58 (310)
15	3 30 (50)	11 44 (s62)	19 59 (310)
16	3 30 (50)	11 44 (s63)	19 59 (310)
17	3 29 (50)	11 44 (s63)	19 59 (310)
18	3 30 (50)	11 45 (s63)	20 00 (310)
19	3 30 (50)	11 45 (s63)	20 00 (310)
20	3 30 (50)	11 45 (s63)	20 00 (310)
21	3 30 (50)	11 45 (s63)	20 01 (310)
22	3 30 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
23	3 30 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
24	3 31 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
25	3 31 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
26	3 32 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
27	3 32 (50)	11 47 (s62)	20 01 (310)
28	3 32 (50)	11 47 (s62)	20 01 (310)
29	3 33 (50)	11 47 (s62)	20 01 (310)
30	3 34 (50)	11 47 (s62)	20 00 (310)

Lipiec

1	3 34 (50)	11 47 (s62)	20 00 (310)
2	3 35 (50)	11 48 (s62)	20 00 (309)
3	3 36 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
4	3 36 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
5	3 37 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
6	3 38 (51)	11 48 (s62)	19 58 (309)
7	3 39 (51)	11 48 (s62)	19 57 (309)
8	3 40 (51)	11 49 (s62)	19 57 (308)
9	3 41 (52)	11 49 (s62)	19 56 (308)
10	3 42 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
11	3 43 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
12	3 44 (52)	11 49 (s61)	19 54 (307)
13	3 45 (53)	11 49 (s61)	19 53 (307)
14	3 46 (53)	11 49 (s61)	19 52 (307)
15	3 47 (53)	11 49 (s61)	19 51 (307)
16	3 48 (53)	11 50 (s61)	19 50 (306)
17	3 49 (54)	11 50 (s60)	19 49 (306)
18	3 51 (54)	11 50 (s60)	19 48 (306)
19	3 52 (54)	11 50 (s60)	19 47 (305)
20	3 53 (55)	11 50 (s60)	19 46 (305)
21	3 54 (55)	11 50 (s60)	19 45 (305)
22	3 56 (55)	11 50 (s59)	19 43 (304)
23	3 57 (56)	11 50 (s59)	19 42 (304)
24	3 58 (56)	11 50 (s59)	19 41 (304)
25	4 00 (57)	11 50 (s59)	19 40 (303)
26	4 01 (57)	11 50 (s59)	19 38 (303)
27	4 02 (57)	11 50 (s58)	19 37 (302)
28	4 04 (58)	11 50 (s58)	19 35 (302)
29	4 05 (58)	11 50 (s58)	19 34 (302)
30	4 07 (59)	11 50 (s58)	19 32 (301)
31	4 08 (59)	11 50 (s57)	19 31 (301)

Sierpień

1	4 10 (59)	11 50 (s57)	19 29 (300)
2	4 11 (60)	11 50 (s57)	19 28 (300)
3	4 13 (60)	11 50 (s57)	19 26 (299)
4	4 14 (61)	11 50 (s56)	19 24 (299)
5	4 15 (61)	11 50 (s56)	19 23 (298)
6	4 17 (62)	11 49 (s56)	19 21 (298)
7	4 18 (62)	11 49 (s56)	19 19 (297)
8	4 20 (63)	11 49 (s55)	19 17 (297)
9	4 21 (63)	11 49 (s55)	19 16 (297)
10	4 23 (64)	11 49 (s55)	19 14 (296)
11	4 25 (64)	11 49 (s54)	19 12 (296)
12	4 26 (65)	11 49 (s54)	19 10 (295)
13	4 28 (65)	11 48 (s54)	19 08 (294)
14	4 29 (66)	11 48 (s53)	19 06 (294)
15	4 31 (66)	11 48 (s53)	19 04 (293)
16	4 32 (67)	11 48 (s53)	19 02 (293)
17	4 34 (67)	11 48 (s53)	19 00 (292)
18	4 35 (68)	11 47 (s52)	18 58 (292)
19	4 37 (68)	11 47 (s52)	18 56 (291)
20	4 38 (69)	11 47 (s52)	18 54 (291)
21	4 40 (69)	11 47 (s51)	18 52 (290)
22	4 41 (70)	11 46 (s51)	18 50 (290)
23	4 43 (71)	11 46 (s51)	18 48 (289)
24	4 45 (71)	11 46 (s50)	18 46 (289)
25	4 46 (72)	11 46 (s50)	18 44 (288)
26	4 48 (72)	11 45 (s50)	18 42 (287)
27	4 49 (73)	11 45 (s49)	18 40 (287)
28	4 51 (73)	11 45 (s49)	18 38 (286)
29	4 52 (74)	11 45 (s48)	18 36 (286)
30	4 54 (75)	11 44 (s48)	18 34 (285)
31	4 55 (75)	11 44 (s48)	18 31 (285)

Wrzesień

1	4 57 (76)	11 44 (s47)	18 29 (284)
2	4 58 (76)	11 43 (s47)	18 27 (283)
3	5 00 (77)	11 43 (s47)	18 25 (283)
4	5 02 (77)	11 43 (s46)	18 23 (282)
5	5 03 (78)	11 42 (s46)	18 20 (282)
6	5 05 (79)	11 42 (s46)	18 18 (281)
7	5 06 (79)	11 42 (s45)	18 16 (280)
8	5 08 (80)	11 41 (s45)	18 14 (280)
9	5 09 (80)	11 41 (s44)	18 12 (279)
10	5 11 (81)	11 41 (s44)	18 09 (279)
11	5 12 (82)	11 40 (s44)	18 07 (278)
12	5 14 (82)	11 40 (s43)	18 05 (277)
13	5 15 (83)	11 39 (s43)	18 03 (277)
14	5 17 (84)	11 39 (s43)	18 00 (276)
15	5 19 (84)	11 39 (s42)	17 58 (276)
16	5 20 (85)	11 38 (s42)	17 56 (275)
17	5 22 (85)	11 38 (s41)	17 54 (274)
18	5 23 (86)	11 38 (s41)	17 51 (274)
19	5 25 (87)	11 37 (s41)	17 49 (273)
20	5 26 (87)	11 37 (s40)	17 47 (272)
21	5 28 (88)	11 37 (s40)	17 44 (272)
22	5 29 (88)	11 36 (s39)	17 42 (271)
23	5 31 (89)	11 36 (s39)	17 40 (271)
24	5 32 (90)	11 36 (s39)	17 38 (270)
25	5 34 (90)	11 35 (s38)	17 35 (269)
26	5 36 (91)	11 35 (s38)	17 33 (269)
27	5 37 (92)	11 35 (s37)	17 31 (268)
28	5 39 (92)	11 34 (s37)	17 29 (268)
29	5 40 (93)	11 34 (s37)	17 26 (267)
30	5 42 (93)	11 34 (s36)	17 24 (266)

Październik

1	5 44 (94)	11 33 (s36)	17 22 (266)
2	5 45 (95)	11 33 (s36)	17 20 (265)
3	5 47 (95)	11 33 (s35)	17 18 (265)
4	5 48 (96)	11 32 (s35)	17 15 (264)
5	5 50 (96)	11 32 (s34)	17 13 (263)
6	5 52 (97)	11 32 (s34)	17 11 (263)
7	5 53 (98)	11 31 (s34)	17 09 (262)
8	5 55 (98)	11 31 (s33)	17 07 (261)
9	5 56 (99)	11 31 (s33)	17 04 (261)
10	5 58 (99)	11 31 (s32)	17 02 (260)
11	6 00 (100)	11 30 (s32)	17 00 (260)
12	6 01 (101)	11 30 (s32)	16 58 (259)
13	6 03 (101)	11 30 (s31)	16 56 (258)
14	6 04 (102)	11 30 (s31)	16 54 (258)
15	6 06 (102)	11 29 (s31)	16 52 (257)
16	6 08 (103)	11 29 (s30)	16 50 (257)
17	6 09 (104)	11 29 (s30)	16 48 (256)
18	6 11 (104)	11 29 (s30)	16 45 (256)
19	6 13 (105)	11 29 (s29)	16 43 (255)
20	6 14 (105)	11 28 (s29)	16 41 (254)
21	6 16 (106)	11 28 (s28)	16 39 (254)
22	6 18 (107)	11 28 (s28)	16 37 (253)
23	6 20 (107)	11 28 (s28)	16 35 (253)
24	6 21 (108)	11 28 (s27)	16 33 (252)
25	6 23 (108)	11 28 (s27)	16 32 (252)
26	6 25 (109)	11 28 (s27)	16 30 (251)
27	6 26 (109)	11 27 (s26)	16 28 (250)
28	6 28 (110)	11 27 (s26)	16 26 (250)
29	6 30 (110)	11 27 (s26)	16 24 (249)
30	6 31 (111)	11 27 (s25)	16 22 (249)
31	6 33 (112)	11 27 (s25)	16 20 (248)

Listopad

1	6 35 (112)	11 27 (s25)	16 19 (248)
2	6 37 (113)	11 27 (s24)	16 17 (247)
3	6 38 (113)	11 27 (s24)	16 15 (247)
4	6 40 (114)	11 27 (s24)	16 13 (246)
5	6 42 (114)	11 27 (s24)	16 12 (246)
6	6 43 (115)	11 27 (s23)	16 10 (245)
7	6 45 (115)	11 27 (s23)	16 09 (245)
8	6 47 (116)	11 27 (s23)	16 07 (244)
9	6 49 (116)	11 27 (s22)	16 05 (244)
10	6 50 (117)	11 27 (s22)	16 04 (243)
11	6 52 (117)	11 28 (s22)	16 02 (243)
12	6 54 (118)	11 28 (s22)	16 01 (242)
13	6 55 (118)	11 28 (s21)	16 00 (242)
14	6 57 (118)	11 28 (s21)	15 58 (241)
15	6 59 (119)	11 28 (s21)	15 57 (241)
16	7 00 (119)	11 28 (s20)	15 56 (240)
17	7 02 (120)	11 28 (s20)	15 54 (240)
18	7 04 (120)	11 29 (s20)	15 53 (240)
19	7 05 (121)	11 29 (s20)	15 52 (239)
20	7 07 (121)	11 29 (s20)	15 51 (239)
21	7 09 (121)	11 29 (s19)	15 50 (238)
22	7 10 (122)	11 30 (s19)	15 49 (238)
23	7 12 (122)	11 30 (s19)	15 48 (238)
24	7 13 (123)	11 30 (s19)	15 47 (237)
25	7 15 (123)	11 30 (s18)	15 46 (237)
26	7 16 (123)	11 31 (s18)	15 45 (237)
27	7 18 (124)	11 31 (s18)	15 44 (236)
28	7 19 (124)	11 31 (s18)	15 43 (236)
29	7 21 (124)	11 32 (s18)	15 43 (236)
30	7 22 (124)	11 32 (s18)	15 42 (235)

Grudzień

1	7 23 (125)	11 33 (s17)	15 41 (235)
2	7 25 (125)	11 33 (s17)	15 41 (235)
3	7 26 (125)	11 33 (s17)	15 40 (235)
4	7 27 (126)	11 34 (s17)	15 40 (234)
5	7 29 (126)	11 34 (s17)	15 39 (234)
6	7 30 (126)	11 34 (s17)	15 39 (234)
7	7 31 (126)	11 35 (s17)	15 39 (234)
8	7 32 (126)	11 35 (s17)	15 38 (234)
9	7 33 (127)	11 36 (s16)	15 38 (233)
10	7 34 (127)	11 36 (s16)	15 38 (233)
11	7 35 (127)	11 37 (s16)	15 38 (233)
12	7 36 (127)	11 37 (s16)	15 38 (233)
13	7 37 (127)	11 38 (s16)	15 38 (233)
14	7 38 (127)	11 38 (s16)	15 38 (233)
15	7 39 (127)	11 39 (s16)	15 38 (233)
16	7 40 (127)	11 39 (s16)	15 38 (232)
17	7 41 (128)	11 40 (s16)	15 38 (232)
18	7 41 (128)	11 40 (s16)	15 39 (232)
19	7 42 (128)	11 41 (s16)	15 39 (232)
20	7 43 (128)	11 41 (s16)	15 39 (232)
21	7 43 (128)	11 42 (s16)	15 40 (232)
22	7 44 (128)	11 42 (s16)	15 40 (232)
23	7 44 (128)	11 43 (s16)	15 41 (232)
24	7 45 (128)	11 43 (s16)	15 42 (232)
25	7 45 (128)	11 44 (s16)	15 42 (232)
26	7 45 (128)	11 44 (s16)	15 43 (232)
27	7 45 (128)	11 45 (s16)	15 44 (233)
28	7 46 (127)	11 45 (s16)	15 44 (233)
29	7 46 (127)	11 45 (s16)	15 45 (233)
30	7 46 (127)	11 46 (s16)	15 46 (233)
31	7 46 (127)	11 46 (s16)	15 47 (233)

Tabela 2. Świty i zmierzchy w Częstochowie. Świt cywilny (żeglarski, astronomiczny) rozpoczyna się wtedy, gdy przed wschodem Słońca środek jego tarczy zanurzony jest na głębokość 6° (12°, 18°) względem horyzontu astronomicznego. Wszystkie świty kończą się jednocześnie o wschodzie Słońca. Zmierzchy rozpoczynają się o zachodzie Słońca. Zmierzch cywilny (żeglarski, astronomiczny) kończy się w chwili, gdy po zachodzie Słońca środek jego tarczy zanurzy się na głębokość 6° (12°, 18°) pod horyzont. W kolumnach tabeli podano momenty rozpoczęcia świtów i zakończenia zmierzchów.

	cywilny		żeglarski		astronomiczny							
	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m	h	m
Styczeń												
1	7	07	16	28	6	25	17	10	5	45	17	50
2	7	07	16	29	6	25	17	11	5	45	17	51
3	7	07	16	30	6	25	17	12	5	45	17	52
4	7	06	16	31	6	24	17	13	5	45	17	53
5	7	06	16	32	6	24	17	14	5	44	17	54
6	7	06	16	33	6	24	17	15	5	44	17	55
7	7	06	16	34	6	24	17	16	5	44	17	56
8	7	05	16	35	6	24	17	17	5	44	17	57
9	7	05	16	36	6	23	17	18	5	44	17	58
10	7	05	16	38	6	23	17	19	5	43	17	59
11	7	04	16	39	6	23	17	20	5	43	18	00
12	7	04	16	40	6	22	17	22	5	43	18	01
13	7	03	16	42	6	22	17	23	5	42	18	02
14	7	03	16	43	6	21	17	24	5	42	18	04
15	7	02	16	44	6	21	17	26	5	41	18	05
16	7	01	16	46	6	20	17	27	5	41	18	06
17	7	00	16	47	6	19	17	28	5	40	18	07
18	7	00	16	49	6	19	17	30	5	40	18	09
19	6	59	16	50	6	18	17	31	5	39	18	10
20	6	58	16	52	6	17	17	32	5	38	18	11
21	6	57	16	53	6	16	17	34	5	37	18	13
22	6	56	16	55	6	16	17	35	5	37	18	14
23	6	55	16	56	6	15	17	37	5	36	18	16
24	6	54	16	58	6	14	17	38	5	35	18	17
25	6	53	16	59	6	13	17	39	5	34	18	18
26	6	52	17	01	6	12	17	41	5	33	18	20
27	6	51	17	02	6	11	17	42	5	32	18	21
28	6	49	17	04	6	10	17	44	5	31	18	23
29	6	48	17	06	6	08	17	45	5	30	18	24
30	6	47	17	07	6	07	17	47	5	29	18	26
31	6	46	17	09	6	06	17	49	5	28	18	27

Luty												
1	6	44	17	11	6	05	17	50	5	26	18	29
2	6	43	17	12	6	03	17	52	5	25	18	30
3	6	41	17	14	6	02	17	53	5	24	18	32
4	6	40	17	15	6	01	17	55	5	22	18	33
5	6	39	17	17	5	59	17	56	5	21	18	35
6	6	37	17	19	5	58	17	58	5	20	18	36
7	6	36	17	20	5	57	18	00	5	18	18	38
8	6	34	17	22	5	55	18	01	5	17	18	39
9	6	32	17	24	5	54	18	03	5	15	18	41
10	6	31	17	25	5	52	18	04	5	14	18	42
11	6	29	17	27	5	50	18	06	5	12	18	44
12	6	27	17	29	5	49	18	08	5	11	18	46
13	6	26	17	31	5	47	18	09	5	09	18	47
14	6	24	17	32	5	45	18	11	5	07	18	49
15	6	22	17	34	5	44	18	12	5	06	18	50
16	6	20	17	36	5	42	18	14	5	04	18	52
17	6	19	17	37	5	40	18	16	5	02	18	54
18	6	17	17	39	5	38	18	17	5	01	18	55
19	6	15	17	41	5	37	18	19	4	59	18	57
20	6	13	17	42	5	35	18	21	4	57	18	59
21	6	11	17	44	5	33	18	22	4	55	19	00
22	6	09	17	46	5	31	18	24	4	53	19	02
23	6	07	17	47	5	29	18	25	4	51	19	04
24	6	05	17	49	5	27	18	27	4	49	19	05
25	6	03	17	51	5	25	18	29	4	47	19	07
26	6	01	17	52	5	23	18	30	4	45	19	09
27	5	59	17	54	5	21	18	32	4	43	19	10
28	5	57	17	56	5	19	18	34	4	41	19	12

Marzec

1	5	55	17	57	5	17	18	35	4	39	19	14
2	5	53	17	59	5	15	18	37	4	37	19	15
3	5	51	18	01	5	13	18	39	4	35	19	17
4	5	49	18	02	5	11	18	40	4	33	19	19
5	5	47	18	04	5	09	18	42	4	31	19	21
6	5	45	18	06	5	07	18	44	4	28	19	22
7	5	43	18	07	5	05	18	46	4	26	19	24
8	5	41	18	09	5	03	18	47	4	24	19	26
9	5	38	18	11	5	00	18	49	4	22	19	28
10	5	36	18	12	4	58	18	51	4	19	19	30
11	5	34	18	14	4	56	18	52	4	17	19	31
12	5	32	18	16	4	54	18	54	4	15	19	33
13	5	30	18	17	4	51	18	56	4	12	19	35
14	5	27	18	19	4	49	18	57	4	10	19	37
15	5	25	18	21	4	47	18	59	4	08	19	39
16	5	23	18	22	4	45	19	01	4	05	19	41
17	5	21	18	24	4	42	19	03	4	03	19	42
18	5	19	18	26	4	40	19	04	4	00	19	44
19	5	16	18	27	4	38	19	06	3	58	19	46
20	5	14	18	29	4	35	19	08	3	55	19	48
21	5	12	18	31	4	33	19	10	3	53	19	50
22	5	10	18	32	4	31	19	11	3	50	19	52
23	5	07	18	34	4	28	19	13	3	48	19	54
24	5	05	18	36	4	26	19	15	3	45	19	56
25	5	03	18	37	4	24	19	17	3	43	19	58
26	5	00	18	39	4	21	19	19	3	40	20	00
27	4	58	18	41	4	19	19	20	3	37	20	02
28	4	56	18	43	4	16	19	22	3	35	20	04
29	4	54	18	44	4	14	19	24	3	32	20	06
30	4	51	18	46	4	12	19	26	3	29	20	08
31	4	49	18	48	4	09	19	28	3	27	20	10

Kwiecień

1	4	47	18	49	4	07	19	30	3	24	20	13
2	4	44	18	51	4	04	19	31	3	21	20	15
3	4	42	18	53	4	02	19	33	3	18	20	17
4	4	40	18	54	3	59	19	35	3	16	20	19
5	4	38	18	56	3	57	19	37	3	13	20	21
6	4	35	18	58	3	54	19	39	3	10	20	24
7	4	33	19	00	3	52	19	41	3	07	20	26
8	4	31	19	01	3	49	19	43	3	04	20	28
9	4	28	19	03	3	47	19	45	3	02	20	31
10	4	26	19	05	3	44	19	47	2	59	20	33
11	4	24	19	07	3	42	19	49	2	56	20	35
12	4	22	19	08	3	39	19	51	2	53	20	38
13	4	19	19	10	3	37	19	53	2	50	20	40
14	4	17	19	12	3	34	19	55	2	47	20	43
15	4	15	19	14	3	32	19	57	2	44	20	45
16	4	13	19	15	3	29	19	59	2	41	20	48
17	4	10	19	17	3	27	20	01	2	38	20	50
18	4	08	19	19	3	25	20	03	2	35	20	53
19	4	06	19	21	3	22	20	05	2	32	20	55
20	4	04	19	22	3	20	20	07	2	29	20	58
21	4	02	19	24	3	17	20	09	2	26	21	01
22	3	59	19	26	3	15	20	11	2	23	21	03
23	3	57	19	28	3	12	20	13	2	20	21	06
24	3	55	19	29	3	10	20	15	2	17	21	09
25	3	53	19	31	3	07	20	17	2	14	21	12
26	3	51	19	33	3	05	20	20	2	10	21	15
27	3	49	19	35	3	02	20	22	2	07	21	18
28	3	47	19	37	3	00	20	24	2	04	21	21
29	3	45	19	38	2	57	20	26	2	01	21	24
30	3	43	19	40	2	55	20	28	1	58	21	27

Maj

1	3	41	19	42	2	53	20	30	1	54	21	30
2	3	39	19	44	2	50	20	33	1	51	21	33
3	3	37	19	46	2	48	20	35	1	48	21	36
4	3	35	19	47	2	45	20	37	1	44	21	39
5	3	33	19	49	2	43	20	39	1	41	21	43
6	3	31	19	51	2	41	20	41	1	37	21	46
7	3	29	19	53	2	38	20	44	1	34	21	49
8	3	27	19	54	2	36	20	46	1	30	21	53
9	3	25	19	56	2	34	20	48	1	27	21	57
10	3	23	19	58	2	31	20	50	1	23	22	00
11	3	21	20	00	2	29	20	53	1	19	22	04
12	3	20	20	01	2	27	20	55	1	15	22	08
13	3	18	20	03	2	24	20	57	1	11	22	12
14	3	16	20	05	2	22	20	59	1	08	22	16
15	3	14	20	06	2	20	21	01	1	03	22	20
16	3	13	20	08	2	18	21	04	0	59	22	24
17	3	11	20	10	2	16	21	06	0	55	22	29
18	3	10	20	11	2	14	21	08	0	51	22	33
19	3	08	20	13	2	12	21	10	0	46	22	38
20	3	06	20	15	2	09	21	12	0	41	22	44
21	3	05	20	16	2	07	21	14	0	36	22	49
22	3	04	20	18	2	05	21	16	0	31	22	55
23	3	02	20	19	2	04	21	19	0	25	23	02
24	3	01	20	21	2	02	21	21	0	18	23	10
25	3	00	20	22	2	00	21	23	0	10	23	21
26	2	58	20	24	1	58	21	25	/	//	//	//
27	2	57	20	25	1	56	21	27	/	//	//	//
28	2	56	20	27	1	54	21	29	/	//	//	//
29	2	55	20	28	1	53	21	31	/	//	//	//
30	2	54	20	29	1	51	21	32	/	//	//	//
31	2	53	20	31	1	50	21	34	/	//	//	//

Czerwiec

1	2	52	20	32	1	48	21	36	/	//	//	//
2	2	51	20	33	1	47	21	38	/	//	//	//
3	2	50	20	34	1	45	21	39	/	//	//	//
4	2	49	20	35	1	44	21	41	/	//	//	//
5	2	48	20	37	1	43	21	43	/	//	//	//
6	2	47	20	38	1	41	21	44	/	//	//	//
7	2	47	20	39	1	40	21	46	/	//	//	//
8	2	46	20	40	1	39	21	47	/	//	//	//
9	2	46	20	40	1	38	21	48	/	//	//	//
10	2	45	20	41	1	37	21	49	/	//	//	//
11	2	45	20	42	1	37	21	51	/	//	//	//
12	2	44	20	43	1	36	21	52	/	//	//	//
13	2	44	20	44	1	35	21	53	/	//	//	//
14	2	44	20	44	1	35	21	53	/	//	//	//
15	2	43	20	45	1	34	21	54	/	//	//	//
16	2	43	20	45	1	34	21	55	/	//	//	//
17	2	43	20	46	1	34	21	56	/	//	//	//
18	2	43	20	46	1	33	21	56	/	//	//	//
19	2	43	20	46	1	33	21	57	/	//	//	//
20	2	43	20	47	1	33	21	57	/	//	//	//
21	2	44	20	47	1	33	21	57	/	//	//	//
22	2	44	20	47	1	34	21	57	/	//	//	//
23	2	44	20	47	1	34	21	57	/	//	//	//
24	2	44	20	47	1	34	21	57	/	//	//	//
25	2	45	20	47	1	35	21	57	/	//	//	//
26	2	45	20	47	1	36	21	57	/	//	//	//
27	2	46	20	47	1	36	21	56	/	//	//	//
28	2	46	20	47	1	37	21	56	/	//	//	//
29	2	47	20	47	1	38	21	55	/	//	//	//
30	2	48	20	46	1	39	21	55	/	//	//	//

Lipiec

1	2 48	20 46	1 40	21 54	/ //	// //		
2	2 49	20 45	1 41	21 53	/ //	// //		
3	2 50	20 45	1 42	21 52	/ //	// //		
4	2 51	20 44	1 44	21 51	/ //	// //		
5	2 52	20 44	1 45	21 50	/ //	// //		
6	2 53	20 43	1 46	21 49	/ //	// //		
7	2 54	20 42	1 48	21 48	/ //	// //		
8	2 55	20 42	1 49	21 47	/ //	// //		
9	2 56	20 41	1 51	21 45	/ //	// //		
10	2 57	20 40	1 53	21 44	/ //	// //		
11	2 58	20 39	1 54	21 42	/ //	// //		
12	3 00	20 38	1 56	21 41	/ //	// //		
13	3 01	20 37	1 58	21 39	/ //	// //		
14	3 02	20 36	2 00	21 38	/ //	// //		
15	3 04	20 35	2 02	21 36	/ //	// //		
16	3 05	20 33	2 03	21 34	/ //	// //		
17	3 06	20 32	2 05	21 32	/ //	23 32		
18	3 08	20 31	2 07	21 31	0 08	23 21		
19	3 09	20 29	2 09	21 29	0 19	23 13		
20	3 11	20 28	2 11	21 27	0 27	23 06		
21	3 12	20 27	2 13	21 25	0 34	23 00		
22	3 14	20 25	2 15	21 23	0 40	22 55		
23	3 15	20 24	2 18	21 21	0 46	22 50		
24	3 17	20 22	2 20	21 19	0 51	22 45		
25	3 18	20 21	2 22	21 17	0 56	22 40		
26	3 20	20 19	2 24	21 15	1 01	22 36		
27	3 22	20 17	2 26	21 12	1 05	22 31		
28	3 23	20 16	2 28	21 10	1 09	22 27		
29	3 25	20 14	2 30	21 08	1 13	22 23		
30	3 26	20 12	2 32	21 06	1 17	22 19		
31	3 28	20 11	2 35	21 04	1 21	22 15		

Sierpień

1	3 30	20 09	2 37	21 01	1 25	22 11		
2	3 31	20 07	2 39	20 59	1 29	22 08		
3	3 33	20 05	2 41	20 57	1 32	22 04		
4	3 35	20 03	2 43	20 54	1 36	22 00		
5	3 37	20 01	2 45	20 52	1 39	21 57		
6	3 38	19 59	2 48	20 50	1 43	21 53		
7	3 40	19 57	2 50	20 47	1 46	21 50		
8	3 42	19 55	2 52	20 45	1 49	21 46		
9	3 43	19 53	2 54	20 42	1 52	21 43		
10	3 45	19 51	2 56	20 40	1 56	21 40		
11	3 47	19 49	2 58	20 38	1 59	21 36		
12	3 49	19 47	3 00	20 35	2 02	21 33		
13	3 50	19 45	3 02	20 33	2 05	21 30		
14	3 52	19 43	3 05	20 30	2 08	21 26		
15	3 54	19 41	3 07	20 28	2 11	21 23		
16	3 55	19 39	3 09	20 25	2 13	21 20		
17	3 57	19 37	3 11	20 23	2 16	21 17		
18	3 59	19 35	3 13	20 20	2 19	21 14		
19	4 01	19 33	3 15	20 18	2 22	21 10		
20	4 02	19 30	3 17	20 15	2 24	21 07		
21	4 04	19 28	3 19	20 13	2 27	21 04		
22	4 06	19 26	3 21	20 10	2 30	21 01		
23	4 07	19 24	3 23	20 08	2 32	20 58		
24	4 09	19 22	3 25	20 05	2 35	20 55		
25	4 11	19 19	3 27	20 03	2 37	20 52		
26	4 12	19 17	3 29	20 00	2 40	20 49		
27	4 14	19 15	3 31	19 58	2 42	20 46		
28	4 16	19 13	3 33	19 55	2 45	20 43		
29	4 17	19 10	3 35	19 53	2 47	20 40		
30	4 19	19 08	3 37	19 50	2 49	20 37		
31	4 21	19 06	3 38	19 48	2 52	20 34		

Wrzesień

1	4	22	19	03	3	40	19	45	2	54	20	31
2	4	24	19	01	3	42	19	43	2	56	20	28
3	4	26	18	59	3	44	19	40	2	59	20	25
4	4	27	18	57	3	46	19	38	3	01	20	23
5	4	29	18	54	3	48	19	35	3	03	20	20
6	4	31	18	52	3	50	19	33	3	05	20	17
7	4	32	18	50	3	51	19	30	3	07	20	14
8	4	34	18	47	3	53	19	28	3	09	20	11
9	4	36	18	45	3	55	19	25	3	12	20	09
10	4	37	18	43	3	57	19	23	3	14	20	06
11	4	39	18	40	3	59	19	20	3	16	20	03
12	4	40	18	38	4	00	19	18	3	18	20	00
13	4	42	18	36	4	02	19	15	3	20	19	58
14	4	44	18	33	4	04	19	13	3	22	19	55
15	4	45	18	31	4	06	19	11	3	24	19	52
16	4	47	18	29	4	07	19	08	3	26	19	50
17	4	48	18	27	4	09	19	06	3	28	19	47
18	4	50	18	24	4	11	19	03	3	30	19	44
19	4	52	18	22	4	13	19	01	3	31	19	42
20	4	53	18	20	4	14	18	59	3	33	19	39
21	4	55	18	17	4	16	18	56	3	35	19	37
22	4	56	18	15	4	18	18	54	3	37	19	34
23	4	58	18	13	4	19	18	51	3	39	19	31
24	5	00	18	10	4	21	18	49	3	41	19	29
25	5	01	18	08	4	23	18	47	3	43	19	26
26	5	03	18	06	4	24	18	44	3	44	19	24
27	5	04	18	04	4	26	18	42	3	46	19	22
28	5	06	18	01	4	28	18	40	3	48	19	19
29	5	08	17	59	4	29	18	37	3	50	19	17
30	5	09	17	57	4	31	18	35	3	52	19	14

Październik

1	5	11	17	55	4	32	18	33	3	53	19	12
2	5	12	17	53	4	34	18	31	3	55	19	10
3	5	14	17	50	4	36	18	28	3	57	19	07
4	5	15	17	48	4	37	18	26	3	58	19	05
5	5	17	17	46	4	39	18	24	4	00	19	03
6	5	19	17	44	4	41	18	22	4	02	19	00
7	5	20	17	42	4	42	18	20	4	03	18	58
8	5	22	17	39	4	44	18	17	4	05	18	56
9	5	23	17	37	4	45	18	15	4	07	18	54
10	5	25	17	35	4	47	18	13	4	08	18	51
11	5	27	17	33	4	49	18	11	4	10	18	49
12	5	28	17	31	4	50	18	09	4	12	18	47
13	5	30	17	29	4	52	18	07	4	13	18	45
14	5	31	17	27	4	53	18	05	4	15	18	43
15	5	33	17	25	4	55	18	03	4	17	18	41
16	5	35	17	23	4	56	18	01	4	18	18	39
17	5	36	17	21	4	58	17	59	4	20	18	37
18	5	38	17	19	5	00	17	57	4	21	18	35
19	5	39	17	17	5	01	17	55	4	23	18	33
20	5	41	17	15	5	03	17	53	4	25	18	31
21	5	43	17	13	5	04	17	51	4	26	18	29
22	5	44	17	11	5	06	17	49	4	28	18	27
23	5	46	17	09	5	07	17	47	4	29	18	25
24	5	47	17	07	5	09	17	46	4	31	18	24
25	5	49	17	05	5	11	17	44	4	32	18	22
26	5	51	17	04	5	12	17	42	4	34	18	20
27	5	52	17	02	5	14	17	40	4	36	18	18
28	5	54	17	00	5	15	17	39	4	37	18	17
29	5	55	16	58	5	17	17	37	4	39	18	15
30	5	57	16	57	5	18	17	35	4	40	18	13
31	5	59	16	55	5	20	17	34	4	42	18	12

Listopad

1	6	00	16	53	5	21	17	32	4	43	18	10
2	6	02	16	52	5	23	17	30	4	45	18	09
3	6	03	16	50	5	24	17	29	4	46	18	07
4	6	05	16	48	5	26	17	27	4	48	18	06
5	6	07	16	47	5	28	17	26	4	49	18	04
6	6	08	16	45	5	29	17	25	4	51	18	03
7	6	10	16	44	5	31	17	23	4	52	18	01
8	6	11	16	42	5	32	17	22	4	54	18	00
9	6	13	16	41	5	34	17	20	4	55	17	59
10	6	15	16	40	5	35	17	19	4	57	17	58
11	6	16	16	38	5	37	17	18	4	58	17	56
12	6	18	16	37	5	38	17	17	4	59	17	55
13	6	19	16	36	5	39	17	15	5	01	17	54
14	6	21	16	34	5	41	17	14	5	02	17	53
15	6	22	16	33	5	42	17	13	5	04	17	52
16	6	24	16	32	5	44	17	12	5	05	17	51
17	6	26	16	31	5	45	17	11	5	06	17	50
18	6	27	16	30	5	47	17	10	5	08	17	49
19	6	29	16	29	5	48	17	09	5	09	17	48
20	6	30	16	28	5	49	17	08	5	10	17	47
21	6	31	16	27	5	51	17	07	5	12	17	46
22	6	33	16	26	5	52	17	07	5	13	17	46
23	6	34	16	25	5	54	17	06	5	14	17	45
24	6	36	16	24	5	55	17	05	5	16	17	44
25	6	37	16	23	5	56	17	04	5	17	17	44
26	6	39	16	23	5	57	17	04	5	18	17	43
27	6	40	16	22	5	59	17	03	5	19	17	42
28	6	41	16	21	6	00	17	02	5	21	17	42
29	6	43	16	21	6	01	17	02	5	22	17	41
30	6	44	16	20	6	02	17	01	5	23	17	41

Grudzień

1	6	45	16	19	6	04	17	01	5	24	17	41
2	6	46	16	19	6	05	17	01	5	25	17	40
3	6	48	16	19	6	06	17	00	5	26	17	40
4	6	49	16	18	6	07	17	00	5	27	17	40
5	6	50	16	18	6	08	17	00	5	28	17	39
6	6	51	16	18	6	09	16	59	5	29	17	39
7	6	52	16	17	6	10	16	59	5	30	17	39
8	6	53	16	17	6	11	16	59	5	31	17	39
9	6	54	16	17	6	12	16	59	5	32	17	39
10	6	55	16	17	6	13	16	59	5	33	17	39
11	6	56	16	17	6	14	16	59	5	34	17	39
12	6	57	16	17	6	15	16	59	5	35	17	39
13	6	58	16	17	6	16	16	59	5	36	17	39
14	6	59	16	17	6	17	16	59	5	37	17	40
15	7	00	16	17	6	17	17	00	5	37	17	40
16	7	01	16	18	6	18	17	00	5	38	17	40
17	7	01	16	18	6	19	17	00	5	39	17	40
18	7	02	16	18	6	20	17	00	5	39	17	41
19	7	03	16	18	6	20	17	01	5	40	17	41
20	7	03	16	19	6	21	17	01	5	41	17	41
21	7	04	16	19	6	21	17	02	5	41	17	42
22	7	04	16	20	6	22	17	02	5	42	17	42
23	7	05	16	20	6	22	17	03	5	42	17	43
24	7	05	16	21	6	23	17	03	5	43	17	44
25	7	05	16	22	6	23	17	04	5	43	17	44
26	7	06	16	22	6	23	17	05	5	43	17	45
27	7	06	16	23	6	24	17	05	5	44	17	46
28	7	06	16	24	6	24	17	06	5	44	17	46
29	7	06	16	25	6	24	17	07	5	44	17	47
30	7	07	16	25	6	24	17	08	5	44	17	48
31	7	07	16	26	6	24	17	09	5	44	17	49

Tabela 3. Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie. W kolumnach podano środkowoeuropejskie czasy występowania zjawisk w godzinach i minutach. Dodatkowo, w nawiasach, podano w stopniach azymuty (a) wschodzącego i zachodzącego Księżyca oraz wysokość Księżyca w czasie górowania. Azymut podano zgodnie z konwencją liczenia go od punktu kardynalnego horyzontu N w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Literką *p* oznaczono przypadki, kiedy wschód odbywa się przed północą (zatem dnia poprzedniego). Z kolei literką *f* oznaczono przypadki gdy zachód odbywa się po północy (zatem dnia następnego).

	wschód	**górowanie**	**zachód**
	h m °	h m °	h m °
Styczeń			
1	7 13 (121)	11 44 (s21)	16 20 (240)
2	8 01 (117)	12 46 (s23)	17 38 (245)
3	8 41 (111)	13 45 (s27)	18 59 (252)
4	9 14 (104)	14 41 (s31)	20 19 (259)
5	9 44 (97)	15 34 (s36)	21 37 (267)
6	10 10 (89)	16 25 (s41)	22 52 (275)
7	10 36 (82)	17 14 (s46)	f 0 04 (282)
8	11 03 (75)	18 02 (s50)	f 1 13 (288)
9	11 31 (69)	18 50 (s53)	f 2 20 (294)
10	12 03 (64)	19 38 (s56)	f 3 22 (298)
11	12 38 (61)	20 27 (s58)	f 4 20 (301)
12	13 19 (59)	21 15 (s59)	f 5 13 (302)
13	14 06 (58)	22 03 (s59)	f 5 59 (301)
14	14 58 (59)	22 51 (s58)	f 6 39 (299)
15	15 54 (62)	23 38 (s56)	f 7 13 (296)
17	p16 54 (66)	0 23 (s53)	7 43 (291)
18	p17 55 (71)	1 08 (s50)	8 09 (286)
19	p18 58 (77)	1 51 (s47)	8 33 (280)
20	p20 01 (83)	2 34 (s43)	8 56 (274)
21	p21 06 (90)	3 17 (s38)	9 19 (267)
22	p22 11 (96)	4 02 (s34)	9 42 (261)
23	p23 18 (103)	4 48 (s30)	10 08 (254)
24	0 27 (109)	5 36 (s27)	10 37 (248)
25	1 37 (115)	6 28 (s23)	11 12 (243)
26	2 46 (119)	7 23 (s21)	11 56 (240)
27	3 53 (122)	8 21 (s20)	12 49 (238)
28	4 54 (122)	9 22 (s20)	13 52 (239)
29	5 47 (119)	10 24 (s22)	15 06 (242)
30	6 32 (115)	11 25 (s25)	16 26 (248)
31	7 09 (108)	12 23 (s29)	17 48 (255)

Luty			
1	7 42 (101)	13 19 (s34)	19 09 (263)
2	8 11 (93)	14 13 (s39)	20 28 (271)
3	8 38 (86)	15 05 (s43)	21 44 (278)
4	9 06 (78)	15 55 (s48)	22 57 (285)
5	9 34 (72)	16 45 (s52)	f 0 07 (291)
6	10 05 (67)	17 34 (s55)	f 1 12 (296)
7	10 40 (62)	18 23 (s57)	f 2 13 (299)
8	11 19 (60)	19 12 (s58)	f 3 08 (301)
9	12 04 (59)	20 00 (s58)	f 3 56 (301)
10	12 53 (59)	20 48 (s58)	f 4 38 (300)
11	13 48 (61)	21 35 (s56)	f 5 14 (297)
12	14 46 (65)	22 21 (s54)	f 5 46 (293)
13	15 47 (69)	23 05 (s51)	f 6 14 (288)
15	p16 49 (75)	p23 50 (s48)	6 39 (282)
16	p17 53 (81)	0 33 (s44)	7 02 (276)
17	p18 57 (87)	1 17 (s40)	7 25 (269)
18	p20 03 (94)	2 01 (s36)	7 49 (263)
19	p21 09 (101)	2 46 (s32)	8 14 (256)
20	p22 17 (107)	3 33 (s28)	8 42 (251)
21	p23 25 (113)	4 23 (s25)	9 14 (245)
22	0 33 (117)	5 15 (s22)	9 53 (241)
23	1 38 (120)	6 10 (s20)	10 40 (239)
24	2 40 (122)	7 08 (s20)	11 37 (239)
25	3 34 (120)	8 07 (s21)	12 43 (241)
26	4 21 (117)	9 06 (s23)	13 57 (245)
27	5 02 (112)	10 04 (s27)	15 16 (251)
28	5 36 (105)	11 01 (s31)	16 37 (258)

Marzec

1	6 07 (97)	11 56 (s36)	17 57 (266)
2	6 36 (90)	12 50 (s41)	19 16 (274)
3	7 04 (82)	13 42 (s45)	20 33 (282)
4	7 33 (75)	14 34 (s50)	21 46 (288)
5	8 04 (69)	15 25 (s53)	22 55 (294)
6	8 38 (64)	16 15 (s56)	24 00 (298)
7	9 17 (61)	17 05 (s58)	f 0 58 (300)
8	10 00 (59)	17 54 (s58)	f 1 50 (301)
9	10 48 (59)	18 43 (s58)	f 2 35 (300)
10	11 41 (61)	19 30 (s57)	f 3 13 (298)
11	12 38 (64)	20 16 (s55)	f 3 46 (294)
12	13 38 (68)	21 02 (s52)	f 4 16 (289)
13	14 39 (73)	21 46 (s49)	f 4 42 (284)
14	15 43 (79)	22 30 (s45)	f 5 06 (278)
15	16 47 (85)	23 14 (s41)	f 5 30 (272)
17	p17 53 (92)	p23 58 (s37)	5 54 (265)
18	p18 59 (98)	0 44 (s33)	6 19 (259)
19	p20 07 (105)	1 31 (s29)	6 46 (253)
20	p21 16 (111)	2 20 (s26)	7 17 (247)
21	p22 24 (116)	3 12 (s23)	7 54 (243)
22	p23 31 (119)	4 06 (s21)	8 39 (240)
23	0 32 (121)	5 02 (s20)	9 31 (239)
24	1 28 (121)	5 59 (s21)	10 33 (240)
25	2 16 (118)	6 56 (s22)	11 42 (243)
26	2 58 (114)	7 53 (s25)	12 56 (248)
27	3 33 (108)	8 48 (s29)	14 13 (255)
28	4 05 (101)	9 43 (s33)	15 31 (262)
29	4 34 (93)	10 36 (s38)	16 49 (270)
30	5 02 (86)	11 28 (s43)	18 06 (278)
31	5 31 (79)	12 20 (s48)	19 21 (285)

Kwiecień

1	6 01 (72)	13 12 (s52)	20 34 (291)
2	6 34 (67)	14 03 (s55)	21 42 (296)
3	7 11 (63)	14 55 (s57)	22 44 (299)
4	7 53 (60)	15 45 (s58)	23 40 (301)
5	8 40 (59)	16 35 (s58)	f 0 28 (300)
6	9 32 (60)	17 23 (s57)	f 1 10 (299)
7	10 28 (62)	18 10 (s56)	f 1 45 (295)
8	11 27 (66)	18 56 (s53)	f 2 16 (291)
9	12 27 (71)	19 41 (s50)	f 2 44 (286)
10	13 30 (76)	20 24 (s47)	f 3 09 (280)
11	14 33 (82)	21 08 (s43)	f 3 32 (274)
12	15 38 (89)	21 52 (s39)	f 3 56 (268)
13	16 45 (96)	22 38 (s35)	f 4 21 (261)
14	17 53 (102)	23 25 (s31)	f 4 48 (255)
16	p19 03 (109)	0 14 (s27)	5 18 (249)
17	p20 13 (114)	1 06 (s24)	5 54 (244)
18	p21 22 (118)	2 01 (s22)	6 36 (241)
19	p22 26 (121)	2 57 (s20)	7 27 (239)
20	p23 24 (121)	3 55 (s20)	8 26 (239)
21	0 15 (119)	4 52 (s22)	9 33 (242)
22	0 58 (115)	5 48 (s24)	10 45 (247)
23	1 34 (110)	6 43 (s28)	12 00 (253)
24	2 06 (103)	7 36 (s32)	13 16 (260)
25	2 35 (96)	8 28 (s36)	14 31 (267)
26	3 03 (89)	9 19 (s41)	15 47 (275)
27	3 30 (82)	10 09 (s46)	17 01 (282)
28	3 59 (75)	11 00 (s50)	18 13 (289)
29	4 31 (69)	11 52 (s53)	19 23 (294)
30	5 06 (64)	12 43 (s56)	20 29 (298)

Maj

1	5 46 (61)	13 35 (s58)	21 28 (300)
2	6 31 (59)	14 25 (s58)	22 20 (301)
3	7 21 (59)	15 15 (s58)	23 05 (300)
4	8 16 (61)	16 03 (s56)	23 44 (297)
5	9 14 (64)	16 50 (s54)	f 0 16 (293)
6	10 14 (69)	17 35 (s52)	f 0 45 (288)
7	11 16 (74)	18 18 (s48)	f 1 11 (283)
8	12 18 (80)	19 02 (s45)	f 1 35 (277)
9	13 22 (86)	19 45 (s41)	f 1 58 (271)
10	14 28 (93)	20 30 (s37)	f 2 22 (264)
11	15 35 (99)	21 16 (s32)	f 2 47 (258)
12	16 44 (106)	22 04 (s28)	f 3 16 (251)
13	17 55 (112)	22 56 (s25)	f 3 50 (246)
15	p19 06 (117)	p23 50 (s22)	4 30 (242)
16	p20 14 (120)	0 47 (s21)	5 18 (239)
17	p21 16 (121)	1 46 (s20)	6 16 (239)
18	p22 11 (120)	2 45 (s21)	7 22 (241)
19	p22 58 (117)	3 43 (s23)	8 34 (245)
20	p23 37 (112)	4 39 (s27)	9 49 (251)
21	0 10 (106)	5 33 (s30)	11 05 (258)
22	0 40 (99)	6 25 (s35)	12 21 (265)
23	1 07 (91)	7 15 (s40)	13 35 (272)
24	1 34 (84)	8 05 (s44)	14 48 (280)
25	2 02 (77)	8 55 (s48)	16 00 (286)
26	2 31 (71)	9 45 (s52)	17 09 (292)
27	3 04 (66)	10 35 (s55)	18 16 (297)
28	3 41 (62)	11 26 (s57)	19 17 (300)
29	4 24 (60)	12 17 (s58)	20 12 (301)
30	5 12 (59)	13 07 (s58)	21 00 (300)
31	6 05 (60)	13 56 (s57)	21 42 (298)

Czerwiec

1	7 02 (63)	14 44 (s55)	22 17 (295)
2	8 02 (67)	15 29 (s53)	22 47 (291)
3	9 03 (72)	16 13 (s50)	23 14 (285)
4	10 05 (77)	16 57 (s46)	23 38 (280)
5	11 07 (83)	17 40 (s43)	f 0 01 (273)
6	12 11 (90)	18 23 (s38)	f 0 24 (267)
7	13 16 (96)	19 07 (s34)	f 0 48 (261)
8	14 24 (103)	19 54 (s30)	f 1 15 (254)
9	15 33 (109)	20 43 (s27)	f 1 46 (249)
10	16 43 (115)	21 36 (s24)	f 2 22 (244)
11	17 54 (119)	22 32 (s21)	f 3 06 (240)
12	19 00 (121)	23 31 (s20)	f 4 00 (239)
14	p20 01 (121)	0 31 (s21)	5 04 (240)
15	p20 53 (119)	1 32 (s22)	6 16 (243)
16	p21 36 (114)	2 31 (s25)	7 33 (248)
17	p22 13 (108)	3 27 (s29)	8 51 (255)
18	p22 44 (101)	4 21 (s33)	10 09 (262)
19	p23 13 (94)	5 13 (s38)	11 24 (270)
20	p23 40 (87)	6 03 (s43)	12 38 (277)
21	0 07 (80)	6 53 (s47)	13 50 (284)
22	0 35 (73)	7 42 (s51)	15 00 (290)
23	1 06 (68)	8 32 (s54)	16 06 (295)
24	1 41 (63)	9 22 (s56)	17 09 (299)
25	2 21 (60)	10 12 (s58)	18 06 (301)
26	3 07 (59)	11 02 (s58)	18 57 (301)
27	3 58 (60)	11 51 (s58)	19 40 (299)
28	4 53 (62)	12 39 (s56)	20 18 (297)
29	5 52 (65)	13 25 (s54)	20 50 (293)
30	6 52 (69)	14 10 (s51)	21 18 (288)

Lipiec

1	7 54 (75)	14 54 (s48)	21 43 (282)
2	8 56 (81)	15 36 (s44)	22 06 (276)
3	9 58 (87)	16 19 (s40)	22 29 (270)
4	11 02 (93)	17 02 (s36)	22 52 (264)
5	12 07 (100)	17 46 (s32)	23 17 (257)
6	13 14 (106)	18 33 (s28)	23 45 (251)
7	14 22 (112)	19 23 (s25)	f 0 17 (246)
8	15 31 (117)	20 16 (s22)	f 0 56 (242)
9	16 39 (120)	21 13 (s21)	f 1 44 (239)
10	17 43 (121)	22 13 (s20)	f 2 43 (239)
11	18 40 (120)	23 14 (s21)	f 3 52 (241)
13	p19 28 (117)	0 15 (s23)	5 08 (245)
14	p20 10 (111)	1 14 (s27)	6 28 (251)
15	p20 45 (104)	2 11 (s31)	7 48 (259)
16	p21 16 (97)	3 06 (s36)	9 08 (267)
17	p21 44 (90)	3 58 (s41)	10 25 (274)
18	p22 12 (82)	4 49 (s45)	11 39 (282)
19	p22 40 (75)	5 39 (s50)	12 50 (288)
20	p23 11 (70)	6 29 (s53)	13 58 (293)
21	p23 44 (65)	7 19 (s56)	15 02 (297)
22	0 22 (61)	8 09 (s57)	16 01 (300)
23	1 05 (60)	8 59 (s58)	16 53 (301)
24	1 54 (59)	9 48 (s58)	17 39 (300)
25	2 47 (61)	10 36 (s57)	18 19 (298)
26	3 44 (64)	11 23 (s55)	18 53 (294)
27	4 44 (68)	12 08 (s52)	19 22 (290)
28	5 45 (73)	12 52 (s49)	19 48 (284)
29	6 47 (78)	13 35 (s46)	20 12 (278)
30	7 49 (84)	14 17 (s42)	20 35 (272)
31	8 52 (91)	15 00 (s38)	20 58 (266)

Sierpień

1	9 56 (97)	15 43 (s34)	21 22 (260)
2	11 00 (103)	16 28 (s30)	21 48 (254)
3	12 06 (109)	17 15 (s27)	22 17 (249)
4	13 13 (114)	18 05 (s24)	22 52 (244)
5	14 20 (118)	18 59 (s22)	23 34 (241)
6	15 24 (121)	19 55 (s20)	f 0 26 (239)
7	16 23 (121)	20 55 (s21)	f 1 28 (240)
8	17 16 (119)	21 55 (s22)	f 2 39 (243)
9	18 01 (114)	22 55 (s25)	f 3 57 (248)
11	p18 39 (108)	p23 54 (s29)	5 19 (255)
12	p19 13 (101)	0 51 (s34)	6 41 (263)
13	p19 44 (93)	1 47 (s38)	8 01 (271)
14	p20 13 (86)	2 40 (s43)	9 19 (278)
15	p20 42 (78)	3 32 (s48)	10 35 (285)
16	p21 13 (72)	4 24 (s52)	11 46 (291)
17	p21 46 (67)	5 15 (s55)	12 53 (296)
18	p22 23 (63)	6 06 (s57)	13 54 (299)
19	p23 05 (60)	6 56 (s58)	14 49 (300)
20	p23 52 (60)	7 45 (s58)	15 37 (300)
21	0 43 (60)	8 33 (s57)	16 19 (298)
22	1 39 (63)	9 20 (s56)	16 54 (295)
23	2 37 (66)	10 06 (s53)	17 25 (291)
24	3 38 (71)	10 50 (s50)	17 53 (286)
25	4 39 (76)	11 34 (s47)	18 18 (280)
26	5 42 (82)	12 17 (s43)	18 41 (274)
27	6 44 (89)	12 59 (s39)	19 04 (268)
28	7 48 (95)	13 42 (s35)	19 28 (262)
29	8 52 (101)	14 27 (s31)	19 53 (256)
30	9 57 (107)	15 13 (s28)	20 21 (251)
31	11 02 (112)	16 01 (s25)	20 53 (246)

Wrzesień

1	12 07 (117)	16 52 (s22)	21 32 (242)
2	13 10 (120)	17 45 (s21)	22 18 (240)
3	14 10 (121)	18 41 (s21)	23 13 (240)
4	15 03 (120)	19 39 (s21)	f 0 18 (241)
5	15 51 (116)	20 37 (s24)	f 1 30 (245)
6	16 32 (111)	21 36 (s27)	f 2 49 (251)
7	17 08 (105)	22 33 (s31)	f 4 09 (258)
8	17 40 (97)	23 30 (s36)	f 5 31 (266)
10	p18 10 (90)	0 25 (s41)	6 52 (274)
11	p18 40 (82)	1 19 (s46)	8 10 (282)
12	p19 11 (75)	2 12 (s50)	9 25 (288)
13	p19 45 (69)	3 05 (s53)	10 36 (294)
14	p20 21 (65)	3 58 (s56)	11 42 (298)
15	p21 02 (61)	4 49 (s57)	12 41 (300)
16	p21 48 (60)	5 40 (s58)	13 32 (300)
17	p22 38 (60)	6 29 (s57)	14 16 (299)
18	p23 33 (62)	7 17 (s56)	14 54 (296)
19	0 30 (65)	8 03 (s54)	15 27 (292)
20	1 30 (69)	8 48 (s51)	15 56 (288)
21	2 31 (75)	9 31 (s48)	16 22 (282)
22	3 33 (80)	10 15 (s44)	16 46 (276)
23	4 36 (86)	10 58 (s40)	17 09 (270)
24	5 39 (93)	11 41 (s37)	17 33 (264)
25	6 44 (99)	12 25 (s33)	17 58 (258)
26	7 49 (105)	13 11 (s29)	18 25 (252)
27	8 54 (111)	13 59 (s26)	18 56 (247)
28	10 00 (115)	14 49 (s23)	19 33 (243)
29	11 03 (119)	15 41 (s21)	20 16 (241)
30	12 03 (120)	16 35 (s21)	21 07 (240)

Październik

1	12 57 (120)	17 31 (s21)	22 07 (241)
2	13 45 (118)	18 27 (s23)	23 14 (244)
3	14 27 (113)	19 23 (s25)	f 0 27 (249)
4	15 04 (108)	20 19 (s29)	f 1 44 (255)
5	15 36 (101)	21 14 (s33)	f 3 03 (262)
6	16 07 (94)	22 09 (s38)	f 4 22 (270)
7	16 37 (86)	23 03 (s43)	f 5 41 (278)
9	p17 07 (79)	p23 57 (s48)	6 59 (285)
10	p17 39 (72)	0 51 (s52)	8 13 (291)
11	p18 15 (67)	1 45 (s55)	9 23 (296)
12	p18 55 (63)	2 38 (s57)	10 27 (299)
13	p19 40 (60)	3 31 (s58)	11 23 (300)
14	p20 29 (60)	4 21 (s58)	12 11 (299)
15	p21 23 (61)	5 11 (s57)	12 52 (297)
16	p22 21 (64)	5 58 (s55)	13 27 (294)
17	p23 20 (68)	6 43 (s52)	13 57 (289)
18	0 21 (73)	7 27 (s49)	14 24 (284)
19	1 22 (78)	8 11 (s46)	14 49 (279)
20	2 24 (84)	8 54 (s42)	15 13 (273)
21	3 28 (90)	9 37 (s38)	15 36 (266)
22	4 32 (97)	10 21 (s34)	16 01 (260)
23	5 38 (103)	11 07 (s30)	16 28 (254)
24	6 44 (109)	11 55 (s27)	16 58 (249)
25	7 51 (114)	12 45 (s24)	17 33 (244)
26	8 56 (118)	13 37 (s22)	18 14 (241)
27	9 58 (120)	14 31 (s21)	19 03 (240)
28	10 54 (120)	15 27 (s21)	20 00 (240)
29	11 44 (119)	16 22 (s22)	21 05 (243)
30	12 27 (115)	17 18 (s24)	22 15 (247)
31	13 04 (110)	18 12 (s28)	23 29 (253)

Listopad

1	13 37 (104)	19 06 (s32)	f 0 45 (259)
2	14 07 (97)	19 59 (s36)	f 2 01 (267)
3	14 36 (89)	20 51 (s41)	f 3 18 (275)
4	15 05 (82)	21 44 (s46)	f 4 35 (282)
5	15 36 (75)	22 37 (s50)	f 5 50 (288)
6	16 09 (69)	23 30 (s53)	f 7 02 (294)
8	p16 47 (64)	0 24 (s56)	8 09 (298)
9	p17 29 (61)	1 18 (s57)	9 10 (300)
10	p18 17 (60)	2 10 (s58)	10 03 (300)
11	p19 10 (60)	3 01 (s57)	10 48 (298)
12	p20 07 (62)	3 50 (s56)	11 26 (296)
13	p21 07 (66)	4 37 (s53)	11 58 (292)
14	p22 08 (70)	5 22 (s51)	12 26 (287)
15	p23 09 (76)	6 06 (s47)	12 52 (281)
16	0 11 (82)	6 48 (s44)	13 16 (275)
17	1 13 (88)	7 31 (s40)	13 39 (269)
18	2 17 (94)	8 14 (s36)	14 03 (263)
19	3 22 (100)	8 59 (s32)	14 28 (257)
20	4 28 (106)	9 46 (s28)	14 57 (251)
21	5 36 (112)	10 36 (s25)	15 30 (246)
22	6 43 (116)	11 28 (s23)	16 09 (242)
23	7 48 (119)	12 23 (s21)	16 56 (240)
24	8 48 (121)	13 20 (s21)	17 52 (240)
25	9 42 (120)	14 17 (s21)	18 55 (241)
26	10 28 (117)	15 14 (s23)	20 05 (245)
27	11 07 (112)	16 09 (s26)	21 19 (251)
28	11 41 (106)	17 03 (s30)	22 34 (257)
29	12 12 (99)	17 55 (s35)	23 49 (264)
30	12 40 (92)	18 46 (s39)	f 1 04 (272)

Grudzień

1	13 08 (85)	19 37 (s44)	f 2 19 (279)
2	13 37 (78)	20 29 (s48)	f 3 32 (286)
3	14 08 (72)	21 20 (s52)	f 4 44 (292)
4	14 42 (66)	22 13 (s55)	f 5 53 (296)
5	15 22 (62)	23 06 (s57)	f 6 56 (299)
7	p16 07 (60)	p23 59 (s58)	7 53 (300)
8	p16 58 (60)	0 51 (s58)	8 41 (300)
9	p17 53 (61)	1 41 (s57)	9 23 (297)
10	p18 52 (64)	2 29 (s55)	9 58 (294)
11	p19 53 (68)	3 16 (s52)	10 28 (289)
12	p20 55 (73)	4 00 (s49)	10 55 (284)
13	p21 56 (79)	4 43 (s45)	11 19 (278)
14	p22 58 (85)	5 25 (s42)	11 43 (272)
15	0 01 (91)	6 08 (s38)	12 06 (266)
16	1 04 (97)	6 51 (s34)	12 30 (260)
17	2 09 (104)	7 37 (s30)	12 56 (254)
18	3 15 (109)	8 24 (s27)	13 26 (249)
19	4 22 (114)	9 15 (s24)	14 02 (244)
20	5 29 (118)	10 09 (s22)	14 45 (241)
21	6 33 (120)	11 06 (s21)	15 37 (239)
22	7 32 (120)	12 04 (s21)	16 39 (240)
23	8 23 (118)	13 03 (s22)	17 48 (243)
24	9 06 (114)	14 01 (s25)	19 03 (248)
25	9 44 (108)	14 57 (s29)	20 20 (254)
26	10 16 (102)	15 51 (s33)	21 37 (262)
27	10 46 (94)	16 44 (s38)	22 54 (269)
28	11 14 (87)	17 35 (s42)	f 0 09 (277)
29	11 42 (80)	18 26 (s47)	f 1 22 (284)
30	12 12 (74)	19 17 (s51)	f 2 33 (290)
31	12 44 (68)	20 08 (s54)	f 3 42 (295)

Tabela 4. Czas gwiazdowy dla Częstochowy

(widomy, o godzinie 0 UT wyszczególnionych dat)

	h m s		h m s		h m s
	Styczeń		Luty		Marzec
1	7 58 45.0596	1	10 00 58.3197	1	11 51 21.8176
2	8 02 41.6243	2	10 04 54.8708	2	11 55 18.3651
3	8 06 38.1864	3	10 08 51.4202	3	11 59 14.9119
4	8 10 34.7448	4	10 12 47.9696	4	12 03 11.4594
5	8 14 31.2996	5	10 16 44.5202	5	12 07 08.0089
6	8 18 27.8521	6	10 20 41.0728	6	12 11 04.5606
7	8 22 24.4037	7	10 24 37.6274	7	12 15 01.1144
8	8 26 20.9559	8	10 28 34.1837	8	12 18 57.6696
9	8 30 17.5095	9	10 32 30.7413	9	12 22 54.2257
10	8 34 14.0651	10	10 36 27.2994	10	12 26 50.7816
11	8 38 10.6226	11	10 40 23.8572	11	12 30 47.3369
12	8 42 07.1819	12	10 44 20.4141	12	12 34 43.8908
13	8 46 03.7423	13	10 48 16.9694	13	12 38 40.4430
14	8 50 00.3030	14	10 52 13.5229	14	12 42 36.9933
15	8 53 56.8633	15	10 56 10.0744	15	12 46 33.5418
16	8 57 53.4225	16	11 00 06.6241	16	12 50 30.0889
17	9 01 49.9801	17	11 04 03.1725	17	12 54 26.6353
18	9 05 46.5357	18	11 07 59.7204	18	12 58 23.1818
19	9 09 43.0894	19	11 11 56.2686	19	13 02 19.7295
20	9 13 39.6415	20	11 15 52.8181	20	13 06 16.2793
21	9 17 36.1924	21	11 19 49.3697	21	13 10 12.8315
22	9 21 32.7430	22	11 23 45.9238	22	13 14 09.3864
23	9 25 29.2941	23	11 27 42.4805	23	13 18 05.9434
24	9 29 25.8468	24	11 31 39.0393	24	13 22 02.5015
25	9 33 22.4019	25	11 35 35.5989	25	13 25 59.0593
26	9 37 18.9598	26	11 39 32.1578	26	13 29 55.6154
27	9 41 15.5205	27	11 43 28.7144	27	13 33 52.1687
28	9 45 12.0831	28	11 47 25.2677	28	13 37 48.7190
29	9 49 08.6460			29	13 41 45.2668
30	9 53 05.2073			30	13 45 41.8132
31	9 57 01.7654			31	13 49 38.3599

Kwiecień				Maj				Czerwiec			
1	13	53	34.9082	1	15	51	51.4932	1	17	54	04.7220
2	13	57	31.4587	2	15	55	48.0510	2	17	58	01.2806
3	14	01	28.0117	3	15	59	44.6096	3	18	01	57.8374
4	14	05	24.5667	4	16	03	41.1679	4	18	05	54.3925
5	14	09	21.1228	5	16	07	37.7253	5	18	09	50.9458
6	14	13	17.6792	6	16	11	34.2813	6	18	13	47.4978
7	14	17	14.2351	7	16	15	30.8355	7	18	17	44.0492
8	14	21	10.7899	8	16	19	27.3880	8	18	21	40.6007
9	14	25	07.3431	9	16	23	23.9388	9	18	25	37.1533
10	14	29	03.8945	10	16	27	20.4886	10	18	29	33.7081
11	14	33	00.4441	11	16	31	17.0381	11	18	33	30.2656
12	14	36	56.9923	12	16	35	13.5881	12	18	37	26.8261
13	14	40	53.5396	13	16	39	10.1397	13	18	41	23.3891
14	14	44	50.0869	14	16	43	06.6938	14	18	45	19.9533
15	14	48	46.6351	15	16	47	03.2509	15	18	49	16.5169
16	14	52	43.1852	16	16	50	59.8108	16	18	53	13.0782
17	14	56	39.7379	17	16	54	56.3726	17	18	57	09.6362
18	15	00	36.2934	18	16	58	52.9349	18	19	01	06.1911
19	15	04	32.8514	19	17	02	49.4959	19	19	05	02.7436
20	15	08	29.4107	20	17	06	46.0545	20	19	08	59.2951
21	15	12	25.9700	21	17	10	42.6101	21	19	12	55.8471
22	15	16	22.5279	22	17	14	39.1629	22	19	16	52.4005
23	15	20	19.0833	23	17	18	35.7138	23	19	20	48.9561
24	15	24	15.6358	24	17	22	32.2642	24	19	24	45.5139
25	15	28	12.1857	25	17	26	28.8154	25	19	28	42.0736
26	15	32	08.7341	26	17	30	25.3684	26	19	32	38.6345
27	15	36	05.2823	27	17	34	21.9238	27	19	36	35.1957
28	15	40	01.8316	28	17	38	18.4814	28	19	40	31.7563
29	15	43	58.3831	29	17	42	15.0409	29	19	44	28.3158
30	15	47	54.9370	30	17	46	11.6014	30	19	48	24.8736
				31	17	50	08.1620				

Lipiec				Sierpień				Wrzesień			
1	19	52	21.4295	1	21	54	34.6515	1	23	56	47.8038
2	19	56	17.9836	2	21	58	31.2015	2	0	00	44.3586
3	20	00	14.5362	3	22	02	27.7526	3	0	04	40.9157
4	20	04	11.0877	4	22	06	24.3057	4	0	08	37.4740
5	20	08	07.6391	5	22	10	20.8612	5	0	12	34.0325
6	20	12	04.1912	6	22	14	17.4194	6	0	16	30.5895
7	20	16	00.7448	7	22	18	13.9797	7	0	20	27.1439
8	20	19	57.3008	8	22	22	10.5410	8	0	24	23.6949
9	20	23	53.8596	9	22	26	07.1017	9	0	28	20.2430
10	20	27	50.4211	10	22	30	03.6602	10	0	32	16.7895
11	20	31	46.9845	11	22	34	00.2152	11	0	36	13.3364
12	20	35	43.5483	12	22	37	56.7668	12	0	40	09.8849
13	20	39	40.1104	13	22	41	53.3159	13	0	44	06.4359
14	20	43	36.6695	14	22	45	49.8642	14	0	48	02.9892
15	20	47	33.2250	15	22	49	46.4135	15	0	51	59.5443
16	20	51	29.7774	16	22	53	42.9646	16	0	55	56.1003
17	20	55	26.3283	17	22	57	39.5180	17	0	59	52.6563
18	20	59	22.8790	18	23	01	36.0735	18	1	03	49.2116
19	21	03	19.4311	19	23	05	32.6303	19	1	07	45.7655
20	21	07	15.9850	20	23	09	29.1877	20	1	11	42.3177
21	21	11	12.5412	21	23	13	25.7450	21	1	15	38.8681
22	21	15	09.0992	22	23	17	22.3014	22	1	19	35.4167
23	21	19	05.6586	23	23	21	18.8562	23	1	23	31.9639
24	21	23	02.2183	24	23	25	15.4092	24	1	27	28.5104
25	21	26	58.7778	25	23	29	11.9603	25	1	31	25.0569
26	21	30	55.3361	26	23	33	08.5096	26	1	35	21.6042
27	21	34	51.8928	27	23	37	05.0577	27	1	39	18.1531
28	21	38	48.4477	28	23	41	01.6051	28	1	43	14.7042
29	21	42	45.0006	29	23	44	58.1526	29	1	47	11.2578
30	21	46	41.5519	30	23	48	54.7011	30	1	51	07.8135
31	21	50	38.1020	31	23	52	51.2513				

Październik		Listopad		Grudzień	
1	1 55 04.3707	1	3 57 17.5150	1	5 55 34.1647
2	1 59 00.9284	2	4 01 14.0666	2	5 59 30.7162
3	2 02 57.4852	3	4 05 10.6161	3	6 03 27.2693
4	2 06 54.0398	4	4 09 07.1649	4	6 07 23.8247
5	2 10 50.5916	5	4 13 03.7142	5	6 11 20.3827
6	2 14 47.1406	6	4 17 00.2655	6	6 15 16.9428
7	2 18 43.6876	7	4 20 56.8194	7	6 19 13.5044
8	2 22 40.2342	8	4 24 53.3760	8	6 23 10.0663
9	2 26 36.7820	9	4 28 49.9346	9	6 27 06.6276
10	2 30 33.3321	10	4 32 46.4941	10	6 31 03.1874
11	2 34 29.8850	11	4 36 43.0536	11	6 34 59.7454
12	2 38 26.4401	12	4 40 39.6120	12	6 38 56.3015
13	2 42 22.9966	13	4 44 36.1689	13	6 42 52.8558
14	2 46 19.5536	14	4 48 32.7240	14	6 46 49.4087
15	2 50 16.1101	15	4 52 29.2773	15	6 50 45.9609
16	2 54 12.6653	16	4 56 25.8291	16	6 54 42.5131
17	2 58 09.2190	17	5 00 22.3797	17	6 58 39.0662
18	3 02 05.7708	18	5 04 18.9300	18	7 02 35.6209
19	3 06 02.3210	19	5 08 15.4806	19	7 06 32.1779
20	3 09 58.8696	20	5 12 12.0325	20	7 10 28.7376
21	3 13 55.4174	21	5 16 08.5864	21	7 14 25.2997
22	3 17 51.9651	22	5 20 05.1430	22	7 18 21.8635
23	3 21 48.5134	23	5 24 01.7021	23	7 22 18.4276
24	3 25 45.0632	24	5 27 58.2635	24	7 26 14.9903
25	3 29 41.6153	25	5 31 54.8258	25	7 30 11.5503
26	3 33 38.1698	26	5 35 51.3879	26	7 34 08.1071
27	3 37 34.7268	27	5 39 47.9482	27	7 38 04.6611
28	3 41 31.2855	28	5 43 44.5059	28	7 42 01.2135
29	3 45 27.8449	29	5 47 41.0607	29	7 45 57.7656
30	3 49 24.4037	30	5 51 37.6133	30	7 49 54.3188
31	3 53 20.9606			31	7 53 50.8741

Część druga

(dydaktyczno–informacyjna)

Praca plastyczna nadesłana na III Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”
przez Lidię Chinarovą z Odessy (I miejsce).

Częstochowska aktywność astronomiczna 2013

Bogdan Wszołek

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Krzysztof Gawor

Agnieszka Dymarek

Kamil Kluza

Obronione prace

W dniu 3 października Kamil Kluza zdał egzamin licencjacki z fizyki w częstochowskiej AJD prezentując pracę „Międzygwiazdowe struktury absorpcyjne w widmie gwiazdy HD149757", wykonaną pod opieką dr. Bogdana Wszołka.

W dniu 9 października Krzysztof Gawor zdał egzamin licencjacki z fizyki w częstochowskiej AJD prezentując pracę „Przykłady kwantowania wielkości fizycznych w makrokosmosie", wykonaną pod opieką dr. Bogdana Wszołka.

Dnia 10 października Agnieszka Dymarek uzyskała w AJD tytuł magistra fizyki na podstawie pracy „Analiza międzygwiazdowych linii i pasm absorpcyjnych w kierunku gwiazdy HD24760", wykonanej pod kierunkiem dr. Bogdana Wszołka.

Spotkania astronomiczne w Planetarium

Tradycyjnie w środy o godzinie 19-tej odbywały się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD spotkania częstochowskich sympatyków astronomii i astronautyki. Zrealizowano kilkadziesiąt spotkań, przy średniej frekwencji 21 osób. Odczyty prezentowali w większości częstochowscy miłośnicy astronomii – najczęściej Bogdan Wszołek i Waldemar Zwierzchlejski. Jednorazowo wystąpili też Zdzisław Krachulec, Artur Leśniczek, Maria Płomińska. Gościnnie wystąpili Jadwiga Donatowicz z Wiednia, Mateusz Malenta z Manchesteru oraz Piotr Koperski z Warszawy.

Z astronomią do publiczności

W roku 2013, podobnie jak wcześniej, ciężar oświecania społeczeństwa Częstochowy w zakresie astronomii i astronautyki spoczywał głównie na Instytucie Fizyki AJD oraz na Stowarzyszeniu Astronomia Nova. Oprócz możliwości korzystania z odpłatnych usług Planetarium, społeczność częstochowska mogła uczestniczyć nieodpłatnie w regularnych środowych spotkaniach astronomicznych organizowanych w Planetarium oraz w wielu publicznych akcjach obserwacyjnych, np. obserwacjach meteorów oraz teleskopowych pokazach Księżyca i planet organizowanych na Placu Biegańskiego przez Astronomię Novą we współpracy z AJD, a także w imprezach organizowanych przy niedawno zbudowanym radioteleskopie RT-13.

Konkurs grudziądzki

Dnia 4 marca 2013 w VII LO im. Mikołaja Kopernika w Częstochowie odbyła się wojewódzka edycja XXXIX Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego im. Profesora Roberta Głębockiego (OMSA). Koordynatorem etapu wojewódzkiego była mgr Urszula Jeruszka. Spośród dziesięciu referatów dopuszczonych do tego etapu wyłoniono cztery najlepsze. Ich autorzy, Mateusz Krakowczyk z Rybnika, Oliwier Roszak z Częstochowy, Klaudia Musiał z Koniecpola i Aleksander Magosz z Gliwic, wzięli udział w eliminacjach ogólnopolskich w Grudządzu w dniach 21-23 marca. Częstochowianin, Oliwier Roszak, zajął tam bardzo wysokie, II miejsce.

Oliwier Roszak, częstochowski miłośnik astronomii z IV LO im. Henryka Sienkiewicza, w trakcie głoszenia swojego referatu pt. „M13" podczas eliminacji wojewódzkich. (*fot. U. Jeruszka*)

Yuris Night

Z inicjatywy Astronomii Novej 12 kwietnia 2013 odbyła się Pierwsza Krakowska Noc Gagarinowska. Pomieszczeń użyczył Instytut Fizyki UJ. Wygłoszono referaty nawiązujące do lotu Gagarina oraz do ostatnich polskich osiągnięć w zakresie podboju kosmosu. Bardziej szczegółowa relacja na stronie 79 tego kalendarza.

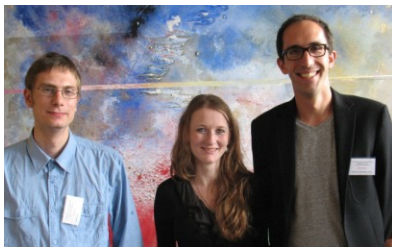
Walne zebranie Astronomii Novej

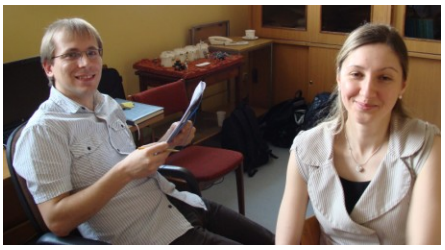
W dniu 10 maja w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie odbyło się zebranie Zarządu Astronomii Novej (AN) oraz Walne Zebranie. Szeregi AN zasilili: Maciej Mikołajewski (Toruń), Michał Grzesiczak (Radomsko), Vladislava Marsakova (Odessa), Maria Tkachenko (Odessa), Klub Turystyczno Astronomiczny „Ryjek" (Kraków). Polskiemu kosmonaucie, Mirosławowi Hermaszewskiemu przyznano członkowstwo honorowe. Podjęto uchwałę o objęciu patronatem AN budowy radioteleskopów z Psar.

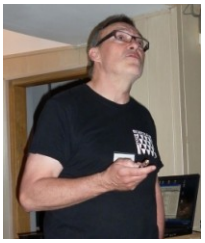
Prezesowstwo AN podczas obrad.
Od lewej: Marek Jamrozy, Bogdan Wszołek i Dariusz Stefański. (*fot. L. Kudashkina*)

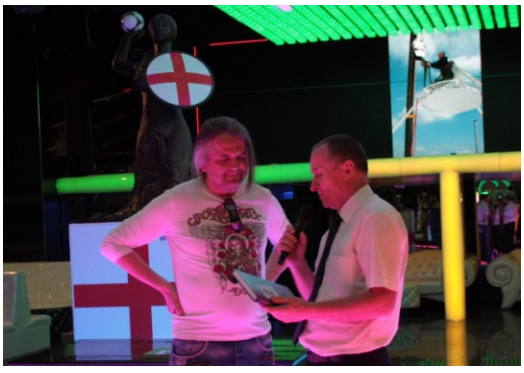
Astrophsica Nova V

W dniach 9-10 maja 2013, w Planetarium Instytutu Fizyki AJD oraz w dyskotece Ray odbyła się piąta międzynarodowa Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych z serii „Astrophisica Nova". Zorganizowali ją członkowie Astronomii Novej: Bogdan Wszołek (AJD w Częstochowie), Agnieszka Kuźmicz (OA UJ w Krakowie) oraz Agata Kołodziejczyk (INOŚ UJ w Krakowie). Akademia im. Jana Długosza oraz częstochowska dyskoteka RAY użyczyły pomieszczeń oraz koniecznego wsparcia finansowego. W konferencji wzięło udział ponad 70 osób, w tym 15 zza granicy (Ukraina, Austria, Francja). Zaprezentowano kilkadziesiąt wykładów i kilkanaście plakatów. W części czwartej niniejszego kalendarza zamieszczono treści niektórych wystąpień. Konferencji towarzyszyły prezentacje planetaryjne, dyskoteka oraz wycieczka krajoznawcza po Jurze. Poniżej zamieszczono fotografie wykonane podczas konferencji (*archiwa Astronomii Novej*).









X konkurs astronomiczny Urania

Dnia 6 czerwca 2013 odbył się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał X Ogólnopolskiego Konkursu Astronomicznego Urania dla uczniów gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych. Do finału przystąpiło 10-cioro gimnazjalistów i 6-cioro uczniów ze szkół ponadgimnazjalnych. W grupie gimnazjalnej Adam Dąbek zajął pierwsze miejsce, Aleksandra Ogorzelska i Zuzanna Żbik drugie, a Aleksandra Kaczmarek trzecie. Wszyscy wymienieni są uczniami Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie. W grupie starszych pierwsze miejsce zdobył Filip Ogorzelski z Wieruszowa, drugie Mikołaj Tomaszek, też z Wieruszowa, a trzecie uzyskała Julia Makuch z Częstochowy. Wszyscy uczestnicy konkursu otrzymali dyplomy oraz nagrody książkowe ufundowane przez Stowarzyszenie Astronomia Nova i osoby prywatne: Kazimierza Błaszczaka i Henryka Ogorzelskiego. Łączna wartość nagród przekroczyła 800 złotych. Dla uczestników konkursu wyświetlono seans planetaryjny. Jubileuszowy konkurs, jak wszystkie poprzednie, zorganizował dr Bogdan Wszołek. Pomagali mu w dniu finału: mgr Magdalena Biernacka, Agnieszka Dymarek i mgr Tomasz Kisiel.

Finaliści X konkursu Urania wraz z organizatorami i opiekunami. (*fot. B.Wszołek*)

III konkurs artystyczny „Ars Astronomica”

Dnia 6 czerwca 2013 odbył się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał III międzynarodowego konkursu Artystycznego „Ars Astronomica”. Do finału przystąpiło łącznie 210 osób z czterech krajów: Polska (201 osób), Słowacja (4), Ukraina (3) i USA (2). Autorzy wszystkich grup wiekowych nadesłali prace artystyczne różnego rodzaju: rysunki, prace malarskie, instalacje, rzeźby, prace literackie, fotografie, plakaty, filmy i prezentacje multimedialne. Prace oceniało Jury w składzie: dr Bogdan Wszołek (przewodniczący), mgr Leszek Paszkowski, Żaneta Wojtala i Izabela Motyl. Trzydziestu autorom przyznano pierwsze miejsca, czterdziestu trzem drugie, a sześćdziesięciu siedmiu trzecie. Wszystkim uczestnikom przyznano dyplomy i nagrody rzeczowe o łącznej wartości 3500 złotych. Nagrody ufundowała Astronomia Nova (dotacja MNiSW – 2000 zł, dotacja Starostwa Częstochowskiego – 500 zł, inne – 900 zł.) i Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii (100 zł.). Konkurs zorganizował Bogdan Wszołek. Wniosek o dotację ministerialną złożyła Agnieszka Kuźmicz. Dyplomy wykonały Agnieszka Dymarek i Magdalena Biernacka. W organizacji wystawki oraz przy wręczaniu nagród pomagały: Agnieszka Dymarek, Magdalena Biernacka i Julita Ozga.

Finaliści mieli okazję obejrzeć wystawkę najlepszych prac, a w Planetarium film popularny o największym teleskopie świata. Więcej szczegółów można znaleźć na stronie: www.astronomianova.org .

Grupka młodszych uczestników konkursu z organizatorami i opiekunami.
(*fot. B.Wszołek*)

Kobiety i kosmos

13 czerwca 2013 roku w Muzeum Historii Natury w Wiedniu odbyły się zorganizowane przez ONZ otwarte obchody upamiętniające kobiece loty w kosmos. Z ramienia Astronomii Novej w obchodach wzięli udział Agata i Paweł Kołodziejczykowie z Krakowa. Szczegółowa relacja z wydarzenia na stronie 81 tego kalendarza.

Parzymiechy i gwiazdy

Parzymiechy są ostatnim miejscem ziemskiej aktywności ks. Bonawentury Metlera. Miejscowa szkoła nosi imię tego niezłomnego popularyzatora astronomii. Nauczyciele, proboszcz i władze gminy pielęgnują pamięć o księdzu Metlerze. W roku 2013 zorganizowano kilka imprez astronomicznych dla uczniów. W dniu 25 maja odbyła się młodzieżowa mini sesja astronomiczna, podczas której dr Bogdan Wszołek z częstochowskiej AJD przedstawił prezentację multimedialną o tranzytach Wenus w latach 2004 i 2012. Dnia 6 czerwca młodzież z Parzymiech czynnie uczestniczyła w Częstochowie w finale konkursu „Ars Astronomica", prezentując prace plastyczne o treściach astronomicznych. W dniu 19 czerwca dzieci z Parzymiech przyjechały do Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie dla obejrzenia seansu planetaryjnego, wysłuchania wykładu Bogdana Wszołka oraz obserwacji teleskopowych nieba. W dniu 1 września otwarto na starej plebanii w Parzymiechach wystawę astronomicznych prac plastycznych. We współpracy z Bogdanem Wszołkiem planuje się budowę w Parzymiechach lokalnego miłośniczego obserwatorium astronomicznego.

Młodzież i opiekunowie uczestniczący w sesji astronomicznej w dniu 25 maja w Parzymiechach. (*fot. B.Wszołek*)

Młodzież z Parzymiech w Częstochowie w dniu 19 czerwca 2013. (*fot. B.Wszołek*)

Pożegnanie wiosny przez Metlerowców

Wieczorem 19 czerwca grupa częstochowskich miłośników astronomii zebrała się w kamieniołomie „Kielniki" aby przy ognisku uroczyście zakończyć kolejny sezon środowych spotkań astronomicznych. Wyróżnienia Prezesa za działalność w roku 2013 otrzymali: Magdalena Biernacka, Waldemar Zwierzchlejski, Kazimierz Błaszczak, Agnieszka Dymarek, Artur Leśniczek, Maria Płomińska i Sabina Zabielska.

W oczekiwaniu najkrótszej nocy roku 2013 w kamieniołomie „Kielniki". (*fot. B.Wszołek*)

Space Station I

Dnia 10 sierpnia odbyła się w Rzepienniku Biskupim pierwsza impreza astronomiczno-turystyczna „Space Station I". Mini konferencję naukową oraz szereg towarzyszących jej atrakcji zorganizowało stowarzyszenie Astronomia Nova. Mimo brzydkiej pogody w imprezie wzięło udział kilkaset osób, głównie z Małopolski. Z Częstochowy przybyło kilka osób. Więcej szczegółów w relacji na stronie 83 tego kalendarza.

Miejsce pod wieruszowski radioteleskop

Dnia 3 września ustalono, że bliźniaczy w stosunku do częstochowskiego radioteleskop z Psar, który trafił do Wieruszowa, stanie na terenie dotychczasowej szkoły w Cieszęcinie, oddalonym 5 km od Wieruszowa. Organizacją budowy zajmuje się głównie Kazimierz Błaszczak, przewodniczący koła Astronomii Novej w Wieruszowie. Oprócz władz lokalnych wspierają go w tym przedsięwzięciu m.in. Paweł Malik, Henryk Ogorzelski i Bogdan Wszołek. Astronomia Nova obejmuje inwestycję patronatem merytorycznym.

Kazimierz Błaszczak (w środku) w otoczeniu osób wspierających inicjatywę budowy RT-13 w Cieszęcinie. (*fot. B.Wszołek*)

XXXVI Zjazd PTA

W dniach 11-14 września 2013 odbył się w Warszawie Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (PTA). Brało w nim udział wielu członków Astronomii Novej, w tym Prezes. Podczas zjazdu wygłoszono kilkadziesiąt wspaniałych wykładów z różnych dziedzin astronomii. Zaprezentowano też wiele plakatów. Nadto dokonano wyboru nowych władz PTA. Ustępującą Prezes, prof. Bożenę Czerny, zastąpiła dr Agnieszka Kryszczyńska.

Osobliwością XXXVI Zjazdu PTA było wręczenie największego polskiego wyróżnienia astronomicznego, Medalu im. Bohdana Paczyńskiego. Medalem uhonorowano angielskiego astronoma królewskiego – prof. Martina Reesa z Cambridge. Baron Rees of Ludlow otrzymał ten medal za wybitne osiągnięcia w dziedzinie astronomii i astrofizyki. Jest jednym z najczęściej cyto-

wanych w świecie astrofizyków, jego indeks Hirscha przekracza setkę. Na swoim bogatym koncie prestiżowych wyróżnień i nagród ma m.in. nagrodę Templetona. Na zakończenie Zjazdu Martin Rees wygłosił wspaniały wykład, przybliżający jego najistotniejsze odkrycia oraz nawiązujący do współpracy naukowej z polskimi astronomami, w tym z Bohdanem DPaczyńskim.

Martin Rees w towarzystwie Weroniki Śliwy i Bogdana Wszołka. (*fot. S. Soberski*)

Bogdan Wszołek i Martin Rees podczas rozmów kuluarowych. (*fot. S. Soberski*)

Wizyta w polskiej naziemnej stacji obsługi lotów kosmicznych

Uczestnicząc w XXXVI Zjeździe PTA, Bogdan Wszołek odwiedził powstającą w Warszawie naziemną stację obsługi pierwszych polskich naukowych sztucznych satelitów Ziemi typu BRITE, o nazwach „Lem" i „Heweliusz". Zaprosił go tam i oprowadził po stacji Grzegorz Woźniak – jeden z jej twórców i gospodarzy. Dyskutowano między innymi możliwości budowy stacji naziemnych z prawdziwego zdarzenia z wykorzystaniem anten z Psar, pozostających w gestii Astronomii Novej.

Grzegorz Woźniak specjalista ds. telekomunikacji satelitarnej z odbiornikami radiowymi.

Nadawczo-odbiorczy zestaw anten dla komunikacji z pierwszymi polskimi satelitami naukowymi BRITE.PL: „Lem" i „Heweliusz". Anteny i cała polska naziemna stacja obsługi satelitów znajdują się w Centrum Astronomicznym PAN w Warszawie, przy ulicy Bartyckiej 18. Czasza anteny paraboloidalnej ma średnicę 3 metry. Wystarczy to w zupełności do obsługi lotów orbitalnych.

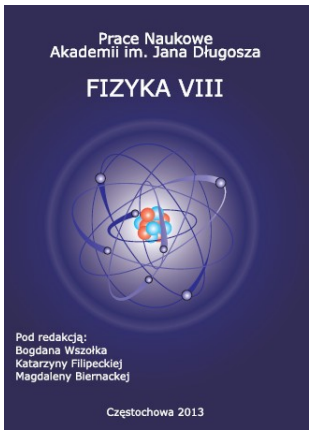
Wizyta w ESTEC

W dniach 9-11 października 2013 odbyło się w European Space Research and Technology Centre (ESTEC) w Holandii spotkanie na szczycie mające na celu ustalenie nowych rozwiązań technologicznych dotyczących satelitarnych obserwacji Ziemi: „1st International Earth Observation Convoy and Constellation Concepts Workshop". Astronomia Nova była tam reprezentowana przez dr Agatę Kołodziejczyk. Szczegółowa relacja z tego wydarzenia znajduje się na stronie 85 tego kalendarza.

Prace Naukowe AJD

Po przerwie od 2005 roku, staraniem redaktorów z Astronomii Novej, reaktywowano Prace Naukowe AJD z fizyki. Książka zawiera artykuły z różnych dziedzin fizyki i astronomii. Jest kolorowa i w twardej oprawie. Jej wersja elektroniczna jest zamieszczona na stronie: www.if.ajd.czest.pl. Książkę można też wypożyczyć, m.in. w Bibliotece AJD w Częstochowie.

Katarzyna Filipecka, Bogdan Wszołek i Magdalena Biernacka, redaktorzy reaktywowanych Prac Naukowych AJD z Fizyki. (*archiwa AN*)



Strona tytułowa Prac. (*archiwa AN*)

Konferencja w Niepołomicach

W dniach 18-20 października 2013 odbyła się na Zamku Królewskim w Niepołomicach VI międzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie". Uczestniczyło w niej m.in. kilku członków Astronomii Novej. Konferencja obejmowała: wykłady naukowe, warsztaty obserwacyjne dla nauczycieli oraz wycieczkę do Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie. Wielkim zaskoczeniem dla zwiedzających obserwatorium był świeżo odnowiony historyczny teleskop firmy Grubb z 1874 roku. Teleskop został odrestaurowany przez studentów i za ich własne środki. Wyprowadzenie teleskopu z kilkudziesięcioletniej „zapaści" do stanu pełnej użyteczności kosztowało mniej niż miesięczna pensja jednego profesora. Gdyby nie studencka inicjatywa, teleskop szybko doczekałby się złomowania. Odnowiony refraktor posłuży dydaktyce i popularyzacji astronomii. W odnowę teleskopu najmocniej zaangażował się Janusz Nicewicz, astronom, członek Astronomii Novej. Cały teleskop został rozebrany, a następnie, po oczyszczeniu i zakonserwowaniu części składowych, ponownie złożony i pomalowany. Obecnie stanowi atrakcję numer jeden dla wycieczek zwiedzających uniwersyteckie obserwatorium. Bliższe szczegóły dotyczące teleskopu zostały przedstawione w osobnym artykule na stronie 133 tego kalendarza.

Janusz Nicewicz w odświeżonej kopule przy odnowionym teleskopie. (*fot. B.Wszołek*)

Nagroda Marszałka dla dr. Bogdana Wszołka

Dnia 22 października Marszałek Województwa Śląskiego uhonorował nagrodą im. Karola Miarki częstochowskiego astronoma za wybitny dorobek wzbogacający wartości kultury regionu i kraju. Jest to godny odnotowania przypadek oficjalnej aprobaty dla promieniujących z Częstochowy działań na rzecz rozwoju polskiej astronomii i astronautyki. Laudacja dla laureata została zamieszczona na stronie 93 tego kalendarza.

Ceremonia wręczania nagrody. (*archiva Regionalnego Ośrodka Kultury w Częstochowie*)

II konkurs astrofotograficzny

W dniu 14 listopada sfinalizowano w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie II Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii. Spośród kilkudziesięciu nadesłanych prac, wyróżniono siedem najlepszych. Trzy pierwsze miej-

sca zajęli Hubert Dróżdż (Radomsko), Paweł Górka (Radomsko) oraz Agnieszka Kuźmicz (Kraków). Drugie miejsce zajął Artur Leśniczek (Częstochowa). Trzy trzecie miejsca zajęli Marta Kania (Częstochowa), Oskar Koniarski (Częstochowa) i Artur Kuźmicz (Kraków). Nagrody zostały ufundowane przez Częstochowskie Starostwo Powiatowe i Astronomię Novą. Ciężar organizacji i przeprowadzenia konkursu wziął na siebie Bogdan Wszołek.

Kometa C/2011 L4 PANSTARS. (*fot. Paweł Górka*)

Z dyplomami od lewej: Artur Leśniczek, Marta Kania, Paweł Górka i Oskar Koniarski. (*fot. A. Leśniczek*)

Księżycowy gość

W dniach 20-21 listopada gościł w Częstochowie dr Piotr Koperski z Warszawy, wybitny specjalista od astrofizyki plazmy, a także ekspert w zakresie planowania i budowy aparatury kosmicznej. Głównym celem jego wizyty było spotkanie robocze dla wstępnego przygotowania koncepcji aparaturowego lotu na Księżyc. Pomysł takiego lotu, organizowanego przez Astronomię Novą, wysunął niedawno dr Bogdan Wszołek i poszukuje sojuszników. Dr Piotr Koperski zgłosił się do zespołu księżycowego, jako jeden z pierwszych. Podczas wizyty wygłosił w planetarium wspaniały 2-godzinny wykład o burzach magnetycznych. Planetarium było po brzegi wypełnione słuchaczami. Nadto, odwiedził częstochowski radioteleskop, rozważany jako jedna z naziemnych stacji obsługi planowanego lotu na Księżyc.

Dr Piotr Koperski przy częstochowskim RT-13. (*fot. B. Wszołek*)

Konferencja kosmiczna w Pałacu Kultury

Z okazji wystrzelenia w kosmos polskiego satelity „Lem” (rankiem 21 listopada 2013) w Muzeum Techniki w Warszawie zorganizowano w dniu 22 listopada konferencję zatytułowaną: „Polska w kosmosie wczoraj, dziś, jutro”. Wygłoszono 21 wykładów na tematy dotyczące polskich zmagań kosmicznych. Można się było zapoznać z historią polskich rakiet z serii „Meteor”, a także z rolą Centrum Badań Kosmicznych PAN w badaniach przestrzeni kosmicznej. Odbyła się też premiera filmu „Polska Rzeczpospolita Kosmiczna”. Najbardziej wszystkich interesowało, jak się rozpoczęła misja „Lema”. Po sześciu udanych kontaktach radiowych z satelitą, ze stacji

polskiej i kanadyjskiej, uznano, że wszystko idzie zgodnie z planem, ku ogólnej radości uczestników konferencji. Astronomia Nova była reprezentowana na konferencji przez Agatę Kołodziejczyk z Krakowa i Bogdana Wszołka z Częstochowy. Bogdan Wszołek wygłosił tam wykład „Drugie życie radioteleskopów z Psar".

Bogdan Wszołek i Agata Kołodziejczyk w podwojach Pałacu Kultury. (*archiwa AN*)

Meet The Space

W dniach 5-6 grudnia Astronomia Nova oraz Instytut Nauk o Środowisku Uniwersytetu Jagiellońskiego zorganizowały w Krakowie międzynarodową konferencję naukową poświęconą problematyce kosmicznej. Z Częstochowy wzięło w niej udział 7 osób. Podczas konferencji ogłoszono uroczyście nadanie honorowego członkostwa AN polskiemu kosmonaucie, gen. Mirosławowi Hermaszewskiemu. Kosmonauta wygłosił wykład otwierający konferencję p.t. „Kosmonautyka wczoraj, dziś i jutro". Szczegóły dotyczące imprezy można znaleźć na stronie www.meetthespace.org , oraz na stronie 103 tego kalendarza.

Mirosław Hermaszewski wczoraj i dziś. (*archiwa AN*)

Nic nie wzrusza nieba bardziej, jak śmierć astronoma

Bogdan Wszołek

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Tytułowe słowa wypowiedziane przez „ucznia” nad trumną „mistrza” oddają nastrój towarzyszący odejściu Konrada Rudnickiego, genialnego człowieka o ogromnej wiedzy i przeogromnej życzliwości.

Zaduma nad Wszechświatem, zwłaszcza jego ewolucją i ustawiczną dążnością do harmonii, zawsze pomagała człowiekowi w poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie: jak żyć? Wiele wskazuje na to, że dobre życie zasadza się z jednej strony na wysiłku dla pogłębienia wiedzy o otaczającym świecie, z drugiej na pracy dla wzrostu w sferze etycznej. Ludzie, którzy podejmują oba wysiłki jednocześnie należą do rzadkości, ale to oni mają największe szanse na szlachetne spełnienie się dla dobra świata. Konrad Rudnicki był wspaniałym przykładem człowieka urzeczywistniającego zrównoważony rozwój w obu tych istotnych obszarach i swoim przykładem pięknie ilustrował prawdę, że gwarantem prawdziwego postępu jest człowiek coraz lepszy i człowiek coraz bardziej oświecony.

Konrad Rudnicki wychował się w rodzinie o poglądach silnie lewicowych. Podczas wojny zgłosił się, jeszcze jako nieletni, do partyzantki. Walczył z Niemcami w oddziałach Gwardii Ludowej. Niezależnie w jego domu rodzinnym przechowywano Żydów. Schwytany podczas jednej z bitew został skazany przez niemiecki sąd polowy na karę śmierci i tylko cudownym zbiegiem okoliczności uniknął egzekucji. Po wojnie podjął studia na Uniwersytecie Warszawskim i w 1949 roku ukończył je zdobywając tytuł magistra astronomii. Najmocniejszy wpływ na jego rozwój astronomiczny mieli Włodzimierz Zonn (w Warszawie) oraz Fritz Zwicky (w California Institute of Technology w Pasadenie). Jako młody astronom przeszedł transformację od ateizmu do wiary w Boga i stał się gorliwym chrześcijaninem.

Zdobył odpowiednie wykształcenie teologiczne i został wyświęcony na księdza w ramach Staropolskiego Kościoła Mariawitów.

Konrad Rudnicki był astronomem, teologiem oraz metodologiem i historykiem nauki. Studia odbył w Uniwersytecie Warszawskim oraz w Mariawickim Seminarium Duchownym w Płocku. Pracował na Uniwersytecie Warszawskim, California Institute of Technology w Pasadenie, Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, Wyższej Szkole Środowiska w Bydgoszczy. Jako visiting professor prowadził badania w Mathematisch-Physykalisches Institut w Dornach oraz Rice University w Houston. Pełnił liczne funkcje duszpasterskie. Jest autorem lub współautorem ponad 130 publikacji w językach kongresowych, w tym wydanego w Rosji i Stanach Zjednoczonych podręcznika astronomii gwiazdowej i około 400 podręczników, książek, broszur i artykułów w języku polskim. Do jego osiągnięć w dziedzinie astronomii należy opublikowanie w roku 1972 najgłębszego w owym czasie przeglądu galaktyk w tzw. Polu Jagiellońskim. Jest odkrywcą komety nazwanej jego nazwiskiem. W dziedzinie teologii opracował pierwsze krytyczne wydanie objawień Marii Franciszki Kozłowskiej. W dziedzinie metodologii nauk jego naukowym testamentem jest monografia o zasadach kosmologicznych. Był członkiem wielu towarzystw naukowych, między innymi Międzynarodowej Unii Astronomicznej i Powszechnego Towarzystwa Antropozoficznego. Został wybrany członkiem Wolnej Europejskiej Akademii Nauk. Otrzymał wiele odznaczeń wojennych i cywilnych, między innymi honorowe obywatelstwo Izraela.

Konrad Rudnicki podczas sesji naukowej „Człowiek i Wszechświat" w towarzystwie Michała Hellera i autora. Sesję zorganizowano w Krakowie w dniu 15.10.2011 roku dla uhonorowania Konrada Rudnickiego w 85-lecie jego urodzin. *(fot. A. Kołodziejczyk)*

Każdy, kto miał przyjemność i zaszczyt współpracować z profesorem Rudnickim wspomina to z wielką wdzięcznością. Jako wybitny uczony i wspaniały wychowawca młodzieży był dla współpracowników mentorem, mistrzem, doradcą i przyjacielem. Był dużo więcej niż zasłużonym astronomem. Otworzył nowe dziedziny badań, ma ogromny dorobek, na trwale zapisał się w światową naukę i pozostawił po sobie szkołę uczniów. Jest ojcem tego wszystkiego, co dziś wielkie w polskiej astronomii. Zostawił podręcznik tłumaczony na kilka języków, na podstawie którego, wykłada się na wielu uczelniach świata. W Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, gdzie pracował przez większość swego aktywnego życia, zainicjował badania galaktyk i ośrodka międzygalaktycznego. Tematyka ta podniosła prestiż ośrodka i dała mu wysoką międzynarodową pozycję. Dwie ostatnie książki Konrada Rudnickiego: „Zasady kosmologiczne" (2002) oraz „Człowiek i Środowisko" (2008), mają wartość ponadczasową, której pełne odkrycie i zagospodarowanie ma dopiero nastąpić.

Konrad Rudnicki był równocześnie wysokiego formatu naukowcem i wspaniałym popularyzatorem astronomii. Równie często głosił referaty na poważnych konferencjach naukowych, jak na spotkaniach dla miłośników astronomii i podczas różnego rodzaju występów publicznych. Był członkiem wielu naukowych towarzystw astronomicznych, ale także stowarzyszeń skupiających amatorów zainteresowanych astronomią. Swoje dzieła i artykuły w równej mierze adresował do uczonych, co do studentów, uczniów i miłośników astronomii. W obszarze działań edukacyjnych warto wymienić chociażby: budowę w okresie młodzieńczym (podczas II wojny) amatorskiego obserwatorium astronomicznego w Dobrej Wodzie pod Sulejówkiem, redakcję Uranii,

działalność w ramach Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, autorstwo wielu wydań podręcznika astronomii dla klas maturalnych, autorstwo niezliczonych artykułów popularyzujących astronomię na łamach wielu czasopism popularno naukowych, udział w jury na wielu olimpiadach i konkursach astronomicznych dla młodzieży.

Na niebie zostawił kometę „Rudnicki". Na ziemi, w Jerozolimie, rosnące drzewo Sprawiedliwego wśród Narodów Świata. U swoich synów serdeczną pamięć i naśladowanie ojca. Wśród uczniów i naukowych dzieci pozostaje niedoścignionym wzorem do naśladowania, jeśli idzie o sposoby dociekania prawd, umiejętności ich obrony oraz dzielenia się nimi. Pokolenia następców będą czerpać ze skarbnicy jego wiedzy, spisanej w licznych książkach i czasopismach. Każdy, kto miał okazję go poznać, nie tylko ma z tego satysfakcję i dobre wspomnienia, ale czuje jakąś jego szlachetną cząstkę w sobie.

Konrad Rudnicki został pochowany w dniu 19 listopada na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie (kwatera LXV, rząd 8, grób 37).

Konrad Rudnicki (1926-2013) – kilka wspomnień

Krzysztof Maślanka

Instytut Historii Nauki PAN, Warszawa-Kraków

Przed ponad dwoma laty, na prośbę dr. Bogdana Wszołka, wieloletniego współpracownika i przyjaciela Konrada Rudnickiego, napisałem krótki artykuł dedykowany Profesorowi „z okazji urodzin, wraz z życzeniami wielu dalszych lat owocnej aktywności". Niniejszy tekst jest rozbudowaną wersją tamtego[1].

*

Wiedzieliśmy, że jesienią 2007 roku (11 listopada) Konrad doznał rozległego zawału serca. Wkrótce jednak wrócił do swych licznych obowiązków. Metodyczny i pracowity nie uważał wcale, że słabnące siły są dostatecznym powodem, by chociaż trochę zredukować częste wyjazdy, spotkania, wykłady. (Ostatni swój wykład wygłosił niespełna tydzień przez śmiercią.) Spotykałem go też regularnie na posiedzeniach Rady Naukowej Instytutu Historii Nauki PAN w Warszawie w Pałacu Staszica. Do sali obrad przychodził zawsze jako pierwszy. Referował sprawy m. in. przewodów doktorskich, komentował też trafnie rozmaite problemy. Przygotował też referat na doroczną konferencję „Filozofia kosmologii. Wokół myśli Michała Hellera", który zamierzał wygłosić 6 grudnia 2013 r. Tytuł tego referatu brzmiał: *Istota kosmologii w zaskakującym ujęciu książki Michała Hellera „Filozofia kosmologii"*. Zamiast tego referatu planowane jest krótkie wspomnienie, które przygotował uczeń i pierwszy doktorant Konrada – prof. Piotr Flin.

*

Każde odejście bliskiego, a tym bardziej niepospolitego człowieka wywołuje nową falę wspomnień. Przytoczę tu kilka epizodów.

Po raz ostatni widziałem Konrada w Collegium Novum w piątek, 20 września 2013 r., przed rozpoczęciem konferencji na temat historii matematyki. Powiedział mi wtedy, że dokonał jakiegoś matematycznego spostrzeżenia, które chciałby ze mną skonsultować podczas osobnego spotkania. (Użył chyba słowa „odkrycie", ale nie powiedział nic więcej.) Zgodziłem się oczywiście, zastrzegając jedynie, że mogę się okazać niekompetentny. Do tego spo-

[1] *Trudne piękno matematyki* w: *Człowiek i Wszechświat, Materiały z interdyscyplinarnej sesji naukowej dla uhonorowania profesora Konrada Rudnickiego w 85 rocznicę urodzin*, Częstochowa – Kraków 2012, red. B. Wszołek, A. Kuźmicz i M. Jamrozy.

tkania nigdy już nie doszło. Nie wiem i nigdy nie dowiem się, czego to odkrycie mogło dotyczyć.

Z kolei dwa lata wcześniej, było to chyba w Święto Niepodległości 11 listopada 2011 r., spotkałem Konrada z żoną Teresą na ulicy Sławkowskiej w Krakowie. Miał wtedy trochę problemów z chodzeniem, więc żeby oszczędzać siły, używał czasami fotela na kółkach. Tak było i tym razem. Odprowadziłem ich do domu przy ul. Św. Sebastiana. Po drodze Konrad powiedział: „Wybrali mnie ostatnio do Komitetu Historii Nauki i Techniki PAN. Kadencja trwa tam 3 lata. Więc muszę żyć jeszcze co najmniej 3 lata".

Ale los nie pozwolił zrealizować tego planu i podarował Mu jedynie dwa lata i jeden dzień.

*

Każdy z nas spotyka w ciągu życia tysiące ludzi. Większość z nich pojawia się na krótko i szybko odchodzi do swych spraw. W pamięci tli się jeszcze ślad po nich, ale z czasem i on zanika. Jednak spotkanie kogoś niebanalnego, mimo względnie rzadkich potem kontaktów, pozostawia trwały ślad. Wiemy z pewnością, że bylibyśmy inni nie spotkawszy tego kogoś.

Wydaje mi się, że jest jeszcze inny aspekt natrafienia w życiu na szczególnie niebanalnego człowieka. Pamiętamy wtedy dokładnie moment pierwszego z nim spotkania oraz kilku kolejnych. Tak właśnie było z Konradem Rudnickim.

Gdzieś wiosną 1972 roku poszedłem na wieczorną prelekcję w krakowskiej siedzibie Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Odbywały się one w poniedziałki przy ulicy Solskiego 30 o dziewiętnastej. Ten nieistniejący już dzisiaj lokal miał swoją niepowtarzalną atmosferę. Dla mnie było to wejście w dorosłe życie, w krąg ludzi, którym wiele zawdzięczam. Konrad Rudnicki, wtedy docent krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego, mówił o jakiejś niedawnej paryskiej konferencji (dokładniej: kolokwium) poświęconej rozmieszczeniu gromad galaktyk. Byłem wtedy w drugiej klasie liceum, nie rozumiałem wielu szczegółów, zapamiętałem głównie kolorowe transparencje, ale mimo to poczułem, że stoję u progu prawdziwej nauki. Wtedy jeszcze nie wiedziałem, że słucham inicjatora programu głębokiego przeglądu galaktyk znanego w świecie jako Pole Jagiellońskie, odkrywcy komety C/1966 T1, współpracownika Włodzimierza Zonna i ucznia sławnego Fritza Zwicky'ego, syna lewicowego pisarza Lucjana Rudnickiego (którego powieść *Stare i nowe* była wcześniej moją lekturą szkolną), teologa, człowieka, który w czasie wojny, wraz z matką, ratował Żydów, a także partyzanta Gwardii Ludowej i Armii Ludowej. (Miał wówczas zaledwie 16 lat.) Do końca lojalnie poważał swego dowódcę z tamtych czasów, Mieczysława Moczara, pomimo generalnie niechlubnej roli, jaką ten odegrał w powojennej Polsce, zwanej

Ludową, a zwłaszcza w czasie wydarzeń z roku 1968. Zapytany, czy może jest z Moczarem „na ty", odpowiedział: – Nie, my jesteśmy „na wy".

Mając taką przeszłość i takie koneksje, mógł, jak wielu innych, zacząć robić po wojnie łatwą i skuteczną karierę. Tymczasem wybrał astronomię, a po kilkunastu latach został duchownym zgromadzenia Mariawitów.

Drugie spotkanie jest w mojej pamięci równie wyraźne. Było to 4-go kwietnia 1974 roku, finał XVII-tej Olimpiady Astronomicznej w chorzowskim Planetarium. Organizatorzy zaprosili Konrada, który wygłosił wtedy dla uczestników olimpiady krótką prelekcję. Zapamiętałem jedną tezę, którą z naciskiem przedstawił: „Zawodowy astronom powinien umieć i lubić skutecznie liczyć". Było to trafne, niezbędne uzupełnienie nieznanego mi wtedy jeszcze powiedzenia Tadeusza Banachiewicza: *Observo ergo sum*. Dla mnie natomiast – o czym wtedy jeszcze nie mogłem wiedzieć – były to słowa prorocze, jako że z czasem przeszedłem od astronomii i kosmologii do teorii liczb.

Potem, w zabytkowym budynku starego Obserwatorium przy ul. Kopernika 27, słuchałem Jego wykładu z astronomii ogólnej i sferycznej na pierwszym roku studiów (1974/75) – wykładu, który wszyscy doceniliśmy szczególnie wtedy, gdy, wskutek planowego wyjazdu wykładowcy, zorganizowano zastępstwo. Wtedy dopiero, przez wyraźny kontrast, zobaczyliśmy rzetelność Jego wykładów.

Z mniej poważnych epizodów pamiętam kilka. Chyba na drugim roku studiów mieliśmy praktyczne ćwiczenia z astronomii sferycznej w chorzowskim Planetarium. Koledzy z mojego roku pojechali wcześniejszym pociągiem, ja i Konrad (dla mnie wtedy jeszcze: docent Rudnicki) dojechaliśmy później. Okazało się, że zamówiony pokaz w Planetarium ma być już za parę minut, a my jesteśmy dopiero na stacji kolejowej. Konrad powiedział do mnie wtedy, gdy szybko maszerowaliśmy przez pusty chorzowski park: „Wie pan, gdybyśmy się teraz puścili biegiem, to byśmy zdążyli na czas!" Było to niewątpliwie logiczne. Poczułem się dowartościowany tym oświadczeniem, choć w duchu życzyłem sobie, żeby jednak nie doszło do gonitwy docenta i studenta.

Pamiętam też jakąś nieformalną naukową dyskusję w małym gronie w kuchni Obserwatorium przy ul. Orlej na Bielanach na początku lat osiemdziesiątych. Konrad, wtedy już profesor, uczestniczył w niej aktywnie, ale jednocześnie pracowicie oddzielał kawałek żółtego sera (towar wówczas rzadki i luksusowy) od oblepiającego go czerwonego wosku. Potem nieoczekiwanie zapytał, czy ktoś ma przy sobie kawałek sznurka. Podano mu jakąś nitkę, którą zgrabnie owinął tym woskiem robiąc maleńką świeczkę. Z powagą zapalił ją i z figlarnym uśmiechem zapytał (a dzień był słoneczny): – Czy nie uważacie, że dyskusja przy świecy jest bardziej nastrojowa?

Zniewalająco logiczna uwaga…

Bibliotekę Obserwatorium prowadził wtedy ceniony tłumacz książek, Marek Krośniak. Dla ewidencji wyłożył w czytelni wielki zeszyt wraz z prośbą

o podpisy odwiedzających, „z których zwolnieni są tylko niepiśmienni". Ludzie wpisywali się lub nie, ale Konrad nigdy nie zaniedbał tego. Co ciekawe, każdy Jego podpis był uczyniony innym charakterem pisma, jakby podpisywały się różne osoby. Któregoś dnia podpisał się przekornie jako „Kąrad".

Był jednocześnie bardzo życzliwy, ale też bezkompromisowy. Z końcem lat osiemdziesiątych, już jako asystent, oprowadzałem wycieczkę szkolną po terenie Obserwatorium. Był pogodny wieczór. W kopule teleskopu Maksutowa spotkałem Konrada – wtedy dyrektora Instytutu. Zaaferowany tłumaczyłem szczegóły montażu teleskopu, pokazywałem też zwiedzającym Księżyc. W pewnej chwili Konrad odwołał mnie na bok i dyskretnie szepnął do ucha: „Nie chcę panu psuć opinii przy obcych, ale teleskop należy poruszać trzymając za uchwyty, a nie za tubus". Jako (wtedy jeszcze) kosmolog-teoretyk oraz początkujący matematyk z pokorą przyjąłem tę słuszną uwagę wytrawnego obserwatora.

Zdumiewająca była Jego uczciwość. Kiedy w latach 1979-1980 odbywałem staż w Obserwatorium Konrad zaproponował mi pracę przy organizowaniu wyjazdów studentów na krótką praktykę na Zachodzie – rzecz wówczas dla młodych ludzi atrakcyjna i nieoczekiwana. Zgodziłem się i podpisałem stosowną umowę na jakąś niewielką kwotę. Pracy przy tym nie było dużo, co więcej kiedy wszystko było gotowe, wówczas, z jakichś niezależnych powodów okazało się, że wyjazdy studentów anulowano „na wyższym szczeblu". Zapomniałem o tej sprawie. Mimo wszystko Konrad osobiście przyszedł do mnie i wręczył mi kwotę z umowy. Zaprotestowałem, że przecież nic z tego nie wyszło. – Nie szkodzi, zawarliśmy pisemną umowę i muszę się z niej wywiązać.

Pamiętam też rozmowę sprzed trzech lat w Warszawie, w małej klitce Pałacu Staszica użytkowanej przez kilkanaście osób oraz dwie albo trzy redakcje wydawanych przez mój Instytut periodyków. Do rozpoczęcia obrad Rady Naukowej IHN PAN było jeszcze sporo czasu. Prócz żony Konrada, Teresy, była tam jeszcze, zmarła przedwcześnie, dr hab. Grażyna Rosińska (1937-2013). Konrad wspominał jeden ze swych pobytów w Ameryce w latach sześćdziesiątych. Otóż, w rozmowie z miejscowymi naukowcami, podczas posiłku, Konrad poprosił, by mu podano czajnik. Zapomniał jednak angielskiego słowa *kettle* i odruchowo powiedział po polsku: „czajnik". Zdziwieni amerykańscy koledzy zapytali wtedy, czy nie ma on jakichś konekcji żydowskich. – Dlaczego? – zdziwił się. – Przecież ty mówisz w jidysz. Użyłeś wyraźnie słowa z tego języka: „czajnik".

Epizod, który wspominam najcieplej wiąże się z aperiodycznym zjawiskiem naukowo-satyrycznym znanym jako „Acta Brutusica", trwającym spontanicznie w latach 1992-96. Krajowi astronomowie wiedzą, co to takiego; pozostałym nie będę tłumaczył, gdyż trwałoby to zbyt długo. „Acta" czytali wszyscy: studenci, portierzy, pracownicy naukowi; widziano je nawet na biurku ówczesnego rektora UJ, śp. prof. Andrzeja Pelczara (1937-2010). Otóż po wydaniu

pierwszego numeru naszego pisma Konrad przyniósł nam kilka swoich świetnych, dowcipnych tekstów literackich sprzed lat (wierszem i prozą, poniżej przytaczam jeden z wierszy). Z Jego inicjatywy kilku krakowskich astronomów wzięło udział w konkursie na wesołe, miniaturowe wiersze Jego pomysłu, które nazwał „wierszami znikowymi". Te nietypowe dawki humoru wśród poważnej naukowej rzeczywistości cenili wszyscy.

Jedna sprawa pozostaje dla mnie tajemnicza. Otóż, w mrocznych dniach stanu wojennego, kiedy sowiecka kuratela wydawała się niewzruszona, Konrad kilkakrotnie powtarzał z przekonaniem: „Nie martwcie się. W roku 1989 Polska będzie wolna". Nie traktowano tego poważnie; zresztą dla realistycznie myślących było to stwierdzenie zbyt abstrakcyjne. Nigdy nie zapytałem Go, skąd może to wiedzieć. Niepojęta przenikliwość? Prorocza wizja? Przypadek?

*

Dwa fragmenty jednego z wierszy Konrada Rudnickiego (ok. 1970 r.)

[…]
Jak wygrzebiemy się kiedyś z nędzy,
Jak żona da mi dużo pieniędzy,
Tak sobie marzę, co wtedy zrobię:
Pójdę i znaczków nakupię sobie,
kopert, papieru – aby w ten sposób
Napisać listy do różnych osób:
[…]
Potem zakleję je uroczyście,
Przylepię znaczek na każdym liście,
Spać już nie idąc, o rannym brzasku
Do Bielańskiego pojadę Lasku.
Tam spacerując wśród leśnych alej
Będę rozmyślał, co zrobić dalej.
I rozważywszy różne pomysły
Powrzucam wszystkie listy do Wisły.
I będę patrzył z stromego wału
Jak moje listy toną pomału:
Jeden i drugi, trzeci, dwunasty
I siedemnasty, i dziewiętnasty.
Wreszcie utoną ostatnie dwa.
Aha…

(Rozważania, gdy ze skupioną miną słuchałem na posiedzeniu naukowym referatu o nowych metodach astronomicznych w geodezji – K.R.)

Konrad Rudnicki przy teleskopie „Maksutowa” w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. (*z prywatnej kolekcji autora*)

Yuris Night w Krakowie

Agata Kołodziejczyk

Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

W dniu 12 kwietnia 2013 roku w Instytucie Fizyki UJ w Krakowie odbyła się pierwsza Noc Gagarinowska, pod międzynarodowym sztandarem „Yuris Night", upamiętniająca pierwszy lot człowieka w kosmos oraz pierwszy załogowy lot wahadłowca Columbia. Po uroczystym powitaniu przez organizatorów imprezy: przedstawiciela dziekanatu Wydziału Fizyki i Astronomii UJ – dr. Patryka Macha i prezesa stowarzyszenia Astronomia Nova – dr. Bogdana Wszołka, nastąpiło przemówienie astronauty Chrisa Hadfielda ze stacji ISS przygotowane specjalnie na tę okazję. Sesja wykładowa rozpoczęła się odsłuchaniem oryginalnej wiadomości, nadanej przez rosyjskie stacje radiowe w dniu 12 kwietnia 1961 r., oznajmiającej historyczną wiadomość o pomyślnym przebiegu lotu Yurija Gagarina. Waldemar Zwierzchlejski przybliżył słuchaczom, kulisy pierwszego lotu kosmicznego człowieka, a Jacek Kruk opowiedział historię pobytu Jurija w Polsce, prezentując szereg cennych archiwalnych zdjęć. Z przeszłości historycznej do teraźniejszości przeniósł wykład Agaty Kołodziejczyk pt. „Ciężar nieważkości - zmagania ziemskiej biologii w kosmosie". Wykład przybliżał realia, z jakimi zderzać się musi człowiek

Dr Patryk Mach w imieniu władz Wydziału wita zgromadzonych gości. (*fot. B. Wszołek*)

Dr Bogdan Wszołek wygłasza słowo wstępne. (*fot. A. Kuźmicz*)

poza Ziemią i jakie wyzwania wciąż stoją przed ludzkością. Na koniec Sebastian Kurowski, z Naukowego Koła Studentów Astronomii UJ, opowiedział, jak można samemu podbijać Wszechświat, czyli o możliwościach studiów, finansowania projektów i osobistego rozwoju w stronę eksploracji kosmosu. Po zakończonych wykładach wszyscy udali się do klubu Nawojka, gdzie po poczęstunku odbywały się kosmiczne rozmowy aż do rana. W trakcie imprezy odbył się konkurs na najbardziej kosmiczny strój. Symboliczną nagrodą książkową uhonorowany został Waldemar Zwierzchlejski - właściciel T-shirtu z wizerunkiem Jurija Gagarina.

56 pierwszych kobiet w kosmosie w porządku chronologicznym za okres 1963-2012.

Valentina Tereshkova, Svetlana Savitskaya, Sally Ride, Judith Resnik, Kathryn Sullivan, Anna Fisher, M. Rhea Seddon, Shannon Lucid, Bonnie Dunbar, Mary Cleave, Ellen Baker, Kathryn Thornton, Marsha Ivins, Linda Godwin, Helen Sharman, Tamara Jernigan, Millie Hughes-Fulford, Roberta Bondar, Jan Davis, Mae Jemison, Susan Helms, Ellen Ochoa, Nancy Currie, Janice Voss, Chiaki Mukai, Elena Kondakova, Eileen Collins, Wendy Lawrence, Mary Weber, Catherine Coleman, Claudie Haigneré, Susan Still Kilrain, Kalpana Chawla, Kathryn Hire, Janet Kavandi, Julie Payette, Pamela Melroy, Peggy Whitson, Sandra Magnus, Laurel Clark, Lisa Nowak, Stephanie Wilson, Heidemarie Stefanyshyn-Piper, Anousheh Ansari, Joan Higginbotham, Sunita Williams, Tracy Caldwell Dyson, Barbara Morgan, Yi So-Yeon, Karen Nyberg, K. M. McArthur, Nicole Scott, Dorothy Metcalf-Lindenburger, Naoko Yamazaki, Shannon Walker, Liu Yang.

Kobiety w kosmosie

Agata Kołodziejczyk

Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

13 czerwca 2013 roku w Muzeum Historii Natury w Wiedniu odbyły się otwarte obchody upamiętniające kobiece loty w kosmos: „Women in Space: The Next 50 Years". Pomimo braku różnic między ludźmi w skali Wszechświata wciąż jedyne 10 % astronautów stanowią kobiety. Święto miało zachęcić płeć piękną do podróży pozaziemskich i podkreślić ich znaczenie we wspólnym dążeniu w stronę nieba. Spotkanie zorganizowane było przez United Nations, Office for Outer Space Affairs (OOSA) - stowarzyszenie zajmujące się promowaniem współpracy międzynarodowej w przestrzeni kosmicznej na rzecz pokoju i pomaganiem rozwijającym się krajom w finansowaniu nauk i technologii kosmicznych (www.unoosa.org). Bohaterkami spotkania było pięć kobiet, pionierek astronautyki, z pięciu różnych krajów: pierwsza Kanadyjka i neurobiolog w kosmosie - Roberta Bondar z Kanady, pierwsza kobieta chemik w kosmosie - Janet L. Kavandi ze Stanów Zjednoczonych, pierwsza Japonka i lekarz w kosmosie - Chiaki Mukai i pierwsza Chinka w kosmosie - Liu Yang. Najważniejsza osobistość, pierwsza kobieta w kosmosie - Walentyna Tereshkova, pomimo zaproszenia, nie mogła wziąć udziału w wydarzeniu ze względów osobistych.

Po przywitaniu przez dyrektora Muzeum i prezydenta stowarzyszenia OOSA prowadzenie spotkania powierzono rumuńskiemu astronaucie o imieniu Dunitru-Dorin Prunariu, prezydentowi rady nadzorczej stowarzyszenia astronautów Association of Space Explorers. Przemowy astronautek poprzedzone zostały wypowiedzią aktualnie przebywającej na stacji kosmicznej ISS Karen Nyberg (USA), która wszystkich pozdrawiała z orbity. Każda z pań zaprezentowała swój materiał multimedialny w postaci historycznych slajdów. Dominującym tematem poruszanym przez prelegentki była opowieść o ich rozwijającej się pasji i trudnej drodze do spełnienia marzeń. Japonka Chiaki Mukai zaznaczyła, że każdy z nas ma obowiązek realizować swoje pasje i marzenia ze względu na wszystkich tych, którzy z różnych powodów nie mieli takich szans w życiu i umarli. Ciekawą informacją było również stwierdzenie, że nie ma różnic między młodymi i starymi w kosmosie, i że naprawdę każdy może obecnie spełnić swoje marzenia. Chinka Liu Yang - najmłodsza uczestniczka wydarzenia, powiedziała, że sukces w realizacji marzeń nie jest zwykle zasługą jednego tylko człowieka. Zgodnie z chińską tradycją opowiedziała przypowieść, że ptak potrzebuje do wzbicia dwóch skrzydeł, jedno obrazuje nas samych, drugie rodziców lub tych, co nas nieustannie wspierają. Zapraszała też serdecznie do nowej Chińskiej Stacji Kosmicznej, do przeprowadzenia tam swoich badań. „Let's go altogether to the Sun!" - mówiła z najbardziej uroczym uśmiechem.

Po wielu pytaniach i odpowiedziach skierowanych do bohaterek spotkania padło na koniec to najtrudniejsze, zadane przez autorkę niniejszej relacji:

„Wiadomo, że mózgi kobiet różnią się od mózgów mężczyzn. Czy wobec tego zaobserwowano różnice w adaptacji do warunków mikrograwitacji pomiędzy kobietami i mężczyznami?" Wśród astronautów zapanowało zmieszanie i postanowiono, że na to pytanie odpowiadać będzie neurobiolog Roberta Bondar. Odpowiedziała, że to bardzo trudne pytanie i jeszcze zbyt mało wiadomo o kobietach i w ogóle ludziach na orbicie, aby można było coś na ten temat powiedzieć. Co natomiast można powiedzieć to to, że mózg rzeczywiście się zachowuje inaczej w mikrograwitacji i potrzeba 2-3 dni na orbicie, aby stracić zdolność rozróżniania kierunków góra - dół i aby zatracić umiejętność śledzenia wzrokiem obracających się przedmiotów. Co ciekawe, zanik tych umiejętności nie powraca automatycznie wraz z powrotem na ziemię i trzeba ćwiczyć mózg, aby go na nowo nauczyć odczuwać grawitację.

Od lewej: Roberta Bondar, Janet Kavandi, Dunitru-Dorin Prunariu i Chiaki Mukai
(*fot. A. Kołodziejczyk*)

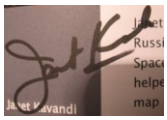
Po długiej, acz najciekawszej w całej sesji, odpowiedzi Pani Bondar nastąpiła sesja autografowa, podczas której każdy mógł podejść do astronautek, zamienić kilka słów i otrzymać autografy. Uczestnicy spotkania otrzymali plakietki NASA oraz pamiątkowe kolorowe książeczki ze zdjęciami i autobiografiami wszystkich pięćdziesięciu sześciu kobiet w kosmosie.

Roberta Bondar

STS-42 (1992)

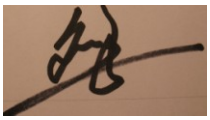
Chiaki Mukai

STS-65 (1994)
STS-95 (1998)



Janet Kavandi

STS-91 (1998)
STS-99 (2000)
STS-104 (2001)



Liu Yang

Shenzhou 9 (2012)

Liu Yang

Dunitru-Dorin Prunariu i Agata Kołodziejczyk

(*fotografie: archiwa Astronomii Novej*)

Space Station I

Agata Kołodziejczyk

Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

W dniu 10 sierpnia 2013 roku w obserwatorium astronomicznym w Rzepienniku Biskupim odbyło się pierwsze spotkanie o tematyce kosmicznej „Space Station I", zorganizowane przez stowarzyszenie Astronomia Nova. Angielska nazwa imprezy miała za zadanie podkreślić międzynarodowość wyzwań stojących przed cywilizacją ziemską w eksploracji Wszechświata. Pomimo wiszącej kurtyny deszczowych chmur sala wykładowa głównego gmachu obserwatorium wypełniła się po brzegi już o godzinie 17.00. Po przywitaniu gości i informacjach organizacyjnych nastąpiła część wykładowa. Bogdan Wszołek - właściciel i twórca obserwatorium, a także prezes Stowarzyszenia Astronomia Nova, opowiedział zadziwiającą historię budowy obserwatorium. W trakcie wykładu przywoływał we wspomnieniach osoby obecne na sali, dzięki czemu atmosfera zrobiła się rodzinna i niezwykła.

Anna Łabęcka zaprasza uczestników imprezy do pisemnego wyrażenia opinii o tym, jaki jest Kosmos. (*fot. B.Wszołek*)

Kolejna prezentacja, w wykonaniu Agaty Kołodziejczyk, dotyczyła życia we Wszechświecie. Powiało uniwersyteckimi pojęciami i niektórym ten wiatr nie nazbyt służył. Na koniec sesji wykładowej Bogdan Wszołek opowiedział o spadających gwiazdach i odpowiadał na pytania zadawane przez dziennikarzy i uczestników spotkania. Po przerwie kawowej wyświetlone zostały dwa archiwalne filmy ze stacji kosmicznej MIR. Nie brakło atrakcji dla najmłod-

szych pasjonatów astronautyki. Mieli oni możliwość uczestnictwa w konkursie plastycznym i przedstawienia swojej wizji stacji kosmicznej. Emocje w trakcie wykonywania prac i ciekawe dyskusje zaowocowały nagrodzeniem wszystkich uczestników nagrodami książkowymi i słodyczami. Atrakcją dla dorosłych była zabawa w mruganie. W zależności od tempa mrugania albo się było planetą, albo gwiazdą. Aby zostać gwiazdą, trzeba było bardzo szybko mrugać. Unikalnym wydarzeniem była możliwość celowania w niebo anteną dziewięciometrowego radioteleskopu RT-9. Każdy chętny mógł podejść do konsoli przy antenie i sterować czaszą w górę, w dół i na boki. Wszystko to możliwe było dzięki bezinteresownemu poświęceniu i niecodziennym umiejętnościom pana Jerzego Walczyka. To właśnie ten pasjonata, radiowiec i elektronik z Krynicy, w dniu 10 sierpnia rozwiązał zagadkę sterowania teleskopem stając się honorowym bohaterem Space Station I. Pod sam wieczór rozpalono ognisko, rozpoczęto śpiewy i zaczęto spożywać kolację. Dopiero w nocy rozeszły się chmury i pojawiło się upragnione niebo. Wtedy też najbardziej wytrwali zobaczyli na własne oczy najciekawsze obiekty na niebie.

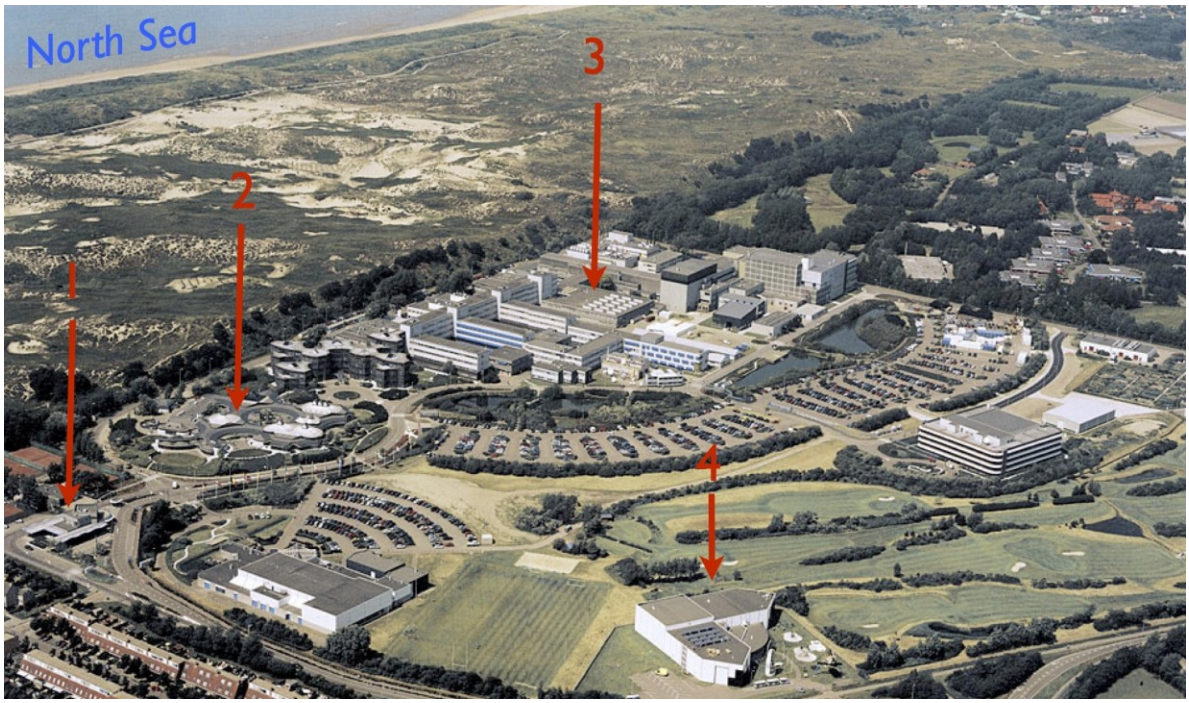
Jurek Walczyk gotowy do przyjęcia spragnionych przygody osobistego kierowania radioteleskopem. (*fot. B.Wszołek*)

Wizyta w Technologicznym Centrum ESA w Holandii

Agata Kołodziejczyk

Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Jak spełnić marzenie i znaleźć się w Europejskim Centrum Badań Kosmicznych? Przede wszystkim chcieć i być upartym w dążeniu do realizacji marzenia. Planując wyjazd na staż zagraniczny związany z moim zawodem (neurobiologią), specjalnie wybrałam Holandię. Będąc już na miejscu, weszłam na stronę ESTEC (European Space Research and Technology Centre), a stamtąd na stronę konferencji i warsztatów. Spośród dostępnych wybrałam najlepszą dla mnie opcję, czyli bezpłatne 3-dniowe warsztaty. Nie wiedziałam dokładnie, na co się piszę, ale sam tytuł brzmiał interesująco. Koniecznie trzeba się zarejestrować na spotkanie, a przynajmniej skontaktować mailowo z osobą od rejestracji. W innym razie niemożliwością jest dostać się na teren warowni ESTEC.



ESTEC z lotu ptaka. (1) Centrum ochrony i brama wejściowa. To tu następuje decyzja, czy dana osoba może wejść na teren ESA. (2) Centrum konferencyjne i urzędy do spraw publicznych. (3) Jednostki badawcze i technologiczne, miasteczko społeczności ESTEC posiadające nawet swój własny szpital. (4) Space Expo, czyli wystawa osiągnięć człowieka w kosmosie. To tu można dzieciom zorganizować urodziny w strojach astronautów, pokręcić się w wirówce, czy zobaczyć oryginalne części wahadłowców.
(*Zdjęcie ESA zmodyfikowane przez A. Kołodziejczyk*)

Kto oglądał film ”Szpiedzy tacy jak my”, może mieć wyobrażenie, ile kontroli trzeba przejść, aby dostać się na tereny kosmiczne. Czułam się podobnie

do bohaterów wspomnianego filmu, kiedy umundurowana ochrona oceniała status zagrożenia, jaki potencjalnie wnosi moja osoba. Sfrustrowana tłumaczyłam, że moja „firma" to Jagiellonian University, Institute of Environmental Sciences. Okazało się, że nikt nie słyszał o takiej uczelni i instytucie! Podejrzliwie patrzono na mój dowód osobisty i zadzwoniono do organizatorów warsztatów, czy otrzymuję zgodę na wejście. Odetchnęłam z wyraźną ulgą, kiedy wydrukowano moje imię wraz z afiliacją i ubrano w jaskrawo-czerwoną smycz krzyczącą: VISITOR! Odtąd kolejne bramki otwierały się bez przeszkód, a strażnicy byli dla mnie bardzo uprzejmi. Po wejściu na teren centrum konferencyjnego z ogromną ilością modeli satelitów, i imponujących gablot z modelami wahadłowców, ciężko było skupić się na poszukiwaniu sali Newton. Dotarłam na miejsce niemal w całej objętości złożone z mężczyzn w garniturach, ze złotymi sygnetami, eleganckimi zegarkami i drogimi laptopami na kolanach, (nie tak wyobrażałam sobie ludzi uprawiających rocket science, którzy z reguły kojarzą się z wychudłymi ciałami zawoalowanymi w kraciastą koszulę flanelową, albo kraciasty sweterek prany raz na rok przed Bożym Narodzeniem). Tam też zabrano mi smycz VISITOR i zamieniono na bardziej stonowaną niebieską. Odtąd stałam się prawowitym członkiem spotkania i z ogromną radością chłonęłam chwilę za chwilą...

Widok na salę konferencyjną „Newton" po skończonej sesji na temat obserwacji atmosfery ziemskiej. (*fot. A. Kołodziejczyk*)

W dniach 9-11 października 2013 odbyło się spotkanie na szczycie w ESTEC mające na celu ustalenie nowych rozwiązań technologicznych do-

tyczących satelitarnych obserwacji Ziemi pod nazwą „1st International Earth Observation Convoy and Constellation concepts workshop".

Dotychczasowe obserwacje naszej planety przez krążące satelity wciąż nie są wystarczająco dokładne, a pokrycie analizowanych powierzchni niepełne. Nowatorskim pomysłem na „załatanie dziur" (filling gaps analysis), jest konwojowy układ satelitów sterowanych przez jednostkę kontrolną (control box), krążącą razem z nimi. Istotną zaletą układów satelitarnych jest obniżenie kosztów prowadzonych obserwacji przy jednoczesnej poprawie rozdzielczości danych. Koncepcje układów satelitarnych testowane są już na orbitach okołoziemskich. Aktualnie prowadzone misje konwojowe to: (1) amerykańska misja A-Train do obserwacji atmosfery, (2) japońska misja GCOM (Global Change Observation Mission) do pomiarów wody i klimatu, (3) niemiecka misja Tandem-X (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) otwierająca nową erę zdalnie sterowanych radarów, (4) europejska formacja latająca FLEX (Fluorescence Explorer) do pomiaru wegetacji poprzez pomiar natężenia fluorescencji chlorofilu, (5) włoska Cosmo-SkyMed Constellation Mission i inne. Większość wymienionych misji jest obecnie na etapie testów, koordynacji komunikacji międzysatelitarnej i transferu danych, kalibracji czujników, analizy stabilności orbit, unikania kolizji z członkami konstelacji, schodzenia z orbity itd. Kolejnym etapem rozwoju układów satelitarnych jest dołączanie satelitów z detektorami nowej generacji.

Plakat spotkania. (*Źródło:ESA*)

Po całym dniu omawiania aktualnie prowadzonych misji i podsumowania dostarczonej przez nie wiedzy, kolejnym etapem spotkania było stawienie czoła wyzwaniom technologicznym. Bez wątpienia, to najciekawsza część

spotkania, bo oto byłam świadkiem niesamowitej chwili, kiedy science fiction przechodzi w science, czyli w zmaterializowaną rzeczywistość. Z zachwytem przysłuchiwałam się zapatrzonym w przyszłość naukowcom i inżynierom, którzy dyskutowali o nowych koncepcjach detektorów podczerwieni zdolnych do prześwietlania chmur (dotychczasowa satelitarna radiometria podczerwieni ograniczana jest pokrywą chmur, co prowadzi do straty ogromnej ilości danych), i do rejestrowania małych pożarów, czy wybuchów wulkanów (obecne czujniki satelitarne mają niewystarczające zakresy detekcji), laserowych wysokościomierzy do pomiaru objętości oceanów, masy pokryw lodowych i wielu innych parametrów. Rozważania dotyczyły trzech głównych rodzajów obserwacji: (1) pokrywy lodowej i oceanów (parametry objętości, masy, zanieczyszczeń, cyklów topienia i zamarzania), (2) lądu (parametry zasolenia, erozji, wegetacji roślin, roli ekosystemów w obiegu pierwiastków, dynamicznych przemian rozmieszczenia populacji ludzkiej, zanieczyszczenia itd.), (3) atmosfery (obserwacje globalnych przemian klimatycznych, zanieczyszczeń, anomalii termicznych, prądów wiatrów, itd).

W trakcie dyskusji ustalono kierunek działań na najbliższy czas rozwoju misji konwojowych. Wielką lekcją dla mnie była obserwacja, jak wygląda charakter pracy nad największymi i najdroższymi projektami badawczymi świata. Uczestnicy spotkania zdawali się stanowić jedno wielomózgowe ciało skupione na rozwiązaniu zadanego problemu. Jeden człowiek nie byłby w stanie w ciągu kilku zaledwie godzin wygenerować takiej ilości innowacyjnych pomysłów i konstruktywnych rozwiązań. Jak powiedziała Deborah Vane z NASA w swoim wystąpieniu, sukces w badaniach kosmicznych zależy od wytrwałości zespołu, doboru odpowiednich ludzi i nieustannej komunikacji. Spotkanie, w którym miałam zaszczyt uczestniczyć, uświadomiło mi, jak ważnym w obecnych czasach motorem postępu jest komunikacja międzyludzka. Nic nowego, przecież już Adam Mickiewicz pisał:

„*zestrzelmy myśli w jedno ognisko i w jedno ognisko duchy!...*”

Uważam, że jeśli ktoś pragnie brać udział w tworzeniu wielkich dzieł, powinien skupić się nie tylko na samodoskonaleniu, ale również na efektywnej komunikacji.

Школьные астрономические конференции 2013

Иван Леонидович Андронов

Koło AN w Odessie

В 2013г. продолжались традиционные астрономические мероприятия для школьников. Это районные (декабрь), областная (январь) и Всеукраинская (апрель) конференции секций астрономии Малой Академии Наук, областные конкурсы "Космос" (февраль) и "Космическое творчество" (февраль), Одесская областная научно-практическая конференция по физике и астрономии (март), Астрономическая олимпиада (февраль). Традиционно победители участвуют во Всеукраинских конференциях и олимпиадах в Киеве и других городах.

18-19 января 2013г. в помещении Планетария при кафедре астрономии физического факультета Одесского национального университета им. И.И.Мечникова (ОНУ) состоялась конференция секции астрономии одесского отделения Малой академии наук (МАН) при Одесском областном гуманитарном центре внешкольного образования и воспитания (ООГЦВОВ). Открыл конференцию декан физического факультета ОНУ профессор Ю.Ф.Ваксман. Он рассказал о факультете и пригласил участников поступать в университет. Как обычно, на теоретическом туре по физике участникам было предложено 9 задач разной сложности. Всего было представлено 17 конкурсных работ, посвященных изучению различных космических объектов и процессов.

Обращает на себя внимание цикл серьезных (без кавычек) научных работ по исследованию переменных звезд. Школьники разных классов научились проводить собственные наблюдения, обрабатывать полученные изображения звездного неба при помощи специализированных компьютерных программ. Максим Могорян (10 кл.) продолжил фотометрическое исследование затменной двойной звезды WZ Ворона по ПЗС изображениям, начатое им еще в 8 классе. Весьма интересной является переменность формы фазовой кривой блеска, что интерпретируется холодным пятном, медленно перемещающимся в атмосфере одной из двух звезд системы. Опубликована статья на английском языке в престижном журнале “Journal of Physical Studies”, что показало практическую научную (а не только учебную) ценность работы. Максим представлял Одесскую область в этом году на Всеукраинской конференции МАН в Киеве, где и был награжден дипломом второй степени. Кроме того, был удостоен поездки в Женеву (Швейцария) в Европейский Совет по Ядерным Исследованиям (CERN) в числе двух десятков украинских школьников.

Также дипломы второй степени получили ученики астрофизического кружка Павел Собко (11кл.), который рассмотрел изменения орбитального периода затменных звездных систем V687 Лебедя и GP Лисички (по результатам фотографических наблюдений по негативам семикамерного астрографа Астрономической обсерватории ОНУ), и самая младшая участница Анна Андронова (8 кл.) за исследование недавно открытой двойной звезды V1094 Кассиопеи по ПЗС-снимкам.

Руководит бесплатным астрофизическим кружком Владислава Марсакова, доцент кафедры астрономии физического факультета Одесского национального университета им. И.И.Мечникова. Член кружка Эмиль аглы Адиль Керимов (11кл.) исследовал зоны вокруг звезд разного класса светимости, пригодные для жилья, а Екатерина Андрич (10кл.) провела вычисления радиусов черных дыр, и уже к следующей школьной конференции провела дополнительное численное исследование эволюции черных дыр за счет их испарения.

Оригинальную работу представил 11-классник Иван Нитинский. Он использовал светодиод для включения звонка при достижении достаточной яркости неба и построил зависимость времени звонка от даты. Хотя таким образом продолжительность дня измерять и не принято, работа проведена обширная как по созданию прибора, так и его использованию для наблюдений.

Остальные работы астрономической секции, увы, носили преимущественно реферативный характер с непродолжительными собственными наблюдениями.

Валентин Чернолуцкий (11кл.) рассказали о черных дырах. Валерия Вальц (11кл.) рассматривала методы предотвращения возможного столкновения астероида Апофиз с Землей. Вячеслав Левченко (11кл.) провел современный анализ формулы Дрейка.

Кроме традиционной секции "Астрономия и Астрофизика", впервые в этом году была проведена также секция "Аэрофизика и космические исследования".

Дипломами второй степени удостоены 8-классница Мария Радионова и 10-классник Максим Шкрябов, которые провели наблюдения и анализ редкого астрономического явления - прохождения Венеры по диску Солнца. Виолетта Мартыненко (9кл.) провела социологический опрос о том, насколько информация об этом явлении известна широкой публике. Аналогичный опрос, касающийся "парада планет" и несостоявшегося 21 декабря 2012г. "конца света" провела Юлия Богаченко (9кл.). Артем Явдощук (10кл.) описывал комету Галлея. А влияние космической погоды - солнечной активности на земные процессы рассмотрели Александр Кудлак (11кл.) и Сергей Янушкевич (10кл.).

Призерами конференции стали ученики Мариинской гимназии, Приморского и Черноморского лицея, одесской средней школы 101. Наибольшее количество докладов (3) представили ученики с.ш. 4 г. Ильичевск (учитель А.Ф.Димитрова). Авторам лучших научных работ был вручен "Одесский астрономический календарь".

В отличие от конференции МАН, на конкурсе "Космос" проводятся номинации по направлениям «Астрономия», «Экология и космонавтика», «Программирование», «Ракетно-космическая техника», «Космическая биология и медицина», «История развития авиации и космонавтики», «Человек. Земля. Вселенная». Кроме упоминавшихся «героев МАН», получивших призовые места на конкурсе «Космос», хочется отметить братьев Шатога (6 и 10 кл., с. Петровка Овидиопольского района), представивших интересные компьютерные программы,

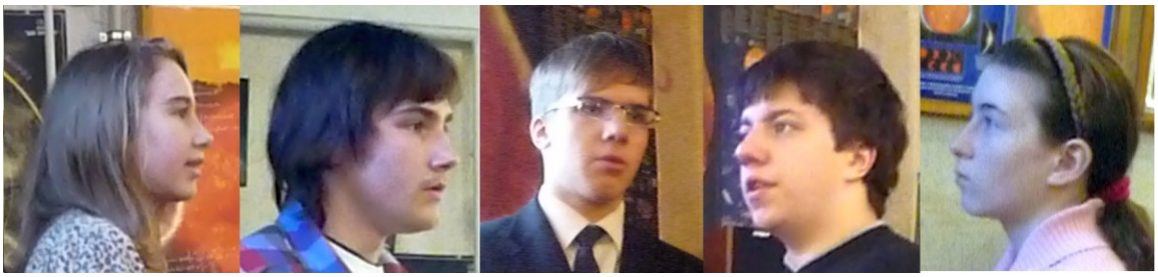
В 2013г. дипломами второй степени на международном конкурсе в Польше “Ars Astronomica” («Космическое искусство») были награждены кружковцы

Анна Андронова (8 кл.) и Таисия Шакун (5 кл.), а среди взрослых – научный сотрудник астрономической обсерватории Лидия Чинарова.

Конечно, интересных тем в астрономии много. И информации в Интернете тоже. Однако, отличие конференций Малой академии наук от олимпиад в том, что, кроме теоретических знаний, необходима и практическая работа - например, по наблюдению переменных звезд (что имеет реальное научное значение при достаточной точности измерений блеска невооруженным глазом, в бинокль, телескоп, по фотографическим пластинкам или цифровым изображениям), планет, их спутников, комет, солнечной активности и др. Весьма выигрышны собственные программы на компьютерных языках, которые моделируют астрономические процессы или производят обработку данных. Такие работы могут быть представлены не только на астрономическую секцию, но и дополнительно на секцию информационных технологий.

Информация для школьников, интересующихся астрономией, пресс-релизы о конференциях, а также полезные интернет-ссылки приводятся в нашем блоге http://www.realsky.ru/community/blog/307-uavso/. Информация об областной конференции МАН была опубликована в газете "Вечерняя Одесса", "Одесский университет", российском журнале "Небосвод". Так что участники конференций могут найти себя в Интернет.

Отметим, что почти у всех участников были прекрасные компьютерные презентации. Так что знания и умения, полученные при занятиях астрономией, весьма пригодятся, чем бы в дальнейшем "юные академики" не занимались. Пожелаем же "научной элите" энтузиазма и все более ощутимых успехов!



Призеры областной конференции Малой академии наук по астрономии: Мария Радионова, Максим Скрябов, Максим Могорян, Павел Собко, Анна Андронова (2013г.).

Od lewej: Aleksander Wierny, Anna Operacz i Bogdan Wszołek.
(*źródło: archiwa Regionalnego Ośrodka Kultury w Częstochowie*)

Nagroda im. Karola Miarki dla dr. Bogdana Wszołka - laudacja

Anna Operacz

Regionalny Ośrodek Kultury w Częstochowie

Dr Bogdan Wszołek, adiunkt w Zakładzie Dydaktyki Fizyki i Astronomii Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Urodził się 3 stycznia 1957 roku w Rzepienniku Strzyżewskim w województwie małopolskim. Po ukończeniu Liceum Ogólnokształcącego o profilu matematyczno-fizycznym w Bieczu rozpoczął studia na Uniwersytecie Jagiellońskim na kierunku astronomia. Tytuł magistra astronomii uzyskał w 1982 roku i podjął pracę nauczyciela przedmiotów ścisłych. Na początku lat 80-tych odbywał służbę wojskową, najpierw w Wyższej Oficerskiej Szkole Lotniczej w Dęblinie, a potem w Pułku Lotniczym w Sochaczewie.

Nauczając w szkole przedmiotów ścisłych, podjął jednocześnie pracę na stanowisku asystenta w Instytucie Astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, w Zakładzie Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej. Analizując pierwsze satelitarne obserwacje nieba w podczerwieni (dane z satelity IRAS) dokonał odkrycia emisji podczerwonej obłoku materii międzygalaktycznej. W roku 1991 zaowocowało to uzyskaniem doktoratu w zakresie nauk fizycznych o specjalności astronomia na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Temat jego dysertacji doktorskiej to: „Promieniowanie obłoku Okroy'a w podczerwieni". Praca miała charakter nie tylko odkrywczy, ale też pionierski. Od niej rozpoczyna się w Polsce rozdział astronomii podczerwieni.

W 1990 roku dr Bogdan Wszołek sprowadził się wraz z rodziną do Częstochowy. Kontynuując, już na stanowisku adiunkta, pracę na Uniwersytecie Jagiellońskim, podjął także, proponowaną mu przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, współpracę naukową w zakresie spektroskopowych badań materii międzygwiazdowej. Jego doświadczenia naukowe i organizacyjne zdobyte w kraju i za granicą oraz stała współpraca ze światowymi ośrodkami astronomicznymi zaczęły owocować dla środowiska częstochowskiego. W 1995 roku, równolegle z zatrudnieniem na Uniwersytecie Jagiellońskim, rozpoczął pracę w Zakładzie Dydaktyki Fizyki i Astronomii ówczesnej częstochowskiej Wyższej Szkoły Pedagogicznej.

Rozpoznawszy zapóźnienie astronomiczne częstochowskiego środowiska naukowego w stosunku do wielu innych ośrodków w kraju, podjął zdecydowane działania dla popularyzacji astronomii w naszym mieście. W roku 2002 wstąpił w szeregi Częstochowskiego Towarzystwa Naukowego, a dwa lata później założył Sekcję Astronomiczną Częstochowskiego Towarzystwa Naukowego.

W ramach tej sekcji zapoczątkował międzypowiatowe konkursy wiedzy astronomicznej URANIA dla młodzieży gimnazjalnej i ponadgimnazjalnej oraz wydawanie Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego. Zorganizował publiczną akcję obserwacyjną bardzo rzadkiego zjawiska, jakim był tranzyt Wenus na tle tarczy Słońca w dniu 8 czerwca 2004 roku. W tym samym roku wprowadził w ramach sekcji astronomicznej cotygodniowe otwarte odczyty naukowe.

W roku 2006 zwieńczył sukcesem wcześniej podjęte starania o uruchomienie w Częstochowie planetarium. Sprowadził ze Stanów Zjednoczonych nowoczesny system cyfrowy do projekcji planetaryjnych, przez co planetarium w Częstochowie

było przez pierwszych pięć lat funkcjonowania najnowocześniejsze w Polsce. Zaistnienie nowoczesnego planetarium otworzyło szersze pole działań na rzecz rozwoju i popularyzacji astronomii w Częstochowie. Na fali tego wzrostu oddziaływań astronomicznych na środowisko w roku 2009 reaktywował częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Ponadto założył w Częstochowie Stowarzyszenie Astronomia Nova, skupiające krajowych i zagranicznych astronomów zawodowych oraz zaawansowanych miłośników astronomii i astronautyki. Celem Stowarzyszenia jest podnoszenie wiedzy społeczeństwa w dziedzinie nauk ścisłych, a głównie w zakresie astronomii i astronautyki.

W krajowych i zagranicznych kręgach naukowych zaczyna się już mówić o „częstochowskim ośrodku astronomicznym". Dorobek naukowy i popularyzacyjny dr Bogdana Wszołka, spotkał się już z uznaniem wielu środowisk, czego formalnym wyrazem są np.: nagroda Rektora Akademii im. Jana Długosza za wybitne osiągnięcia, wyróżnienie Prezydenta Częstochowy za zorganizowanie planetarium oraz wyróżnienie Wojewody w ramach pierwszej edycji konkursu „Śląskie na 5" w kategorii „wybitna osobowość".

Dr Bogdan Wszołek jest autorem kilkudziesięciu prac naukowych, autorem lub redaktorem naukowym kilkunastu książek, organizatorem lub współorganizatorem wielu cyklicznych konferencji naukowych o zasięgu krajowym i zagranicznym, autorem artykułów popularnonaukowych oraz licznych audycji radiowych i telewizyjnych, poświęconych popularyzacji astronomii, w końcu promotorem kilkudziesięciu prac magisterskich i licencjackich z zakresu astronomii.

W 2010 roku dr Bogdan Wszołek uratował od zniszczenia kilka radioteleskopów w Psarach koło Kielc, z których jeden w roku 2012 stanął w Częstochowie. Radioteleskop ma średnicę 13 m, jest jedynym tego rodzaju instrumentem w woj. śląskim, drugim w Polsce co do znaczenia. Ma służyć nie tylko astronomii, ale także jako naziemna stacja obsługi lotów kosmicznych po wejściu Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Na rzecz województwa śląskiego dr Wszołek podejmuje usilne starania w celu budowy Jurajskiego Parku Nauki oraz nowoczesnego obserwatorium astronomicznego (z największym w Polsce teleskopem) – z proponowaną lokacją na Jurze Krakowsko-Częstochowskiej.

Zaangażowanie dr. Bogdana Wszołka w pracę dla rozwoju i promocji regionu budzi ogólny podziw i uznanie oraz w pełni uzasadnia przyznanie mu prestiżowej Nagrody im. Karola Miarki.

Юные одесские астрономы – победители!

Владислава Игоревна Марсакова

Koło AN w Odessie

Всеукраинская ученическая олимпиада по астрономии еще очень молодая: сегодня ей исполнилось три года. За это время 4-1, всеукраинский этап олимпиады успел побывать во Львове, Ужгороде, и в этом году состоялась в Киеве.

На ученической олимпиаде по астрономии ребята решают задачи как теоретического, так и практического характера: проводят исследования фотоснимков, спектров небесных тел, моделируют изменения их блеска, находят их физические характеристики, совершают виртуальные путешествия, ориентируясь по звездам. Одной из составляющих практического тура является демонстрационное задание, в котором ученикам предлагается узнать созвездия, объекты дальнего космоса, проявить свою эрудицию относительно новейших и исторических астрономических открытий.

9 февраля 2013 г. прошел Одесский областной этап ученической олимпиады по астрономии. Соревнование происходило на физическом факультете ОНУ. В нем приняли участие 29 школьников города Одессы и области. Задания олимпиады включали ответы на вопросы демонстрационного задания и шесть задач теоретической и практической направленности. Ученики соревновались в двух возрастных группах: 10 и 11 класса. При этом за 10 класс сражались один семиклассник и одна девятиклассница, а за 11-й - один девятиклассник.

Результаты олимпиады можно найти на сайте Одесского областного института усовершенствования учителей (ООИУУ):

http://www.osvitaodessa.org/?mod=olimp&id=3

Как и в прошлом году, показали себя с лучшей стороны ученики кружка астрофизики Областного гуманитарного центра внешкольного образования и воспитания (ОГЦВОВ) и гимназии №1 г. Ильичевска: Солецкий Роман, Бобров Олег и Мельник Артем, которые представляли нашу область на Всеукраинской олимпиаде в Киеве.

Также среди призеров: Рашковецкий Михаил (Ришельевского лицей), ученики кружка астрофизики ОГЦВОВ: Собко Павел, Мордынская Полина, Андрич Екатерина, Могорян Максим, а также Сокацкий Станислав (Экономический лицей), Станева Елена (Ореховская ЗОШ Болградского р-на), Лукьянчук Татьяна (Белгород-Днестровская ЗОШ-лицей) и Ирина Дишли (Болградский УНВК). Фотоальбом участников:

http://my.mail.ru/?from=email#page=/mail/il-a/photo?album_id=5253

В работе жюри участвовали доцент Владислава Игоревна Марсакова доцент кафедры астрономии ОНУ (председатель), зав. кафедрой "Высшая и прикладная математика" Одесского национального морского университета (ОНМУ) проф. Иван Леонидович Андронов (зам. председателя), зав. научно-методической лаборатории естественных дисциплин ОООИУУ Лариса Ивановна Ятвецкая, научный сотрудник НИИ "Астрономическая обсерватория" ОНУ Лидия Львовна Чинарова, доцент кафедры астрономии ОНУ Александр Анатольевич Базей, ст. преподаватель кафедры астрономии ОНУ Борис Александрович Мурников, ассистент ОНМУ Виталий Витальевич Бреус, аспирант ОНУ Даниил Павленко, учитель школы № 82 Ирина Владимировна Юрганова.

Декан физического факультета ОНУ Юрий Федорович Ваксман пригласил участников поступать в ОНУ на специальности физика и астрономия.

В этом году заключительный б 4-й этап Всеукраинской олимпиады проходил в Киеве на базе Украинского физико-математичекого лицея с 24 по 28 марта. Задания и победителей олимпиады можно найти на сайте http://usao.org.ua/.

На протяжении трех лет у нашей олимпиады наблюдается любопытная особенность: юный астроном из Одессы, Роман Солецкий, каждый год занимает призовые места. Во время первой олимпиады он учился еще в 5-м классе (Одесской приватной школы «Гармония»), что не помешало ему занять второе место в группе 10-го класса.

В этом году Рома занял абсолютное первое место, обогнав всех десятиклассников! Сейчас он уже ученик Ришельевского лицея, что помогает ему совершенствовать свои знания не только по астрономии, но и по физике.

Остальные участники олимпиады из одесской команды тоже не ударили лицом в грязь, заняв третьи места. Это: ученик 10-го класса ЗОШ №11 г. Одессы Бобров Олег и ученик 11 класса, гимназии №1 г. Ильичевска, Мельник Артем.

Ка уже упоминалось, все трое посещали занятия кружка астрофизики ОГЦВОВ, (которые проходят в Астрономической обсерватории ОНУ им. И.И.Мечникова), но пришли они туда разными путями. Рома Солецкий пришел в кружок, когда ему было только 7 лет, и сразу посрамил всех старшеклассников своей астрономической эрудицией. Олег Бобров тоже старожил нашего кружка: он посещает его с 5-го класса и регулярно занимает призовые места на олимпиадах и конкурсах. Ну а Артем Мельник утверждает, что интересовался астрономией сам, пока учительница (Паниот Наталия Анатольевна) не отправила его на олимпиаду в прошлом году, «попробовать». Проба оказалась исключительно удач-

ной: второе место на области и третье на Всеукраинском уровне. Так он познакомился с нашими ребятами и тоже стал посещать занятия кружка.

Руководителем команды Одесской области на Всеукраинской ученической олимпиады по астрономии третий год является Юрганова Ирина Владимировна, учитель физики одесской школы № 82, которая не только помогает ребятам добиваться успехов своей поддержкой, но и тщательно выискивает будущих астрономов и физиков среди учащихся одесских школ. С ее помощью студентами астрономического отделения нашего университета стали уже двое одаренных ребят. Будем надеяться, их пополнится новыми талантами!

На фото (слева направо): Ятвецкая Лариса Ивановна (заведующая лабораторией естественно-научных дисциплин Одесского областного института усовершенствования учителей) с картиной-символом передачи олимпиадной эстафеты, Марсакова Владислава Игоревна (доцент кафедры астрономии ОНУ, член жюри Всеукраинской ученической олимпиады по астрономии, руководитель кружка астрофизики ОГЦВОВ), Солецкий Роман, Мельник Артем и Бобров Олег.

Следующую Всеукраинскую ученическую олимпиаду по астрономии в 2014 году выпала честь принимать Одессе. Сегодняшние успехи нашей команды позволят участвовать в ней большему количеству одесситов.

Победители, занявшие первые места, и жюри олимпиады
(Киев, Украинский физико-математический лицей).

Пожелаем же творческих успехов нашей олимпиаде в целом и ясного неба всем ее участникам!

Działalność Wieruszowskiego Koła Astronomicznego WIERAS

Kazimierz Błaszczak

Koło AN w Wieruszowie

Działalność rozpoczęliśmy w marcu 2010, zainspirowani zachętą i przykładem dr. Bogdana Wszołka. Założyliśmy wtedy Wieruszowskie Koło Astronomiczne „WIERAS" dla szerzenia wiedzy astronomicznej i astronautycznej wśród młodzieży. Już w kwietniu 2012 nasze Koło awansowało do rangi Koła w obrębie Stowarzyszenia Astronomia Nova (AN). Stowarzyszenie to skupia kilkadziesiąt krajowych i zagranicznych astronomów zawodowych i podobną ilość zaawansowanych miłośników astronomii i astronautyki. Bliższe informacje o Stowarzyszeniu na stronie: www.astronomianova.org.

Współpracujemy ze szkołami w Wieruszowie w celu pobudzenia zainteresowania uczniów astronomią i astronautyką ponieważ to przekłada się na lepszą naukę przedmiotów ścisłych, jak matematyka, fizyka, przyroda itp. W marcu b.r. wspólnie z uczniami przeprowadziliśmy pokaz nieba dla społeczeństwa na targowisku w Wieruszowie. Odwiedziliśmy w kwietniu, grupą 40 uczniów z różnych szkół z Wieruszowa, Planetarium w Częstochowie. Pokaz „Cuda Wszechświata", jak również wykład Bogdana Wszołka nt. tranzytu Wenus w trakcie zebrania PTMA, pozostawiły na uczniach niezatarte wrażenia. W kwietniu przeprowadziliśmy w Szkole Podstawowej w Pieczyskach pokaz startów modeli rakietowych, które zbudowali uczniowie własnoręcznie pod kierunkiem pana Piotra Sornowskiego. Dnia 6 czerwca 2013 do Instytutu Fizyki częstochowskiej Akademii im. Jana Długosza (AJD) przyjechało kilkudziesięciu uczniów z Wieruszowa w celu udziału w finałach X Ogólnopolskiego Konkursu Astronomicznego „Urania" oraz w ogłoszeniu wyników III Międzynarodowego Konkursu Artystycznego „Ars Astronomica". W konkursie „Urania" wzięło udział 13 uczniów z Wieruszowa, a w „Ars Astronomica" – 19. Nasi uczniowie zdobyli w obu konkursach czołowe miejsca.

W sierpniu delegacja naszych uczniów, Filip Ogorzelski, Mikołaj Tomaszek i Adam Dąbek, wzięła udział w OZMA 2013 w Niedźwiadach koło Szubina, gdzie startowała w konkursach wiedzy astronomicznej. W październiku uczniowie ze wszystkich szkół, w tym szóstoklasiści ze szkół podstawowych w Wieruszowie, licznie startowali do Konkursu Wiedzy Kosmicznej „Obserwacje Ziemi" i Konkursu Plastycznego „Ziemia Widziana z Kosmosu", które były zorganizowane przez Muzeum Okręgowe w Sieradzu. W konkursie wiedzy pierwsze miejsce w kategorii *student* zdobyła tam Aleksandra Ogorzelska, członkini naszego koła, która w nagrodę otrzymała teleskop z rąk polskiego kosmonauty – Mirosława Hermaszewskiego. W kategorii *junior* konkursu plastycznego pierwsze miejsce zajęła Wiktoria Tomaszek, uczennica Gimnazjum nr 1 im. Jana Pawła II w Wieruszowie, otrzymując cenną nagrodę z rąk wojewódzkiego kuratora oświaty w Łodzi, pana Jana Kamińskiego.

Ola Ogorzelska wzięła w tym roku udział w konkursie ASTROBOT, kwalifikując się do ścisłego finału w Warszawie w Centrum Nauki Kopernika.

Adam Dąbek, Mikołaj Tomaszek i Filip Ogorzelski z Wieruszowa z wizytą w Centrum Astronomicznym (Piwnice) Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu w ramach OZMA 2013. W tle największy polski radioteleskop, RT-32. (*archiwa WIERAS*)

Podczas Sieradzkiej Konferencji Kosmicznej Aleksandra Ogorzelska, za zajęcie I miejsca w konkursie wiedzy kosmicznej, otrzymuje gratulacje od samego Mirosława Hermaszewskiego. (*archiwa WIERAS*)

Na początku września ustaliliśmy lokalizację dla radioteleskopu RT-13, pochodzącego z Psar i od 2010 roku czekającego na instalację w Wieruszowie. Pan Burmistrz Wieruszowa zgodził się przeznaczyć dla radioteleskopu, jak również dla planowanej *Astrobazy*, teren i budynki zamkniętej szkoły w Cieszęcinie. Rozpoczęliśmy prace projektowe i formalne celem uzyskania pozwolenia na budowę RT-13.

W październiku i listopadzie, wraz z Burmistrzem Wieruszowa Bogdanem Nawrockim, odwiedziliśmy wszystkie szkoły w Wieruszowie z krótką prelekcją nt. polskich satelitów i celem wręczenia certyfikatów udziału w akcji „wyślij swoje zdjęcie w kosmos" (na pokład Heweliusza) oraz celem przekazania archiwalnych roczników Uranii-PA, otrzymanych w prezencie od jej redaktora prof. Macieja Mikołajewskiego, oraz książek „Jak zainteresować uczniów astronomią", otrzymanych w dużej ilości od prezesa AN, Bogdana Wszołka.

Podczas Sieradzkiej Konferencji Kosmicznej Wiktoria Tomaszek z Wieruszowa, za zajęcie I miejsca w konkursie plastycznym, otrzymuje gratulacje i nagrodę od Łódzkiego Kuratora Oświaty, Jana Kamińskiego. (*archiwa WIERAS*)

Filip Ogorzelski z Wieruszowa otrzymuje od prezesa AN, Bogdana Wszołka, nagrodę za zajęcie I miejsca w X Konkursie Astronomicznym „Urania". (*archiwa WIERAS*)

Pani Agata Barańska, dyrektor SP nr 1 w Wieruszowie, odbiera od dr. Bogdana Wszołka nagrodę dla uczennicy Natalii Czukiewskiej, która zajęła pierwsze miejsce w konkursie „Ars Astronomica". (*archiwa WIERAS*)

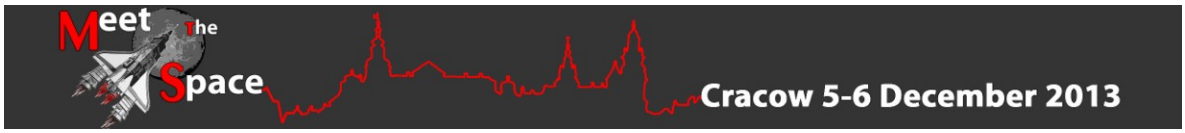
Podczas warsztatów modeli rakietowych w SP w Pieczyskach. (*archiwa WIERAS*)

Konferencja Meet The Space

Agata Kołodziejczyk[1] i Bogdan Wszołek[2]

[1]Instytut Nauk o Środowisku, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
[2]Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

fichbio@gmail.com bogdan.wszolek@gmail.com



Wstęp

W dniach 5-6 grudnia 2013 odbyła się w Krakowie międzynarodowa konferencja naukowa Meet Tha Space zorganizowana przez Astronomię Novą (AN) oraz Uniwersytet Jagielloński (UJ). Była to najważniejsza impreza organizowana przez AN w roku 2013. Bliższe szczegóły z jej przebiegu można znaleźć na stronie: www.meetthespace.org . Tutaj ograniczymy się do przedstawienia ważniejszych zdarzeń podczas konferencji oraz przedstawimy abstrakty przyczynków, jako że nie planuje się publikować osobnej książki, sprawozdającej merytorycznie to ważne wydarzenie. Konferencję otwierali autorzy niniejszego raportu w sposób następujący:

(A.K)

It is my pleasure to welcome you, on behalf of the scientific and organising committees, to the International Space Science and Business Conference at the Campus of the Jagiellonian University.

In the context of Polish accession to the European Space Agency and increasing need to build procosmic culture in society, the Astronomia Nova association, and the Jagiellonian University organize the meeting, which will originate Kraków's annual conferences integrating scientific and business environments related to space exploration. „Meet The Space" received financial support from the Ministry of Science and Higher Education, and honorary patronages of Rector of the Jagiellonian University, Marshal of the Małopolska Region, Major of the City of Kraków and of the Director of the Space Research Centre of Polish Academy of Sciences.

We are proud to host so many outstanding speakers as well as participants from different countries, making this conference one of the largest and most international space meetings in Poland in this year. In accompany with the conference we expanded our activity by organizing open plenary lecture with the first polish astronaut Mirosław Hermaszewski. Additionally, Astronomia Nova organized a meeting with our astronaut for students from VIIIth High School in Kraków.

The conference venue is known of its unique academic atmosphere. Kraków is not only a romantic city, it is a „state of mind". More than 200 towers of historical buildings and churches point the sky. Kraków is a place originating the polish conquest of space, which has started in early 60's. Prof. Walczewski and his team constructed a high-range rocket Meteor and riched about 100km altitude! We hope, that the spirit of Jacek Walczewski will move our dreams, imagination, and intelect high up to the stars and galaxies!

We also hope, that this meeting will bring new opportunities for space industry development in the South of Poland, will speed up realization of ongoing projects and will inspire to develop a new business-scientific plans. The aim of this event is to facilitate networking between people from different branches of science and industry, to induce interdisciplinary collaborations and encourage to study the power of future: a rocket science.

I wish you on behalf of organizing committees, an exciting and productive meeting! Let's MEET THE SPACE, here and now!

(B.W.)

Existence of man and other living creatures requires suitable environment and large amount of time. It is known today, that what we consider as a „living environment", is not only restricted to our planet with its atmosphere, but ranges the whole Universe. Every atom in our body was created once inside a star. We live due to energy from the Sun. The planet, on which we live today, our cradle, is transient and can not be a place of our eternal residence. We know that survival of the human species depends on its ability to find or create alternative places of residence in vast universe. We need to develop skills in recognizing and understanding the space environment. Astronomy and astronautics, together with all their technological bases are prominent in development but we also should confidently look for effective ways to improve the man itself, both its physical and mental sphere.

Institute of Environmental Sciences at the Jagiellonian University was chosen by the organizers as the most appropriate venue in Krakow for this meeting. Astronomy and astronautics belong to environmental sciences, and now comes a time, when environmental research will increasingly evolve toward space exploration aspects of human development.

The Astronomia Nova Association expresses huge gratitude to all participants of the conference and the people and institutions that have helped in its organization or financial support. I wish lecturers and students enjoyable and enriching experience leading to a closer encounter with the Cosmos in Krakow.

Konferencję zaszczycił obecnością i czynnym udziałem jedyny polski kosmonauta , gen. Mirosław Hermaszewski, który 35 lat temu spędził 8 dni w kosmosie. Wygłosił trzy wspaniałe wykłady: (otwierający konferencję) „Kosmonautyka wczoraj, dziś i jutro", (publiczny w UJ) „Moje doświadczenia z kosmosem" oraz (gościnnie w VIII LO w Krakowie) „Moja przygoda z kosmosem". Podczas konferencji kosmonauta otrzymał Honorowe Członkostwo Astronomii Novej, w uznaniu jego bohaterskiego dokonania sprzed trzydziestu pięciu lat, jakim był pierwszy lot Polaka w kosmos oraz za długoletnią stymulację zainteresowań astronautyką w społeczeństwie polskim. Wybrane informacje o Członku Honorowym zamieszczamy poniżej:

Mirosław Hermaszewski urodził się 15.09.1941 w Lipnikach na Wołyniu, w wielodzietnej rodzinie o tradycjach patriotycznych. W czasie wojny nie tylko stracił ojca, ale i sam cudem uszedł z życiem. Po wojnie wraz z matką i rodzeństwem trafił w pobliże Wrocławia. Tu dorastał, zdobywał wstępne wykształcenie i nabierał zapału do latania. Jako 19 letni młodzieniec zaczął latać na szybowcach w Aeroklubie Wrocławskim. Pierwszy lot odbył w lipcu 1960 roku. Rok później zdobył licencję pilota szybowcowego i uprawnienia pilota samolotowego. Rozpoczął też studia w dęblińskiej Szkole Orląt. Jako prymus ukończył tę szkołę ze stopniem podporucznika i z kwalifikacjami pilota myśliwskiego 3 klasy na samo-

locie odrzutowym MiG-15. Otrzymał przydział do Pułku Lotnictwa Myśliwskiego Obrony Powietrznej Kraju w Poznaniu, gdzie po dwóch latach uzyskał uprawnienia pilota 1 klasy i umiejętność pilotażu naddźwiękowego samolotu MiG-21. W 1971 roku ukończył z wyróżnieniem Akademię Sztabu Generalnego w Warszawie. W latach 1971 i 1975 awansował odpowiednio do stopnia kapitana i majora. Objął dowództwo 11 Pułku Lotnictwa Myśliwskiego Obrony Powietrznej Kraju we Wrocławiu, skąd trafił do grupy kandydatów na kosmonautów. W 1976 na drodze selekcji został wyłoniony, jako polski kandydat do lotu kosmicznego w ramach międzynarodowego programu Interkosmos. Po dwóch latach przygotowań w Gwiezdnym Miasteczku pod Moskwą odbył, w parze z dowódcą Piotrem Klimukiem, lot kosmiczny na statku Sojuz 30. Lot odbył się od 27 czerwca do 5 lipca 1978 roku. Trwał ponad 190 godzin. Mirosław Hermaszewski stał się na długo niedościgłym rekordzistą osiągów polskiego lotnictwa i zdobył wysokie odznaczenia radzieckie i polskie. W latach 1987-90 był komendantem Wyższej Oficerskiej Szkoły Lotniczej. Równolegle prezesował Polskiemu Towarzystwu Astronautycznemu. Swój lot pożegnalny odbył w październiku 2005 na pokładzie myśliwca MiG-29UB. Podczas swojej 40-letniej służby latał na wielu typach samolotów; poczynając od szybowców, poprzez samoloty o napędach tłokowych, kończąc na najnowszych typach samolotów odrzutowych.

Po przejściu na emeryturę, w stopniu generała brygady, angażuje się bardzo aktywnie w popularyzację wiedzy o kosmosie, a to poprzez napisanie wspaniałej książki p.t. „Ciężar nieważkości", a to udzielając licznych wywiadów medialnych lub wygłaszając świetne wykłady przy okazji różnych imprez. Z niebywałą pasją ośmiela ludzi, zwłaszcza młodych, do angażowania się w sprawy podboju kosmosu.

Ceremonia nadania gen. Mirosławowi Hermaszewskiemu tytułu Honorowego Członka Astronomii Nowej. (*archiwa Astronomii Novej*)

Audytorium podczas wykładu dla młodzieży. (*archiwa VIII LO w Krakowie*)

Składanie autografów. (*archiwa VIII LO w Krakowie*)

Podczas konferencji wygłoszono dwadzieścia wykładów i przdstawiono osiem plakatów. Abstrakty większości z nich zamieszczamy poniżej:

wykłady

Ph.D., Dr.Sc. Jerzy Achimowicz - jerzy.achimowicz@wiml.waw.pl
Military Institute of Aviation Medicine , Warsaw, Poland

The future of Space Medicine in Poland and potential for commercialization - Current status of WIML-NASA_ESA cooperation

The short review of current research in the field of space medicine/neurophysiology pursued at WIML with cooperation with NASA AMES (Autogenic Feedback Training Exercise) and ESA (Neurocog ISS Project) will be presented. The possible commercialization of biomedical engineering technology like BCI (Brain Computer Interface) Augmented Cognition and Reality will be discussed.

Ph.D. Michele Armano - michele.armano@esa.int
European Space Agency, Spain

The LISA and LISA Pathfinder Missions: Science and Operations Scenario

The Laser Interferometer Space Antenna (LISA) was a formerly approved joint ESA-NASA mission for gravitational astronomy and cosmology. Redesigned as the New Gravitational Observatory (NGO) it is now awaiting re-approval. Ground testing continues to define feasibility and reduce risks is in progress as NGO relies on technologies never flown before in space environments. A proper off-ground validation was seen as mandatory: the LISA Pathfinder (LPF) is planned to be flown by the end of 2015. The main task of LPF is to collect a noise picture in environmental conditions similar to those of NGO and to test the drag-free techniques mimicking free-fall. I will describe the NGO apparatus and show its qualities as gravitational signal instrument in the low frequency bandwidth, sketching the science it could do and that is unachievable on ground due to Newtonian noise barriers. I shall also show why LPF is a breakthrough of its own on the side of engineering and on that of space operations too.

Prof. Marek Banaszkiewicz - marekb@cbk.waw.pl
Director of the Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences

Poland in space exploration

Exploration of the Moon, Mars and asteroids is one of the main objectives of the International Space Programme. This long term endeavour will accelerate in the next decade with several missions to the mentioned bodies, planned by the USA, China, Russia, ESA, Japan and India. Poland has got a chance to contribute to these missions with several technical solutions and scientific instruments. The heritage acquired by Space Research Centre during the Rosetta mission to the comet, especially in the field of penetrator, deployment devices and thermal sensors can be exploited on these missions. The Mupus Rosetta penetrator has already been used, after modifications, as a sample taking tool on the Russian Phobos-Grunt mission. Unfortunately, the mission failed. In the presentation new developments of subsurface devices and mechanical solutions will be presented as well as potential instruments that can be located on these devices. A novel way of travelling on a sloppy surface developed in Mechatronics and Robotics Lab of SRC called Hopper will be mentioned.

M.Sc. Eng. Kazimierz Błaszczak - kazimierzbla@wp.pl
Astronomia Nova, Astronomers' Association in Wieruszów, Poland
Mars One
In the year 2023 will happen an amazing trip to Mars with the goal to establish a settlement there. Astronauts will stay on Mars to the end of life. The members of this mission have no possibility to return to Earth and they agree with this situation. In April 2023 the first four men will land on Mars. The first footprint on Mars will fascinate and inspire generations. It is the public interest to help finance this mission to Mars. Then every two years, another group will join the settlement. The project is organized by the Dutch engineer Bas Lansdorp. The name of the project is Mars One. The first reaction of the audience is always the same - it will never work. However, this is something that can be really achieved because the needed technology already exists and can be purchased from a private space industry .
Humans reached the Moon but never reached Mars. We will collect founds for this mission - says Bas Lansdorp - by creating the most spectacular media event of all time. Everyone in the world will be able to see everything that happens during the preparations and on Mars.

Ph.D. Łukasz Kaczmarek - kaczmar@amu.edu.pl
Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland
„Meet the Space" with the tardigrades
Water bears (Tardigrada) are small invertebrates (*ca.* 50-2100 micrometers) which can be find widely throughout the world. Currently tardigrades are considered to be one of the hardiest of metazoans on the Earth. In spite of a small size of tardigrades, their body plan is complex, with well structured head, four pairs of legs, well developed nervous system with brain, and some other internal organs. These small invertebrates are able to inhabit almost all Earth's ecosystems. They are inhabiting mosses, lichens, hepatics, soil and aquatic environments. They can be found in marine and freshwater sediments, in frosty arctic deserts, in the highest mountains, in the lush tropical and temperate forests, on the icy surface of glaciers, in the cave depths and… in other words, almost everywhere. Tardigrades can survive extreme conditions thanks to their ability to enter into anabiosis - a unique state of biological organization when the metabolism rate is very low (disaccharides, trehalose and sucrose, together with heat shock proteins, seem to play an important role during this process). In this stage, water bears, can survive at temperatures from absolute zero to +100°C, high doses of ionizing and UV radiation, complete dehydration (up to 25 years without liquid water), "alcohol bath", orbiting in vacuum and many others. Because of such amazing abilities, tardigrades are considered as extremophiles and used as model organisms in astrobiological researches. Up to now *ca.* 1200 tardigrade species were described from all continents and oceans - and only few of them were used in the astrobiological studies. All features mentioned above show that we can "learn" from these amazing creatures how to survive in inhospitable space environment.
Additionally, extremophiles like tardigrades can be a source of novel enzymes or other, potentially useful in medicine, molecules.
Water bears are metazoans, like humans, and the results of experiments conducted on tardigrades can be useful for us in further space missions.

Damian Kaniewski - damian.kanies@gmail.com
The importance and applications of sounding rockets - today and tomorrow
Presentation focuses on the role played by sounding rockets in today's science and industry. The work has been done on small rocket system by students of Warsaw

University of Technology. The system allows to launch scientific experiments up to a height of 10km. Discussed constructions are oriented to low cost and simplicity of production. All the vehicles are propelled by reusable composite solid rocket motors. Next, possible applications of such and larger constructions are given. Predictions about the future situation of sounding rockets are also discussed. The influence of research done with use of sounding rockets on the state of our knowledge about environment and impact on everyday life is also pointed out.

Prof. Jacek Krełowski - jacek@astri.uni.torun.pl
Toruń Center for Astronomy, Poland

Dark Matter – truth or myth?

The mysterious Dark Matter is currently being called the Saint Graal of science. The estimates of its mass give the values many times higher than that of the "traditional" baryonic matter. Such a huge mass must play a crucial role in all conceivable models of spiral galaxies and the Universe. However, all attempts to detect this material directly (not via its gravity but due to either absorption or emission of electromagnetic radiation) failed – this is why it is called "Dark". The crucial evidence of the Dark Matter follows flat rotation curves of spiral galaxies. In the case of our Milky Way this means constant orbital velocity of all objects outside the solar orbit. One of the main sources of uncertainty while building such a curve for our Milky Way system follows the distance measurements. The other follows uncertain radial velocities of the observed stars as the rotation curve depicts a relation between distance and radial velocity.

Ph.D. Paweł Lejba - plejba@cbk.poznan.pl
Borowiec Astrogeodynamic Observatory, Space Research Center, Poland

Satellite Laser Ranging technique today and in the future

Today there are 46 satellites and lunar panels equipped with special retroreflectors and observed by network of Satellite Laser Ranging (SLR) stations administrated by International Laser Ranging Service (ILRS). To the group of several dozens stations belongs one polish station located at Borowiec Astrogeodynamic Observatory which is a part of Space Research Center of the Polish Academy of Sciences (SRC PAS). The SLR technique is dedicated basically to all satellite missions addicted to dynamic processes within the Earth's, and on and above its surface. The SLR technique is a great support also for global navigation satellite systems like GPS, GLONASS, QZSS, Galileo, Beidou and IRNSS. A wide spectrum of SLR applications cause a very considerable and interesting future and a huge challenge for satellite laser observations.

M.Sc. Sławomir Miernicki - miernicki@gmail.com
Siedlce Society of Amateur Astronomers, Poland

Siedlce Society of Amateur Astronomers

This is a group of fun-loving amateur astronomers based in the town of Siedlce, Poland. The society was founded in a meeting of enthusiastic astronomers on the 11th of May 2009. All members of our society have expertise in various areas. We can answer many of your questions about astronomy. We can help you set up and use equipment, like also assist you in locating constellations, planets, clusters, nebulae and galaxies. We can also advise you on the purchase of binoculars or your first telescope or, perhaps, building your own telescope. For those interested in photography, several members have expertise in astro-imaging and associated software.

The objectives of our society are to "encourage people with an interest in astronomy to get to know each other, to share their knowledge, enthusiasm and equipment, to promote

astronomy as an interesting field of study for pleasure and as a science, and to provide educational and entertaining astronomy-related experiences to children and students alike, appropriate to their level of understanding". Our viewing nights and special events are all focused on education and pleasure.
Twice a month or even more often, there are dark-sky observations in the suburbs of Siedlce. If you don't have a telescope, don't worry; our members will be more than happy to show you the sky or answer any questions you might have!

Ph.D. Joanna Molenda-Żakowicz - molenda@astro.uni.wroc.pl

Somewhere to fly

The days when suborbital flights or excursions to the Moon will be part of our work or leisure activity are close. An advent of new techniques allowing us to explore the Solar System efficiently is also approaching. Eventually, also the extrasolar planets may be within our reach. Are we ready for that opportunity? Do we know where to fly and which places to avoid? Answers to those questions have been provided by the Kepler mission and will be outlined in this presentation.

M.Sc. Milena Ratajczak - milena.ratajczak@gmail.com
Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences, Poland

Hunting for Planets

In recent years, the search for distant planets has risen to the rank of the most popular field of astronomy among amateur astronomers as well as professional researchers. Each month brings new breakthrough discoveries, with almost a thousand exoplanets having been identified so far. Contribution of outstanding Polish projects to the field is significant and thus worth to share with the public.

Ph.D. Radosław Smolec - smolec@camk.edu.pl

Science with the Polish BRITE satellites

By the end of 2013 two Polish BRITE satellites, Lem and Heweliusz, will be launched. These 20cm x 20cm x 20cm Canadian-design nanosatellites will join the 2 Austrian BRITEs (in orbit) and 2 Canadian (to be launched) and will form a constellation of six satellites following the light variability (oscillations) of the brightest stars in the sky. Study of stellar oscillations with BRITE satellites will be helpful in understanding the internal structure of the stars, in particular the mechanisms of convection. The BRITE program is not only an unprecedented opportunity for Polish science, but will also contribute to the development of industry and technology as the two satellites are integrated in Poland and many of the Heweliusz components are of Polish design.

M.Sc. Eng. Maciej Urbanowicz - maciejurbanowicz@gmail.com
SSBV Polska Sp. z.o.o.

What is space and how to join to space community?

"Space" is with us since the very first step of human made thousands of years ago. It influenced on our culture, behavior and life. Over the years people believed that there is a new world behind a sky, but never had a chance to fly above known limits.
Humans wished to enhance horizons, so new technologies have been developed, thus we are able to look beyond known limits. Furthermore by space research people learned how to use space for their own purpose. Since the very beginning of space exploration nations wanted to utilize space mostly for military purposes, as well scientific. At the same time potential of remote sensing and satellite telecommunication was identified and recognized

as potential business opportunity, which drives space sector nowadays. Main space players in the world deliver services to customers since sixties of XX century. Space industry, as one of few, showed annually growth, even at a time of world's economic crisis. This means that it is one of the most stable industry sectors in the world. And new comers are looking for niches in market. These new comers are looking also for powerful and motivated people to work on space industry. That is why education is becoming more important for industry and science. For young scientists, engineers and managers the best way to enter into space community is to join to educational projects. Poland has great heritage in space education, mostly related with activity of Education Office of the European Space Agency. For example Polish student took part in many parabolic flight campaigns, they cooperated in three international student satellite projects (SSETI Express, ESEO, ESMO), as well developed the very first Polish satellite (with support of Space Research Centre). Furthermore they develop other space-related projects such as SCOPE 2.0 and analogues of Mars rovers which achieved great international success.
Space community allows to integrate people who specialize in various areas. Space is intercultural, international and interdisciplinary and by integration and cooperation sky is no longer a limit.

Introduction to SSBV Polska
During the IAAA/Utah State University Small Satellite Conference and Exhibition, the SSBV Aerospace & Technology Group announced the creation of a new SSBV daughter company based in Poland. The company was established in late 2013 and started its operation from the Science & Technology Park "Poland-East" in Suwalki, located in the North-Eastern part of Poland. The company operates under the name of SSBV Polska and will primarily focus on developing and providing Space- and Ground-based systems. With access to the experience, products and resources available within the Group, SSBV Polska will concentrate on the development of a next-generation nanosat platform called PanelSAT^{NANO}. This platform is designed, built and tested for in-space missions to enable research and qualification of new technologies and instruments as well as being able to act as a reliable nano-sat platform to enable scientific and commercial missions.
SSBV Polska is also expected to host a modern ground station infrastructure in Suwalki. The station will be able to provide uplink and downlink services in VHF, UHF, S-Band, X-Band and Ka-Band. It is intended to support, among others, TTC and high-speed data reception services for Low-Earth-Orbiting satellites. SSBV Polska will not only work together with other SSBV Aerospace & Technology Group companies and international partners, but will also build strong ties with other Polish companies and research institutes.

Ph.D. Murli Verma - sunilmmv@yahoo.com
Lucknow University, India
The Dark Side of the Universe
I will talk about two main components of the universe - dark matter and dark energy. I will discuss their mutual interaction and propose a mechanism how dark energy may be converted into dark matter by switching of the pressure.

Ph.D. Bogdan Wszołek, bogdan.wszolek@gmail.com
Revitalization of radiotelescopes from Psary
In 2010 four radiotelescopes were dismounted in Psary with hope that they will be again fully valuable instruments for radioastronomy and/or for communication with space devices. Dishes of anthenas have diameters: 9, 13, 13 and 16 meters. Two of four anthenas are already built in Rzepiennik Biskupi (RT-9) and in Częstochowa (RT-13). The

instalation of the other RT-13 was started in Wieruszów. We welcome specialists to come into cooperation with us to make use of these instruments as soon as possible.

M. Sc. Paweł Zagórski, pzagor@agh.edu.pl
AGH University of Science and Technology, Poland

Aerospace Blockset for Xcos as free, open source tool for space education

Aerospace Blockset for Xcos project was founded thanks to Google Summer of Code 2012 initiative. It is designed as a part of Xcos, a graphical editor allowing to design hybrid dynamical systems models. From the very begging it was envisioned as a tool that fills the gap between the free purpose-driven aerospace software (eg. Space Trajectory Analysis, Gpredict), and the very expensive professional tools (eg. AGI STK, Matalb-Simulink). One one hand it is available to anyone for free, and on the other it not only allows to perform sophisticated aerospace simulation, but also lets the user to understand various processes and models that are the underlying principle behind those calculations. This unique property makes it a promising tool for aerospace education and engineering of low-cost aerospace projects. As blockset is developed as open source project, potential user can even change it for his or her own purposes, or contribute new features to make them available for others to use.

plakaty

Ph.D. Roman Antosik - rantosik1@gmail.com
ROBATOMIX LLC, Poland

Modeling galaxies, and the universe with the Casimir force potentials

The Magneto-Electric Gravity Spacetime Curvature Theory developed by the author, while with ROBATOMIX LLC, provides analytical model for the 7D Minus MElectro-Gravity curvature potential of the Casimir force component contributing to contraction of the universe. The potential is computed to be equal the estimated 2.036e-52[m-2] Cosmological Constant parameter of General Relativity. The theory provides corresponding analytical model for the 7D Plus MElectro-Gravity curvature potential of the Casimir force component contributing to expansion of the universe. The potential is computed to be 71.4% higher than the 7D Minus MElectro-Gravity curvature potential. The NASA WMAP project estimates 71.4% of Dark Energy, and 5.217 ratio of the Dark Matter (24.0%) to Luminous Matter (4.6%) in the universe. The energies force expansion of the universe at the measured by the Spitzer telescope 74.3[km/s/Mpc] expansion rate. Here one computes the same 74.3[km/ s/Mpc] expansion rate, at the constant 1.00777 relativistic dilation rate, of the average 2.0[Mpc] half-radii size galaxies. Here one computes that at that dilation rate, the reduction of the Dark Matter to Luminous Matter energy ratio from 5.217 to "pi" stabilizes the universe to a periodic, 4D angular expansion in a circular orbit. Here one computes that at that dilation rate, the Golden Ratio φ is the ratio of the ratios: the ratio of the at rest Dark Matter to Luminous Matter energy potentials in the expanding universe, and the ratio of the relativistic Dark Matter to Luminous Matter energy potentials in the stable universe.

The presented calculations validate the Magneto-Electric Gravity Spacetime Curvature Theory Casimir force potentials on the universe scale, and assures their validity on the planetary, molecular and atomic scales, after unit-less scaling as outlined at:
http://robatomix.wix.com/robatomix

Jian Ding - jiandus@163.com
Integrated Electronic Systems Lab Co. Ltd., Jinan, China

Based on the high-speed electronic energy convergence phenomena to put forward the electro-ultimate particles

In allusion to the high-speed electronic energy convergence phenomena, according to the relevant electromagnetic theory as well as the mass-energy and kinetic energy equation of Einstein's special relativity, the study concluded that a moving electronic charge would follow along with its static mass synchronously to be lost. Since an electron can be further broken down, then there should be a kind of more fundamental particles to compose, which can be referred to as "electro-base particles". It should be the electro-ultimate particles whose charge-mass ratio is equal to that of electronic physical constants. A corollary is that all photons radiating from the electrons in a storage ring are composed of the electro-base particles. Then based on de Broglie's matter wave concept, it is pointed out that the high-speed particles' energy convergence effect should be the primary factor in causing spectral redshift. Finally, us ing HLS 800MeV electron storage ring as an example, we have calculated the moving speed of electrons, and estimated the approximate ranges of the wavelength and static mass. And further, by the aid of a well known experimental fact in the industry but it seems to have been neglected, based on the Law of Energy Conservation, in allusion to the radiated photon whose characteristic wavelength is 2.427 (nm), we have calculated the moving speed and static mass, as well as the deflection radius in the magnetic field. Moreover, to verify whether the above arguments are set up, this paper introduces a method about measuring the wavelength value of electrons in a storage ring. The manuscript please refer to the following url: http://vixra.org/abs/1309.0099

Weronika Erdmann - weronika.erdmann@gmail.com
Department of Animal Taxonomy and Ecology, Faculty of Biology,
Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland

Are the water bears are able to survive on other than Earth celestial bodies in the solar system?

To the organism could survive on other planets in our solar system or their moons, it should has certain characteristics, among other things, a high tolerance for various physical (e.g. temperature, radiation, pressure, desiccation) and chemical factors. The best chances to survive in such conditions have extremophilic organisms, which inhabit the most extreme environments on Earth. These organisms belongs to bacteria and Archea, Rotifera and to several species of nematodes. Some of them are arthropods e.g. Tardigrada. Water bears (Tardigrada) are a small invertebrates (50-2100 microns) which can be found widely around the world and are considered to be one of the hardiest metazoans on Earth. Comparing data on tardigrades resistance to low and high temperatures, low and high atmospheric pressure, different types of radiation and also to chemical factors, with data on environmental conditions on e.g. Venus, Mars, Europe, Enceladus or Titan, we tried to estimated the chances of survival for tardigrades on these celestial bodies. It turned out the chances are high and tardigrades are able to survive on some of the celestial bodies in our solar system.

Jaromir Król - jaromirk@kr.onet.pl
Reality Pump / TopWare, Poland

Meteorites - Messengers from Outer Space

A meteorite is typically defined as any solid body that has entered the Earth's atmosphere and fallen on its surface. These visitors from outer space actually become meteorites only upon surviving the impact. Before entering the atmosphere, they are referred to as

meteoroids, while upon entering it – as the friction and chemical reactions cause them to heat up to 5500 degrees Kelvin – they are meteors; it is at this point that they become the famed fireballs, the shooting stars occasionally visible at night.
The vast majority of recovered meteorites are stony, with only several percent being of the iron or stony-iron variety. Most have originated in the asteroid belt between Mars and Jupiter, though some extremely rare specimens have also been identified as fragments of comets, Mars, and the Moon. The possibility of ever encountering a meteorite that came from outside the Solar System, or even the Milky Way, is a hotly debated issue; as of 2013, no such specimen is known to exist.
The specimens featured as part of the conference have been selected from a collection which encompasses a number of meteorite types and origins, from stony chondrites recovered in the mountains of Siberia, to fragments of prehistoric iron meteorites from Africa, to slivers of actual Martian basalt.
Typically, a recovered meteorite is named after the place of the fall, or the nearest named location. Most known specimens have been found long after their actual falls. Before being recognized for what they were, many meteorites would be occasionally used by the locals to manufacture weaponry. In fact, some are still used for that purpose; the weapons in question, however, are designed as art pieces, as meteorite fragments have become a valued component in jewelry making.
While meteors – the silvery falling stars of the night – have long provided inspiration for wordsmiths and painters alike, meteorites have typically inspired far more dire works of fiction, most of which recycle the threat of a lethal impact, typically one so extreme as to endanger mankind itself. However, actual cases of recorded falls and impacts that could even be considered dangerous are exceedingly rare, and such events as the well-publicized Chelyabinsk fall of February 2013 achieve their instant notoriety by the very virtue of being so uncommon. Most meteorites that reach the Earth are relatively small, and the majority sink in ocean waters – typically less than 10 specimens are recovered each year after observed falls.
Nevertheless, rarity does not negate potentiality; meteorites have thus long been named as the most likely culprits in 1908's Tunguska event – the mysterious Siberian explosion whose energy has been estimated at over 20 megatons, and which still constitutes Earth's largest impact event in recorded history. A huge meteorite or an asteroid is also thought to have been responsible for the mass extinction of the dinosaurs, with the giant Chicxulub crater in Mexico being named as the possible place of impact that would have happened over 65 million years ago.
Curiously, there have been cases in which meteorites actually hit human beings. Anecdotal historical records mention a number of such cases, yet the first confirmed occurrence was 1954's fall of the Sylacauga meteorite in Alabama, where a 3.8 kg stone broke through the roof of Ann Hodges's house, damaged her radio, and struck her on the hip. However, as of 2013, the only verified fatality of a meteorite strike is still Pepita – the unfortunate Venezuelan cow, crushed in 1972 by a falling chunk of the Valera meteorite.

Sahil Mathur - sahitrobo@gmail.com
University of Delhi, India

Design Rationale of Satellite Systems for Efficient Space Debris Capture

The paper deals with innovative satellite design that uses works on the ability of viscosity of fluids to absorb the kinetic energy of particles. The paper proposes Magneto - Rheological Fluid to capture small debris. The fluid enables satellite system to alter viscosity of the fluid. The fluid is under the influence of a magnetic field produced by electrical systems on-board the satellite that create pseudo gravity environment for the

fluid. The satellite systems used special inflatable debris capture modules that enhanced the capacity of debris storage. This process solves the problem of limited debris carrying capacity of debris capturing systems proposed so far. The power generation utilizes special Silicon Microwire-Nanoneedle Arrays, encased in flexible polymer that enhances power generation in space. Paper proposes use of special Dust Thrusters tp enhance satellite maneuvering precision for intra-orbital movements.The design is a revolu tionary shift from the usual methods proposed for debris capture so far.

Agnieszka Rumińska - krgnoer1@gmail.com
University of Wrocław, Poland

A New Rapid Method for Detecting Soil Microorganisms and its Application to the SCORPIO Project

The aim of this study was to develop the best method for the detection of microorganisms, their building compounds or metabolites in the martian soil analogues. The developed method for measuring quality of soil samples will be used in the laboratory module designed for martian rover SCORPIO IV, which will start in the University Rover Challenge 2014. Some interesting results and plans for the future are presented.

Ph.D. Dominika Włoch-Salomon - dominika.wloch-salamon@uj.edu.pl
Institute of Environmental Sciences, Jagiellonian University, Poland,

Searching for life in extreme conditions using 16S rRNA gene sequencing techniques – experience from the Lake Vostok case study

To estimate the bacterial content of Lake Vostok, 16s ribosomal genes (16s rDNA) were analysed using samples from exploratory drilling (drill bit) water and accumulated (accretion) ice. To avoid contamination stringent ice chemistry based procedures and comprehensive biological controls were applied. The two most important findings so far from the samples are from ice at depths of : a - 3561m and 3607m ; and b – from drill bit water samples at the water/ice boundary at 3769.3 m. Both ice samples are dated as to have formed between 20 000 - 15 000 years ago. Bacterial phylotype from ice samples are representative of the thermophilic facultative chemolithoautotroph, Hydrogenophilus thermoluteolus (beta-Proteobacteria), which had only been previously only been found in hot springs. While the bacterium phylotype (7 clones, 3 allelic variants) found from the water sample has so far remained unidentified and unclassified. All other phylotypes so far discovered in ice and drillbit water samples including controls are presumed to be contaminants. It seems that the subglacial Lake Vostok accretion ice is actually microbe-free, indicating that the water body should also be hosting a highly sparse life. The presence of thermophilic bacteria DNA suggests the existence of a geothermal system beneath the cold water body of the Lake Vostok. This finding is supported by the geological setting, the long term seismotectonic evidence from 4He degassing and the ’18O shift ’ of the Vostok accretion ice. New samples which are now being analyzed will hopefully allow to confirm findings and probably to discover other unknown forms of microorganisms adapted to live under the extreme conditions of Lake Vostok. Such a primary production scenario for Lake Vostok which is considered as a unique terrestrial analogue of subglacial oceans on Jupiter’s (Europe, Ganymede, Callisto) or Saturn’s (Enceladus) icy moons m ay have relevance for icy planets. The approach used for estimating microbial content in accretion ice should be relevant for searching for extraterrestrial life.

M. Sc. Krzysztof Zawierucha, M. Kolicka, Ł. Kaczmarek - k.p.zawierucha@gmail.com
Department of Animal Taxonomy and Ecology, Faculty of Biology,
Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland

Importance of glacier and nival microinvertebrates in astrobiological studies

Despite extreme conditions, glaciers and nival zones can be suitable habitats for different forms of life. Up to now several groups of invertebrates have been reported from these extreme conditions e.g. Chironomidae, Plecoptera, Collembola or Enchytreaidae. But the most interesting element adapted to extreme cold environments are tardigrades, rotifers and nematodes. These animals can protect themselves before high UV radiation and low temperature due to black pigment in their bodies as well as enter into cryobiosis stage (biological organization in which the disaccharides trehalose and sucrose, together with heat shock proteins, play an important role). For this reason, animals inhabiting these environments can be classified as extremophiles.

In the recent years, hypotheses have appeared which consider water reservoirs on the glaciers may have been a source of colonizers. Currently the most abundant metazoans inhabiting water reservoirs in the glaciers are tardigrades and rotifers. Glaciers can constitute a perfect model in astrobiological research, as a habitats potentially suitable for life on planets or moons covered with ice (such as Mars or Jupiter's moon Europa). Thus, microinvertebrates like Tardigrada and Rotifera (as well as others glacier animals) can be excellent model to astrobiological studies because of their adaptaions to extreme physical and chemical conditions.

Current konweldge on the extreme metazoans is still underestimated. During the current climate warming the glaciers are melting and together with increase of melt we lost new unexplored extremophiles. This is the reason why, the studies in the glaciers and nival ecosystems should focus in greater extent also on the investigations of the biodiversity, as this organisms may be of considerable importance to various branches of applied sciences.

Konferencji towarzyszyły wystawy: meteorytów (Jaromir Król, kolekcja prywatna), modeli rakiet (Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie) oraz zdjęć wahadłowców (Krzysztof Kanawka). Został też skomponowany i odsłuchany dedykowany utwór muzyczny „Meet The Space" (kompozycja – Dawid Rudnicki). Przedstawiono też specjalny koncert utworów Chopina ze wspaniałym podkładem obrazów z kosmosu: "Chopin-the Space Concert" (Adam Ustynowicz).

W ramach konferencji zrealizowano dwa specjalne spotkania z myślą o szerszej publiczności i młodzieży szkolnej. Wieczorem, w dniu 5 grudnia, odbył się w Uniwersytecie Jagiellońskim publiczny wykład kosmonauty gen. Mirosława Hermaszewskiego, na który przybyło, oprócz uczestników konferencji, około 70 osób. W dniu 6 grudnia, polski kosmonauta odwiedził VIII LO w Krakowie, gdzie wygłosił wspaniały wykład do około dwustu osób. Podczas obu tych spotkań, zorganozowanych przez Astronomię Novą, sprzedawano książkę „Ciężar nieważkości" autorstwa naszego kosmonauty.

Po zakończeniu swoich wykładów gen. Mirosław Hermaszewski udzielał autografów oraz dedykowanych wpisów. Chętnie pozował również do zdjęć.

Dwojgu autorom najlepszych prezentacji konferencyjnych, Agnieszce Rumińskiej i Łukaszowi Kaczmarkowi, wręczono nagrody książkowe, ufundowane przez Astronomię Novą.

Na uświetnienie konferencji i zdarzeń jej towarzyszących złożyły się wysiłki wielu osób i instytucji. Pragniemy tu złożyć podziękowanie im wszystkim, a w sposób szczególny:

1. Pani dr. hab. Marii Niklińskiej, dyrektor Instytutu Nauk o Środowisku UJ, wraz z administracją, za ułatwienie procedur formalnych i pomoc w organizacji konferencji w Instytucie,
2. Pani Dziekan Wydziału BiNoZ, dr hab. Małgorzacie Kruczek, za wsparcie finansowe (pokrycie kosztów wynajmu sal i noclegu dla jednego uczestnika konferencji),
3. Komitetowi Organizacyjnemu i Naukowemu, prelegentom i autorom plakatów, uczestnikom konferencji oraz wszystkim doktorantom, którzy przyczynili się do powstania Meet The Space,
4. Chairmanom: prof. Jackowi Krełowskiemu za konstruktywne rady dotyczące merytorycznej strony wydarzenia, dr Krzysztofowi Kanawce, dr Pawłowi Lejbie, Maciejowi Urbanowiczowi za pomoc w tworzeniu sesji tematycznych,
5. Prof. Achimowiczowi za doradztwo medialne i tłumaczenie wykładu gen. Hermaszewskiego podczas konferencji,
6. Dawidowi Rudnickiemu za kompozycję Meet The Space
7. Jaromirowi Królowi za wypożyczenie i opisanie własnej kolekcji meteorytów,
8. Dyrektorowi Muzeum Lotnictwa Polskiego Krzysztofowi Radwanowi za wypożyczenie czterech rakiet METEOR,
10. Krzysztofowi Kanawce, za organizację wystawy fotograficznej wahadłowców,
11. Muzeum Zoologicznemu UJ za wypożyczenie gablot wraz ze stojakami na czas konferencji,
12. DMC Poland: Agnieszce Faracik-Leśniak za doradztwo dotyczące organizacji konferencji,
13. Sponsorom: Perlan Technologies, Cittru UJ, ATOMIN UJ, IT Solutions, IT Solist, Staniszewski&Richter.
14. Ministerstwu Nauki i Szkilnictwa Wyższego za wsparcie konferencji dotacją 11000 złotych (Decyzja Nr 906/P-DUN/2013).

Na zakończenie załączamy jeszcze wybór fotografii wykonanych podczas konferencji Meet The Space.

(Wszystkie fotografie zamieszczone w tym artykule pochodzą z archiwum AN)

Meet The Space

Wifi
Login: MeetTheSpace
password: December2015
METEOR-3

Część trzecia

(artykuły popularnonaukowe)

Bogdan Wszołek przy montażu zwierciadła wtórnego
częstochowskiego RT-13 (*archiwa Astronomii Novej*)

Radioteleskopy z Psar na drodze ku swojemu drugiemu życiu

Bogdan Wszołek

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

bogdan@ajd.czest.pl

Motto:
„Titanica zbudowali profesjonaliści, a arkę Noego amatorzy" (Marek Pelian)

Wstęp

Centrum Usług Satelitarnych TP SAT w Psarach koło Kielc zlikwidowało w 2010 roku swoje instrumentarium i właściwie przestało pełnić właściwą sobie funkcję. Dzięki zabiegom autora cztery spośród siedmiu wspaniałych radioteleskopów uniknęło złomowania. Tabela poniżej przedstawia listę nowych właścicieli anten z Psar. Do tego czasu (październik 2013) dwa z nich zostały zbudowane na nowych stanowiskach, a budowa trzeciego rozpocznie się w najbliższym czasie. Artykuł niniejszy ma przybliżyć zainteresowanym czytelnikom dotychczasową drogę pozyskanych anten ku drugiemu życiu.

Antena	Miejscowość	Współrzędne geograficzne	Właściciel
RT-16	Kraków	$\varphi = 50°04'$ $\lambda = 19°58'$ E	Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego
RT-13A	Częstochowa	$\varphi = 50°49'$ $\lambda = 19°07'$ E	Marek Pelian
RT-13B	Wieruszów	$\varphi = 51°17'$ $\lambda = 18°10'$ E	Kazimierz Błaszczak
RT-9	Rzepiennik Biskupi	$\varphi = 49°47'$ $\lambda = 21°05'$ E	Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi

Przed przystąpieniem do właściwej prezentacji przybliżymy czytelnikowi aktualny krajowy wykaz radioteleskopów. Po zniszczeniu największego radioteleskopu w Psarach na pierwsze miejsce w Polsce awansował 32-metrowy radioteleskop w Piwnicach k.Torunia, będący na wyposażeniu Centrum Astronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (CA UMK) w Toruniu. Instrument w zasadzie zaspakaja podstawowe potrzeby akademickie i, choć już nie jest nowy, wciąż jest doskonalony. W coraz większym stopniu służy celom popularyzacji astronomii w społeczeństwie. Na drugim miejscu, co do wielkości czaszy, pozostają formalnie dwa 15-metrowe radioteleskopy: jeden w Piwnicach, drugi w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ) w Krakowie. Teleskopy te nigdy nie były instrumentami z prawdziwego zdarzenia i służyły w najlepszym razie do prowadzenia studenckich ćwiczeń obserwacyjnych. Skądinąd, odgrywały ważną rolę, jeśli chodzi o „magiczne" oddziaływanie na społeczeństwo i jako poligon doświadczalny dla początkujących radioastronomów. Dziś oba te radioteleskopy mają raczej wartość ujemną – trzeba zainwestować w ich usunięcie. Trzeci polski radioteleskop służy do obserwacji Słońca na falach decymetrowych, ma

średnicę czaszy 8 metrów i znajduje się w OAUJ w Krakowie. Ostatnio zainstalowano w OAUJ również 3-metrową dydaktyczną antenę radiową do obserwacji fal o długości 21 cm (linia wodoru neutralnego). Byłby to piąty, ale trzeci pracujący, polski radioteleskop. Całkiem niedawno zainstalowano w Centrum Astronomicznym Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk (CAMK PAN) w Warszawie podobną amatorską 3-metrową antenę, która posłuży do kontroli lotów kosmicznych pierwszych polskich sztucznych satelitów Ziemi, skonstruowanych przez Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk (CBK PAN). W tabeli poniżej przedstawiono wykaz radioteleskopów polskich, do których mają dołączyć anten z Psar.

Antena	Miejscowość	Właściciel	Uwagi
RT-32	Piwnice k. Torunia	CA UMK	Przydatny naukowo i dydaktycznie
RT-15	Piwnice k. Torunia	CA UMK	Bezwartościowy
RT-15	Kraków	OAUJ	Bezwartościowy
RT-8	Kraków	OAUJ	Przydatny naukowo
RT-3	Kraków	OAUJ	Przydatny dydaktycznie
RT-3	Warszawa	CBK PAN CAMK PAN	Telekomunikacyjny

RT-9 w Rzepienniku Biskupim

Z pośród anten pozyskanych w Psarach najpierw zbudowano najmniejszą, tj. RT-9. Stanęła ona w prywatnym obserwatorium astronomicznym. Jest to instrument wykonany w 1999 roku przez firmę Scientific Atlanta w USA. Cała paraboloidalna czasza jest wykonana z aluminium. Panele, w ilości 48, są kręcone do konstrukcji czaszy śrubami ze stali nierdzewnej. Na czwórnogu z profili aluminiowych jest umieszczone zwierciadło wtórne. Antena może przyjmować położenia: wysokość w zakresie 0-90 stopni, azymut od około 120 do około 240 stopni (przy azymucie liczonym od punktu kardynalnego N w kierunku E). Cała powierzchnia zwierciadła głównego i wtórnego jest podgrzewana dla uniknięcia oszronień. Istnieje możliwość automatycznego obracania platformy odbiorczej wokół osi czaszy, co pozwala łatwo mierzyć polaryzację dochodzącego promieniowania. Okablowanie całego radioteleskopu jest oryginalne. Oryginalny jest też „control room" wraz z klimatyzacją, szafami na komputery i szafami zasilającymi. Antenę zrekonstruowano w 2012 roku, a w roku 2013 odtworzono jej oryginalne sterowanie, tak manualne jak i zdalne z poziomu komputera. Niedługo zostaną zainstalowane pierwsze odbiorniki i rozpoczną się pierwsze testy. Tymczasem jest swoistą „perłą" Podkarpacia, do której ściągają licznie turyści oraz grupy szkolne. Stowarzyszenie Astronomia Nova, patronujące rewitalizacji anten z Psar oraz samemu obserwatorium, zorganizowało tu w dniu 10 sierpnia 2013 roku imprezę naukowo turystyczną „Space Station I", podczas której goście mieli

m.in. okazję samodzielnie sterować anteną. Ciąg zamieszczonych fotografii ma przybliżyć historię radioteleskopu za trzy lata, poczynając od października 2010 roku.

Stanowisko pierwotne, demontaż, instalacja,
sterowanie, okablowanie. (*źródło: archiwa Astronomii Novej*)

RT-13 w Częstochowie

RT-13, trzynastometrowej średnicy radioteleskop produkcji japońskiej, trafił do Częstochowy dzięki finansowemu zabezpieczeniu ze strony Marka Peliana – miejscowego biznesmena, który, jako jedyny częstochowianin, zareagował pozytywnie na wezwanie autora do ratowania instrumentów w Psarach. Teleskop stoi na terenie jego nowopowstałej dyskoteki RAY, zbudowanej specjalnie dla stymulacji zainteresowań społeczeństwa niebem.

Kilkutonowa paraboloidalna czasza RT-13 składa się z 36 paneli aluminiowych, przykręcanych do stalowej konstrukcji przy pomocy nierdzewnych śrub. Ma swobodę ruchu od 0 do 90 stopni w wysokości i około 120 stopni w azymucie. Zakres azymutu daje się zmienić – kwestia odkręcenia i ponownego przykręcenia sześciu śrub. Dolne panele czaszy są podgrzewane dla uniknięcia zalegania śniegu. Antenę zbudowano w Częstochowie pod koniec 2012 roku. Oryginalne okablowanie oraz sterowanie elektroniczne nie istnieje. Również „control room" należy zabezpieczyć od podstaw. Został już zakupiony odpowiedni kontener.

Po bardzo skomplikowanej, ale zakończonej pełnym sukcesem, operacji rozbiórki, transportu i ponownej instalacji, kilkunasto tonowy częstochowski radioteleskop czeka na właściwą rewitalizację. Myśli się obecnie o pięciu komplementarnych sposobach jego wykorzystania:

- na potrzeby dyskoteki – rejestracja silnych kosmicznych sygnałów radiowych i ich implementacja do utworów muzycznych, odtwarzanych podczas dyskoteki,
- dla celów dydaktycznych (studenci, uczniowie),
- dla celów badawczych w zakresie astronomii (mapy radiowe nieba, rejestracja emisji silniejszych radioźródeł),
- dla celów badawczych w zakresie radiotelekomunikacji kosmicznej,
- jako instrumentu niezawodnego kontaktowania się z aparaturą rozmieszczoną w kosmosie (naziemna stacja kontroli lotów kosmicznych - po wejściu Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej, taki sposób wykorzystania anteny sam się narzuca).

Częstochowski radioteleskop, w zamyśle jego budowniczych, ma być przykładem realnej i bogatej w skutki współpracy między prywatnym biznesem i środowiskiem akademickim. W szczególności częstochowskie wyższe uczelnie (Akademia im. Jana Długosza, Politechnika Częstochowska), ze swoimi specjalistami i studentami, są zaproszone do tej współpracy. Właściciel pokrywa wydatki związane z utrzymaniem instrumentu i udziela nieodpłatnie odpowiedniego pomieszczenia i terenu. Nie oczekuje od zainteresowanych pracą przy instrumencie żadnych gratyfikacji. Każdy, kto realnie i szczerze chce się włączyć w ambitne dzieło tworzenia i doskonalenia częstochowskiego ośrodka astronomicznego i kosmicznego, zostanie przyjęty z otwartymi rękami.

W chwili obecnej opracowuje się sterowanie teleskopem oraz buduje się odbiornik promieniowania radiowego na fali 21 cm. RT-13 pozostaje pod merytoryczną opieką specjalistów zrzeszonych w Astronomii Novej, co gwarantuje szybkie ożywienie instrumentu, a z jego pomocą również zainteresowania społeczeństwa naukami ścisłymi, w tym astronomią. W maju 2013 odbyła się już w dyskotece RAY pod RT-13 sesja naukowa z udziałem wykładowców krajowych i zagranicznych. Seria poniższych zdjęć częściowo wprowadza w klimat towarzyszący dotychczasowej pracy przy teleskopie. Zainteresowanym czytelnikom proponuje się również artykuły o teleskopach z Psar zawarte w poprzednich edycjach Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego oraz w nowościach na stronie: www.astronomianova.org .

Z Psar do Częstochowy: przed rozbiórką, rozbiórka, składowanie w Pabianicach koło Częstochowy, montaż w Częstochowie, pierwszy piknik pod radioteleskopem (21.12.2012). (*źródło: j.w.*)

Montaż zwierciadła wtórnego, konferencja naukowa przy radioteleskopie. (*źródło: j.w.*)

RT-13 w Wieruszowie

Drugi RT-13, identyczny z częstochowskim, trafił do Wieruszowa. Stało się to dzięki Kazimierzowi Błaszczakowi, aktywnemu miłośnikowi astronomii i członkowi Astronomii Novej, który w 2010 roku pozytywnie zareagował na wezwanie autora do ratowania teleskopów z Psar i na własny koszt uratował jeden z nich. Przyświeca mu idea zbudowania radioteleskopu, jako jednego z instrumentów większego kompleksu astronomiczno-astronautycznego, służącego realizacji celów naukowych i dydaktycznych. Władze Wieruszowa sprzyjają przedsięwzięciu i mają zamiar użyczyć terenu i zabezpieczyć częściowo finanse niezbędne dla zbudowania radioteleskopu. Jest wielce prawdopodobne, że RT-13 stanie poza miastem, we wsi Cieszęcin, na terenie szkoły, która właśnie została zamknięta z powodu małej ilości dzieci. Burmistrz Wieruszowa jest skłonny nie tylko dać teren pod budowę, ale również udostępnić Astronomii Novej pomieszczenia w budynku szkolnym, by służyły obsłudze radioteleskopu i innym zadaniom służącym uprawianiu i popularyzacji astronomii i astronautyki. Procedowanie jest w fazie zaawansowanej i istnieje szansa na zbudowanie RT-13 w 2014 roku.

Wieruszowski radioteleskop, jak wszystkie pozostałe pochodzące z Psar, jest w doskonałym stanie. Został rozebrany z zachowaniem odpowiedniego znakowania, a jego poszczególne elementy były zabezpieczone przed odkształceniami, tak w trakcie demontażu jak podczas transportu i składowania. Poniższa galeryjka fotografii ilustruje działania dla rewitalizacji instrumentu.

Stanowisko pierwotne. (*źródło: j.w.*)

Demontaż, transport, składowanie w Wieruszowie, szkoła w Cieszęcinie koło Wieruszowa. (*źródło: j.w.*)

RT-16 w Krakowie

Czasza największego uratowanego w Psarach radioteleskopu trafiła do OAUJ w Krakowie. Astronomowie krakowscy pozyskali również solidny postument, który utrzymywał w Psarach czaszę o średnicy 12 metrów. Są plany likwidacji w OAUJ istniejącego RT-15 i budowy na jego miejscu RT-16 z Psar. Paraboloidalna czasza RT-16 jest nowoczesna i stosunkowo lekka. Postument, zanim jeszcze trafił do Psar, podtrzymywał czaszę radarową na pokładzie radzieckiego okrętu wojennego. Jest masywny i ma możliwość kierowania anteny w dowolny punkt na niebie. Gdyby się udało zbudować RT-16 zgodnie z planem, byłby to idealny instrument, m.in. do obsługi różnych misji kosmicznych. Wobec przystąpienia Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej, silnie wzrosło zainteresowanie na tego rodzaju instrumenty. Tymczasem, montaż RT-16 w OAUJ stoi pod dużym znakiem zapytania. System biurokratyczny uczelni nie sprzyja tego rodzaju przedsięwzięciom. Ludziom, którzy znają się na rzeczy i mogliby dokonać instalacji nie wolno jest tego zrobić, nawet w ramach wolontariatu. Trzeba, żeby montażu dokonała wyspecjalizowana firma. Takich firm w Polsce (ani pewnie w świecie) nie było i nie ma. Prawdopodobnie nikt w świecie jeszcze nie robił rzeczy podobnych do tego, co dzieje się z antenami z Psar. Owszem, są firmy, które chętnie podejmą się „w ciemno" zadania, za ciężkie pieniądze, ale wiadomo z góry, że sobie nie poradzą. Uniwersytet wtedy ma prawo rościć sobie pretensje do odszkodowania. Nie podniesie to jednak szans na uruchomienie instrumentu, raczej je raz na zawsze zaprzepaści. Aktualnie RT-16 leży w częściach na terenie OAUJ i jest zabezpieczony przed niszczeniem. Czyni się usilne starania o pozyskanie środków finansowych dla wynajęcia firmy, która zgodzi się dokonać montażu. Poniżej zamieszczono kilka zdjęć radioteleskopu na drodze do rewitalizacji.

Stanowisko pierwotne. (*źródło: j.w.*)

Czasza RT-16 przygotowana do zdjęcia, postument od RT-12 gotowy do demontażu, RT-16 po pracy dźwigu. (*źródło: j.w.*)

Instalacja czaszy RT-16 w OAUJ wymaga kilku poważnych przedsięwzięć. Po pierwsze trzeba zdemontować istniejący RT-15. Po drugie należy się upewnić czy budynek podtrzymujący obecnie RT-15 udźwignie planowany radioteleskop. Zakładając, że tak, należy zaprojektować i wykonać element mocujący bardzo masywną „nogę" od wspomnianego RT-12 z Psar do budynku. Trzeba wykonać od podstaw „złączkę" mocującą czaszę do nogi. Kiedy już problemy mechaniczne zostaną rozwiązane, trzeba będzie zabezpieczyć sterowanie. Sterowanie oryginalne jest ponoć nie do odtworzenia, a silniki prawdopodobnie wymagają wymiany. Jeśli chcieć stworzyć RT-16 według pierwotnego zamysłu astronomów krakowskich, to trzeba koniecznie zaangażować wyspecjalizowane firmy i ponieść milionowe koszty.

Istnieje jednak opcja alternatywna do pierwotnej. Oryginalna noga od czaszy 16-metrowej jest zdemontowana i leży w obserwatorium w Rzepienniku Biskupim. Wystarczy zrobić fundament, taki sam jak był w Psarach, umocować nogę i dokręcić czaszę. Wszystko daje się zrobić na podobieństwo operacji przeprowadzonych dla RT-9 w Rzepienniku Biskupim i RT-13 w Częstochowie. Koszty przedsięwzięcia zmalałyby 10-krotnie, a szansa na sukces wzrosłaby znacznie. Gdyby chcieć kierować czaszę teleskopu na dowolny obszar nieba, wystarczy dokonać stosunkowo drobnej modyfikacji

oryginalnego rozwiązania dla sterowania w azymucie. Jest to w zasięgu możliwości w miarę rozgarniętego mechanika.

RT-15 w OAUJ w Krakowie, w miejsce którego (na tym samym budynku) miałby stanąć większy RT-16, pochodzący z demontażu w Psarach. (*fot. B.Wszolek*)

Uwagi końcowe

Budowa od podstaw radioteleskopu podobnej klasy jak te z Psar jest przedsięwzięciem trudnym. W aktualnych uwarunkowaniach polskich wchodzi w rachubę jedynie zakup instrumentu za granicą (wraz z montażem). Tak powstawały radioteleskopy w Psarach. Nawet 3-metrowe, amatorskie

czasze, które można praktycznie wykonać w jakimś technikum w ramach zajęć wychowania technicznego, sprowadza się dziś za grube sumy zza granicy (np. wspomniane wcześniej RT-3 w Krakowie i Warszawie). Budując radioteleskop należy odpowiednio wykonać fundament, część mechaniczną oraz część elektrotechniczną i elektroniczną. W przypadku fundamentu teoretycznie jest najmniej problemu. Wystarczy odpowiednia, najlepiej z dużym zapasem, ilość żelbetonu. Nie trudno też zabezpieczyć sprawy elektrotechniczne. Największe koszty i trudności dotyczą zakresu mechanicznego, i to nie tyle w zakresie projektu (bardzo kosztownego), co wykonania. Budowa od zera kosztuje już na poziomie projektowania niebotyczne sumy i nie gwarantuje ostatecznego sukcesu.

Przeniesienie sprawnie działającego radioteleskopu to rzecz zupełnie inna. Na starcie wiadomo, że instrument jest dobry, bo przez lata pracował niezawodnie. Należy tylko dobrze wszystko podpatrzeć i odtworzyć w nowym miejscu. Wtedy ma się gwarancję, że sprawa się uda. W przypadku RT-9 i obu RT-13 z Psar, autor osobiście wykonał szczegółową dokumentację fotograficzną każdego instrumentu i dokonał odpowiedniego znakowania jego elementów. W kilka godzin (licząc na jedną antenę) tę najważniejszą rzecz dawało się zabezpieczyć. Sam demontaż należy wykonać z odpowiednią kulturą techniczną, dla uniknięcia odkształceń i uszkodzeń. Jest istotne, aby montażu dokonywały te same osoby, które teleskop rozbierały. W Psarach można było podpatrzeć, gdy w odpowiednim czasie tam się było, jak wyglądały fundamenty w całej swojej miąższości. Były bowiem niszczone bezpośrednio po usunięciu anten. Można było nie tylko podpatrzeć, ale także odzyskać oryginalne metalowe mocowania stopy radioteleskopu do fundamentu.

Wymienione trzy radioteleskopy demontował autor wraz z synem. Jeśli byli pomocnicy, to należało dopilnować by wykonywali rzeczy dobrze. Zwłaszcza prace dźwigowe wymagały ogromnej czujności. Nie można też było uronić żadnej z tysięcy śrub, nakrętek, podkładek itp. Nie należało przesadzić z rozkręcaniem. W szczególności było istotne, aby na śrubach podtrzymujących panele nie ruszać spodnich nakrętek. W ten sposób zabezpieczono oryginalną geometrię czaszy. Jeśli chodzi o demontaż RT-16, autor nie wie, kto i w jaki sposób dokonał demontażu. Czy robiła to tylko jakaś firma, czy ktoś z pracowników OAUJ bezpośrednio czuwał nad rozbiórką? Jeśli nawet zdemontowano ten teleskop poprawnie to ważne jest, aby możliwie szybko, tymi samymi ludźmi, z powrotem go złożyć (oznaczenia blakną, ludzie zapominają).

Jak wynika z przedstawionych wyżej informacji, w wyścigu anten z Psar ku nowemu życiu, na czele znajduje się obecnie RT-9. Zaraz po niej podąża częstochowska RT-13. Za nią pędzi do Cieszęcina jej bliźniaczka. Krakowianka, RT-16, rusza powoli, ale z nadzieją na złoto.

Reaktywacja lunety Grubb

Janusz Nicewicz[1], Grzegorz Sęk[2], Dajana Olech[1] i Sebastian Kurowski[1]

[1] Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie
[2] Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Kontekst historyczny

W Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, znajduje się zapomniana przez wielu luneta. Została wyprodukowana w zakładach Howarda Grubba w Dublinie w 1874 roku. Historia tej lunety nie jest do końca jasna. Z zachowanych listów przewozowych i korespondencji prof. Tadeusza Banachiewicza wynika, iż tą lunetę „wypatrzył" sam Banachiewicz w londyńskim antykwariacie prowadzonym przez optyka Bakera jesienią 1928 roku. Z listów wiemy też, że cena tej lunety wyniosła 350 funtów szterlingów, jednak po negocjacjach Baker zgodził się sprzedać lunetę za 220 funtów szterlingów. Przed podjęciem konkretnych kroków związanych z zakupem Banachiewicz prosi znajomego, Stevensona, który w tamtych latach był prezesem "Brytańskiej Astronomicznej Assocjacji" o przeprowadzenie testów teleskopu. Testy wychodzą pozytywnie pomimo porysowanego obiektywu. 3 marca 1929 r. Banachiewicz pisze list do Zarządu Polskiej Akademii Umiejętności, w którym opisuje "ubóstwo instrumentalne Obserwatorium Krakowskiego" oraz przedstawia możliwość zakupu Grubba za oszacowaną przez siebie kwotę 203 funtów szterlingów (zakłada, że Baker opuści cenę jeszcze o około 20 funtów szterlingów). W tymże liście Banachiewicz prosi o przyznanie łącznej kwoty 247 funtów szterlingów (tj. 10700 złotych), w czym zawiera się: zakup teleskopu, pakunek i dostawa do doków, przewóz do Krakowa oraz podróż pracownika Obserwatorium Kowalskiego. To ostatnie Banachiewicz motywuje niesolidnością Bakera i obawą o delikatny sprzęt, którego pakunek i przewóz miałby być pod nadzorem Kowalskiego. 27 marca do PAU zostaje wystosowany list motywujący zakup lunety prowadzonym monitoringiem gwiazd

zaćmieniowych, zleconych i subwencjonowanych przez Międzynarodową Unię Astronomiczną, a który odbywa się z kłopotami ze względu na brak własnych większych teleskopów. 2 kwietnia 1929 PAU przyznaje Banachiewiczowi 203£ na zakup Grubba i 26£ na pozostałe wydatki. Podróż Kowalskiego nie została zatwierdzona. Banachiewicz wybiera firmę transportową Davies, Turner & Co. Ltd. 6 lipca 1929 z Londynu parowcem "Premjer" wypływają cztery skrzynie z rozłożonym Grubbem. Odebrać je w Gdańsku ma firma transportu kolejowego Johannes Ick. Następnie (około 22 lipca) następuje wymiana korespondencji między Johannes Ick, Banachiewiczem oraz krakowskim Wolnem Domem Składowym, bowiem paczka utknęła na kolei z powodu obciążenia jej zaległymi płatnościami w wysokości 19.5£. 29 lipca sytuacja się klaruje i po ponownym podliczeniu wychodzi na to, że OA musi dopłacić 3.5£, a nie 9.5£. 3 sierpnia Johannes Ick wystawia fakturę za transport kolejowy i morski czterech skrzyń o łącznej wadze 940 kg brutto. W liście do Sekretarza Generalnego PAU z 15 sierpnia Banachiewicz opisuje perypetie z paczką i zaznacza, że skrzynie są już w Krakowie na kolei i czekają na transport na ul. Kopernika, gdzie teleskop ma być remontowany i złożony. 5 października 1929 roku Banachiewicz stosuje pismo do Banku Związku Spółek Zarobkowych o sprzedaż czeku na kwotę 700 marek niemieckich dla firmy "G.und S. Merz, Optisches Institut in Pasing", za które kupuje nowy obiektyw.

Luneta na służbie

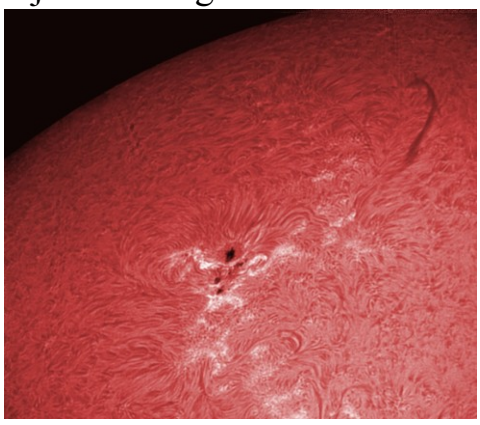
Luneta Grubb początkowo umieszczona w kopule zachodniej obserwatorium w Collegium Śniadeckiego, obecnie znajduje się w budynku na południowo-zachodnim krańcu Obserwatorium UJ na Skale. Początkowo głównie wykorzystywana do badania gwiazd zmiennych zaćmieniowych, po przeniesieniu na Skałę powoli traciła na znaczeniu i stawała się coraz bardziej zapomniana. Okazyjnie wykorzystywana do obserwacji amatorskich zakryć gwiazd przez Księżyc lub pokazów nieba niszczała, aż wreszcie, w 2009 roku, studenci astronomii postanowili przywrócić ją do dawnej świetności. Grubb jest to refraktor o średnicy 8 cali i ogniskowej 2.5 metra, umieszczony na montażu paralaktycznym z grawitacyjnym napędem zegarowym. Oznacza to, że sama luneta do pracy nie potrzebuje prądu, ponieważ napędzana jest opadającym piętro niżej ciężarem na linie. Przed każdymi obserwacjami należy, za pomocą korby mocowanej z boku postumentu, podnieść ciężar na maksymalną wysokość, a następnie zwolnić blokadę mechanizmu. Równomierne tykanie dochodzące z montażu świadczy o gotowości lunety do pracy. Niewielka dźwignia przy przekładniach pozwala na zmianę prędkości śledzenia z gwiazdowej na księżycową. Dodatkowo Grubb wyposażony jest w niezwykłą celownicę z tubusem wykonanym w całości z drewna. Przez lata użytkowania lunecie zaaplikowane zostały liczne przeróbki, takie jak podświetlenie skali

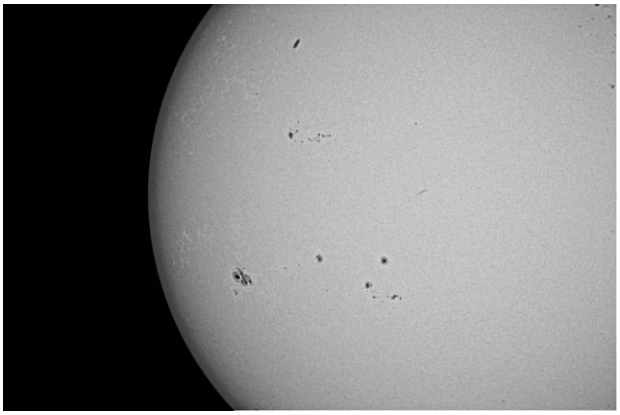
w kącie godzinnym i deklinacji, szukacz w postaci lunety PZO, elektryczne mikroruchy i wiele innych. Naszym celem było przywrócenie lunety do stanu początkowego, czyli pozbawienie jej tych wszystkich zbędnych "gadżetów".

Historia współczesna

Podjęcie prac nad przywróceniem świetności wiekowej lunecie było wynikiem konstatacji, iż świetnie będzie się ona nadawała do wykonywania obserwacji Słońca z użyciem filtrów wąskopasmowych. Nie do końca skorygowany obiektyw achromatyczny o długiej ogniskowej, stabilne prowadzenie oraz możność umocowania osprzętu o ciężarze nawet kilku kilogramów czyniło ją idealną do tego celu. Pierwszy zamysł narodził się w maju 2009 roku, kiedy to podczas Dnia Otwartego UJ Grzegorz Sęk, nauczyciel w MOA i Janusz Nicewicz, wtedy jeszcze student, a obecnie doktorant na UJ, prezentowali publiczności obrazy tarczy Słońca, używając pożyczonego z MOA filtru H-alfa o paśmie szerokości 0.7 Å.

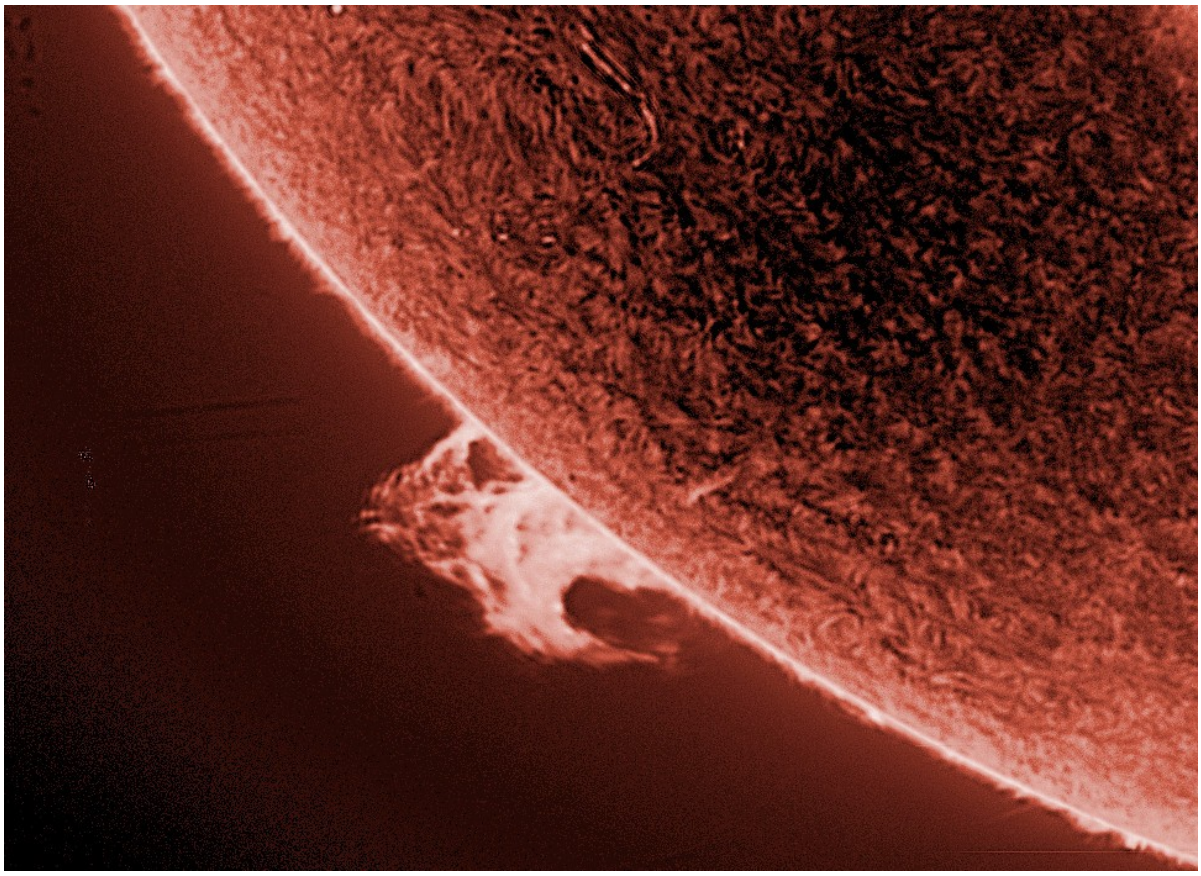
Efekty pokazów (fotografia chromosfery po lewej) utwierdziły nas w przekonaniu, że warto kontynuować wysiłki pomimo tego, że kierownictwo OA UJ miało początkowo zupełnie inne plany. Zamierzano, bowiem przekazać leciwy instrument do muzeum, a w zwolnionej w ten sposób kopule posadowić nieduży, nowoczesny teleskop. Na szczęście zanim do tego doszło, kilkakrotnie przy dobrej pogodzie udało się wykonać całe serie obserwacji, rejestrując obrazy słonecznej chromosfery przy pomocy 16-bitowej półamatorskiej kamery CCD. Okazało się wtedy, że jakość tych obserwacji jest zupełnie wystarczająca do tego, aby instrument mógł być w przyszłości wykorzystany do zbierania danych przez studentów piszących prace licencjackie i magisterskie.





Żeby tak się stało, należało wykonać prace na trzech poziomach. Po pierwsze, trzeba było uporządkować i wyremontować samą kopułę, która wykazywała liczne oznaki zaniedbania, wynikające z wieloletniego nieużywania. Po drugie, sama luneta musiała odzyskać swoją funkcjonalną sprawność, czyli należało wyczyścić optykę, zregenerować mechanikę i wyregulować prowadzenie. Po trzecie, podjęto ambitny program przywrócenia lunecie pierwotne-

go stanu na tyle, na ile to jest możliwe. Oznaczało to konieczność przeprowadzenia bardzo szeroko zakrojonych prac związanych z usunięciem śladów korozji, polakierowania elementów żelaznych oraz wyczyszczenia elementów mosiężnych tak, aby luneta odzyskała pierwotny blask. Należało usunąć także nieoryginalne elementy, takie jak np. silniczek elektryczny, jaki zamontowano w latach sześćdziesiątych XX wieku dla ułatwienia wykonywania ruchów drobnych w kącie godzinnym. Oczywiście nie udało się być całkiem konsekwentnym w tym zamiarze, gdyż priorytetem było jednak przywrócenie pełnej funkcjonalności. Z tego na przykład powodu zdecydowano pozostawić niewielką lunetkę celowniczą współczesnej konstrukcji, gdyż oryginalna celownica nie nadawała się do ustawiania na Słońce. Elementy nie będące oryginalnymi częściami zostały celowo wyróżnione kolorystycznie. Pewien problem stanowi trudny dostęp do pokrętła ruchu drobnego w kącie godzinnym, co powoduje konieczność obecności, co najmniej dwóch osób w trakcie obserwacji. Nie ma jeszcze rozstrzygnięcia, czy rzecz zostanie tak pozostawiona, czy też, kosztem pewnego naruszenia oryginalności montażu lunety, zastosowany zostanie dodatkowy napęd.



Kolejnym wyzwaniem będzie oprzyrządowanie lunety Grubb tak, aby mogła należycie spełniać zamierzone funkcje instrumentu, służącego do badań Słońca. W tym celu niezbędne jest nabycie obiektywowego filtra wąskopasmowego H-alfa, pracującego w dziedzinie widzialnej na długości fali 656

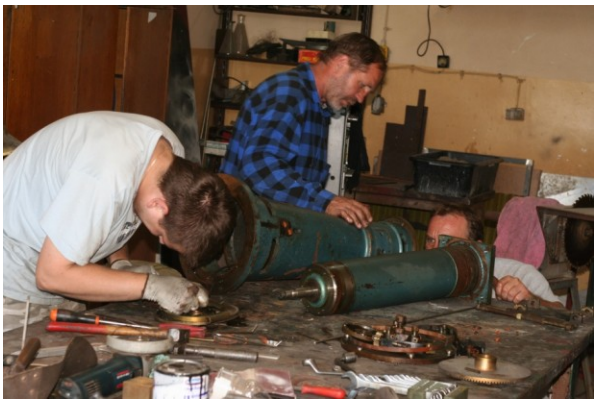
nanometrów. Aby w pełni wykorzystać rozdzielczość lunety Grubb, filtr ten powinien mieć średnicę, co najmniej 90 mm, a najlepiej 150 mm. Nie do pogardzenia byłaby możliwość zainstalowania dodatkowego filtra CaII, pracującego w bliskim nadfiolecie. Do rejestracji obrazów niezbędna jest 16-bitowa kamerka CCD oraz dedykowany komputer-laptop z odpowiednio dużą pamięcią dyskową. Procedura uzyskiwania obrazów dobrej jakości wymaga bowiem rejestracji nawet kilku tysięcy klatek, które muszą być przechowywane na lokalnym komputerze aż do momentu ich opracowania. Uzupełnieniem wyposażenia byłby neutralny (szary) filtr słoneczny dobrej jakości o współczynniku tłumienia kilka tysięcy razy. W ten sposób byłoby możliwe rejestrowanie stanu chromosfery i fotosfery słonecznej mniej więcej w tym samym czasie. Kiedy uda się doprowadzić lunetę Grubba do tego stanu, można będzie powiedzieć, że wiekowy instrument odzyskał nie tylko dawny blask, ale też zyskał nową funkcję, która pozwoli na jego użytkowanie przez następnych kilkadziesiąt lat.

Opis czynności remontowych

Pierwszego dnia wstajemy o godzinie ósmej (Do tej pory nie wierzyliśmy w istnienie tak wczesnej godziny. Jedynie niektórzy teoretycy wmawiali nam, że taka pora istnieje, próbując organizować wtedy zajęcia, jednak żaden obserwator jej nie doświadczył, aż do dziś.), szybka kawa na portierni i ruszamy do pracy. Sprawnie przygotowujemy salę wykładową, w której przez najbliższe dwa tygodnie będziemy przechowywać elementy Grubba, a następnie uzbrojeni w zestawy kluczy wszelkiego rodzaju ruszamy pod kopułę. Jesteśmy bojowo nastawieni, na nierówną walkę ze starymi, przyrdzewiałymi śrubami.

Okazuje się jednak, że wszystkie poddają się bez większego oporu, tak jakby oczekiwały tego remontu od dłuższego czasu. Mozolnie odchudzamy XIX wieczną lunetę, pozbywając ją wyciągu okularowego, drewnianej celownicy, szukacza i wszystkich pomniejszych elementów. W pewnym momencie

zdejmujemy odrośnik, a naszym oczom ukazuje się piękna, błyszcząca cela 8-calowejsoczewki – dotarliśmy do serca Grubba, które swoją drogą nie zostało wykonane w Dublinie, a w Monachium, przez firmę Merz. Ostrożnie demontujemy ten najdelikatniejszy element teleskopu, a następnie przystępujemy do odkręcania całego tubusu oraz montażu. Kilka elementów, ze względu na swoją masę wymagało podwieszenia na linie i wielokrążkach przymocowanych do szczytu kopuły. Po zaskakująco krótkim czasie wszystkie części spoczywają już na podłodze, pakujemy je do Żuka i ruszamy w stronę warsztatu. Przenoszenie daje nam mocno w kość, więc gdy już wszystkie części znajdują się w sali, resztę dnia spędzamy głównie na odpoczynku i planowaniu działań na kolejny dzień.



Udaje nam się jeszcze rozkręcić tubus oraz odtłuścić zębatki mechanizmu, a na koniec przychodzi refleksja – wreszcie, po kilku latach przygotowań udało się rozpocząć prace nad najstarszym instrumentem Obserwatorium na Skale. Teraz już nie ma odwrotu.

Kolejnego dnia, od samego rana zastaje nas taki ogrom prac, że nie wiemy od czego zacząć. Bierzemy więc pierwszy element tubusu i szukamy najefektywniejszej metody na oczyszczenie go ze starej farby. Testujemy papiery ścierne różnej grubości, szczotki, skrobaki – po długich bojach najlepsza okazuje się wiertarka z tarczką ścierną. Jeszcze nie zdajemy sobie sprawy z tego, że podczas całego remontu zużyjemy kilkadziesiąt takich tarczek. Oczyszczamy cały element praktycznie do gołej blachy, po drodze odkrywając dawny kolor Grubba – zgodnie ze słowami Adama Michalca był to ciemnozielony młotkowy. Trzeciego dnia ponownie w ruch idą tarczki, szczotki i papiery ścierne. Oczyszczamy kolejne elementy oraz przystępujemy do demontażu najcięższego (jak do tej pory) fragmentu teleskopu – słupa, który prawie znokautował nas podczas transportu. Jak się okazuje, podczas rozkręcania ponownie daje nam się we znaki, skrywając w sobie skomplikowane elementy, za które nie wiemy nawet jak się zabrać. Po około godzinie kombinowania rozpracowujemy wszystkie śrubki i rozkładamy go na części pierwsze. Do zmroku po Obserwatorium roznoszą się dźwięki wiertarek, aż w końcu komary przeganiają nas do spania. Podobnie wygląda każdy kolejny dzień

w Obserwatorium. Prace rozpoczynamy od samego rana, kończymy późnym wieczorem. Kolejne elementy nabierają blasku, a kurz pokrywa nasze ubrania i całe miejsce pracy. W końcu po oczyszczeniu wszystkich elementów tubusa przystępujemy do malowania. Decydujemy się na kolor ciemnozielony młotkowy, taki jaki miał Grubb, gdy znajdował się w Collegium Śniadeckiego. Zabieramy się również za czyszczenie i polerowanie elementów mosiężnych – efekty przerastają nasze najśmielsze oczekiwania. Wreszcie widać konkretne wyniki naszej pracy, które tylko nas motywują do dalszego wysiłku. Każdy rozbierany element jest dokładnie dokumentowany fotograficznie (folder ze zdjęciami z remontu zawiera gigabajty danych).
Wiele śrub jest nietypowych i mosiężnych, więc każdą z nich starannie opisujemy oraz traktujemy wyjątkowo delikatnie – mosiądz łatwo jest zdeformować, a dorobienie takiej samej śruby nie byłoby łatwe. Każdy ruch, odkręcenie każdego elementu należy wcześniej kilkukrotnie przemyśleć, aby nie popełnić błędu. Na szczęście nad wszystkimi pracami czuwają doświadczeni pracownicy warsztatu Obserwatorium: Mirosław Suchan i Mirosław Pyzik. Oni zajmują się też mechaniczną stroną remontu – czyszczeniem, dorabianiem i smarowaniem zębatek, elementami mechanizmu prowadzenia itp. Pozostałe prace niewymagające specjalistycznej wiedzy czy doświadczenia wykonujemy my, tzn. ekipa w składzie Janusz Nicewicz, Dajana Olech, Sebastian Kurowski oraz pomagający nam Przemysław Szczepanik, Anita Borkowska i Kinga Janusz.

Po trzech tygodniach prac wreszcie największe elementy lunety pojawiają się pod kopułą. Wydaje się, że koniec już blisko. Jest to jednak mylny osąd. Przez dużą część sierpnia i września trwają prace wykończeniowe, które pochłaniają równie dużo energii. Montowane są drobne elementy, takie jak mechanizm mikroruchów, pokrętła blokowania ruchu w obu osiach oraz w końcu cela z 8-calową soczewką.

Należy jeszcze wyważyć lunetę, co wcale nie jest takie łatwe. Wcześniej posiadała ona dość niefortunnie umiejscowioną przeciwwagę na wyciągu okularowym, co spowodowało wyłamanie zębatki ustawiania ostrości. Po naprawie zębatki postanawiamy umieścić przeciwwagę w środku tubusu – dzięki temu nie oszpecamy tubusa, który teraz jest idealnie wyważony. Nie kończymy jednak na renowacji samej lunety. Odświeżeniu ulega również wnętrze kopuły. Ściany zostają odrapane ze starej farby i pomalowane na jasny kolor, drewniane meble również zyskują nowy blask dzięki dokładnemu czyszczeniu i malowaniu lakierem do drewna, a wzmocniona podłoga czeka już tylko na nową wykładzinę.

Podsumowanie

Po trzech miesiącach prac zapomniana kopuła na południowo-zachodnim krańcu Obserwatorium Krakowskiego zyskała nowy blask i stała się wizytówką tego miejsca. Luneta Grubb okazała się być przy tym jednym z najpiękniejszych zabytkowych instrumentów w Polsce, a co więcej w pełni sprawnym i gotowym do obserwacji. Została wykonana również oprawa na filtr słoneczny z folii mylarowej, dzięki czemu od listopada, po ustaleniu dyżurów obserwacyjnych, każdego pogodnego dnia wykonywane będzie zdjęcie monitorujące aktywność naszej Dziennej Gwiazdy. Grubb już miał okazję na nowo wziąć udział w popularyzacji astronomii – pierwszy raz po remoncie kopuła została otwarta dla zwiedzających podczas Małopolskiej Nocy Naukowców 2013.

Co dały te trzy miesiące wysiłku? Nam dały z pewnością mnóstwo satysfakcji i doświadczenia. Mieliśmy okazję poznawać każdy detal niezwykłej irlandzkiej konstrukcji, która przez lata swojego działania niezwykle przyczyniła się do rozwoju krakowskiej astronomii. Naukowe Koło Studentów Astronomii UJ zyskało pełnowartościowy instrument naukowy, doskonały do obserwacji Słońca oraz fotometrii jasnych gwiazd. Krakowskie Obserwatorium natomiast, wzbogaciło się o piękny historyczny instrument, który może być z pełną dumą prezentowany podczas międzynarodowych konferencji, czy też popularnonaukowych spotkań. Nie należy również zapominać o ogromnym wkładzie, w dydaktykę młodzieży zainteresowanej astronomią. Pierwsze warsztaty dla uczniów mają zostać zorganizowane jeszcze w tym roku. Jak widać, luneta Grubba będzie łączyć w sobie wiele istotnych ról – naukową, popularyzatorską, reprezentacyjną oraz historyczną.

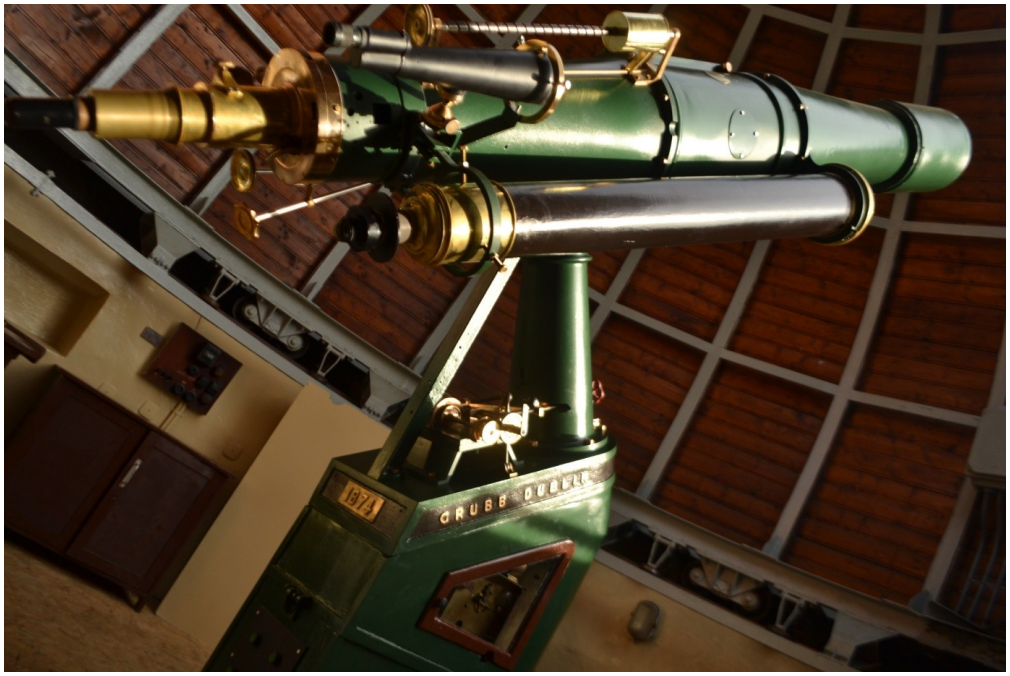
11 października 2013 roku nastąpiło symboliczne otwarcie wyremontowanego „Grubbusia". Podczas seminarium wygłoszonego przez Janusza Nicewicza w OA UJ przedstawiona została krótka historia tej lunety a także podsumowanie ostatnich trzech miesięcy naszej pracy. Następnie udaliśmy się

pod kopułę, gdzie dyrektor Marian Soida i Janusz Nicewicz dokonali otwarcia.

W skromnej uroczystości udział wzięli pracownicy naukowi i doktoranci Obserwatorium Astronomicznego UJ. Na twarzach zacnych gości wyraźnie malował się podziw dla ogromu pracy włożonej w remont, ale największy zachwyt wzbudzał efekt, jaki udało się nam osiągnąć.

Przywróciliśmy lunetę Grubb do stanu pierwotnego. Spędziliśmy przy tym 800 roboczogodzin, zużywając 3 kg papieru ściernego, 10 litrów rozpuszczalników, ponad 6 litrów farb i lakierów, zniszczyliśmy dwie wiertarki ale głęboko wierzymy, że miało to sens. Mamy nadzieję, że nasza praca nie pójdzie na marne i luneta zostanie wykorzystana przez kolejne dziesiątki lat.

Dziękujemy wszystkim, którzy nam pomagali. W szczególności Mirosławowi Suchanowi i Mirosławowi Pyzikowi za pomoc i cenne uwagi praktyczne. Studentom Przemkowi Szczepanikowi i Anicie Borkowskiej za pracę włożoną w renowacje. Specjalne podziękowania dla Kingi Janusz za żmudne malowanie literek na złoto i dla Bartka Dębskiego za udostępnienie materiałów historycznych.



***

Fotografie zamieszczone w artykule pochodzą z kolekcji własnej autorów.

Z życia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Bogdan Wszołek

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

bogdan@ajd.czest.pl

Podczas Walnego Zebrania Astronomii Novej (www.astronomianova.org) w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w dniu 10 maja 2013 roku uchwalono jednogłośnie, że budujące się prywatne obserwatorium astronomiczne w Rzepienniku Biskupim przechodzi pod patronat Stowarzyszenia. Autor, będąc budowniczym obserwatorium i prezesem Astronomii Novej (AN) w jednej osobie, czuje się dłużny wobec większości czytelników Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego w zakresie przekazu istotnych informacji na temat obserwatorium. W artykule niniejszym zostaną zatem zebrane niektóre fakty dotyczące przeszłości i teraźniejszości powstającej placówki.

Idea budowy własnego obserwatorium astronomicznego zrodziła się w 1995 roku podczas wyjazdu na obserwacje do Specjalnego Obserwatorium Astrofizycznego Rosyjskiej Akademii Nauk, będącego właścicielem słynnego sześciometrowego teleskopu optycznego. Autor zabrał ze sobą na te zagraniczne obserwacje Michała Drahusa, wtedy 15-letniego miłośnika astronomii, szczerze oddanego astronomii, a dziś astronoma o światowej sławie zatrudnionego w CalTechu. Podczas jednego dziennego spaceru lekko się powiedziało: „trzeba zbudować własne obserwatorium”; a że ta deklaracja trafiła do uszu ucznia, nauczyciel uzmysłowił sobie, że sprawa jest poważna.

Bardzo deszczowego września 1998 roku, po wcześniejszym uzyskaniu potrzebnych zezwoleń, przystąpiono do budowy. Polana na szczycie wzniesienia, otoczona dookoła lasem, była chyba najbardziej niedostępnym miejscem, jakie można było sobie wyobrazić. Żadnej drogi, żadnych ujęć wody, ponad 500 metrów od najbliższej elektryczności. Traktory dowożące żwir tonęły w błocie. Wykopane rowy pod ławy fundamentowe obrywały się podczas ciągłych obfitych opadów, którym zdawało się nie być końca. Mimo tych trudności, mieszając beton w betoniarce napędzanej przez traktor-samoróbkę, udało się przed zimą wylać fundamenty pod gmach główny obserwatorium. Dla inwestora był to ogromny wysiłek psychiczny, fizyczny i finansowy, a z perspektywy czasu, również twarda próba, nie tyle „ognia” co „wody”, siły i determinacji śmiałka, chcącego dokonać rzeczy, biorąc po ludzku, praktycznie niemożliwych. Ciężko było o wsparcie duchowe, na początku nawet ze strony najbliższych. W powszechnej opinii „wariata” trzeba było konsekwentnie robić swoje. Na poziomie rodziny zostało ustalone, że budowa nie będzie znacząco obniżać standardów życia jej członków i nie może być prowadzona w oparciu o jakiekolwiek kredyty. Przyjął się system, że w ciągu roku oszczędza się pieniądze, a w wakacje się je wydaje. W zależności od oszczędności,

budowa posuwała się do przodu szybciej lub wolniej. Szybko się okazało, że przy tak ustalonych zasadach budowa potrwa 20 lat. Dla przybliżenia realiów należy dodać, że budowa jest oddalona 250 km od stałego miejsca zamieszkania inwestora i pozostaje bez jakiegokolwiek stałego nadzoru. Niedostęp zastępuje firmę ochraniarską.

Po piętnastu latach budowy już nie trzeba się wstydzić „zwariowanego" pomysłu. Rzecz nabiera powszechnej akceptacji. Wszyscy chcą odwiedzać obserwatorium i odczuwa się oddolne „ciśnienie" na przyspieszenie momentu udostępnienia obiektu dla osób zainteresowanych astronomią. Na budowę przybywają „pielgrzymki" zainteresowanych osób z całego kraju i zza granicy. Od września 2012 do końca września 2013 obserwatorium na odludziu odwiedziło około 2000 ludzi, z tego około 50 gości zagranicznych. Nawet wiodące czasopismo francuskie „L'Astronomie", wydawane przez Francuskie Towarzystwo Astronomiczne, zamieściło artykuł poświęcony rzepiennickiemu obserwatorium (w budowie).

Wydarzeniem przełomowym i nadającym rozgłos przedsięwzięciu był montaż na terenie obserwatorium 9-metrowego radioteleskopu pozyskanego w Psarach koło Kielc. RT-9 jest tu chlubą Podkarpacia, jego swoistą „perłą". Tylko patrzeć jak pary nowożeńców zaczną przyjeżdżać pod RT-9 na sesje zdjęciowe.

W sierpniu 2013 roku praktycznie oddano do użytku główny gmach obserwatorium. W dniu 10 sierpnia odbyła się tu pierwsza impreza masowa, „Space Station I", zorganizowana głównie przez AN i gromadząca uczonych i różnoraką gawiedź zainteresowaną astronomią i w ogóle tym, co się aktualnie dzieje „na Astronomówce". Wprawdzie, 9 września 2012 roku odbył się pierwszy „nalot" turystów w ramach akcji p.t. „dokręcanie śruby" (każdy mógł wtedy osobiście dokręcić jakąś śrubę u RT-9), ale wtedy impreza była czysto plenerowa. Tym razem w nowo oddanym do użytku gmachu przeprowadzono wykłady astronomiczne z pełnym wykorzystaniem sprzętu audiowizualnego, udzielono przybyłym (około 200 osób) poczęstunku (ciasteczka, gorąca kawa i herbata), a także urządzono zabawy i konkursy plenerowe z nagrodami. Wyświetlono unikalny film oddający realia życia na stacji kosmicznej i urządzono wspaniałe ognisko przy „perle Podkarpacia". Zainteresowani mogli osobiście wycelować lunetę w określone miejsce, a także pobawić się w sterowanie anteną radiową. Właśnie 10 sierpnia udało się Jurkowi Walczykowi z Krynicy dokończyć trudnego dzieła odtworzenia oryginalnego sterowania anteną.

Aktualnie, na terenie obserwatorium znajdują się oprócz gmachu głównego dwie 5-metrowe kopuły gotowe przyjąć teleskopy optyczne oraz kompleks radiowy obejmujący antenę RT-9, budynek radiowy dedykowany antenie oraz imponujących rozmiarów „noga" od 16-metrowego radioteleskopu, tymczasowo w położeniu poziomym, będąca ogromną atrakcją nie tylko dla dzieci.

Odstępując od utartej konwencji pisania artykułów, sądząc, że w tym miejscu czytelnik już mógł znudzić się lekturą, przejdziemy w bardziej obrazowy

tryb przekazu treści, zwłaszcza, że ktoś dawno słusznie zauważył, że jeden obraz zastępuje tysiąc słów. Ograniczymy się tu do najnowszych zdarzeń, zostawiając całe bogactwo ciekawych szczegółów przeszłości dla potencjalnego szerszego opracowania. Niech czytelnik przyjmie, czasem nie typowo obszerne, opisy zdjęć w zastępstwie regularnego tekstu.

Zdjęcie lotnicze obserwatorium. Gmach główny ma 28 metrów długości, w wyższej części ma cztery kondygnacje, wliczając poddasze. Wyższa kopuła ma trzy kondygnacje, niższa jedną. Średnice obu kopuł mają po 5 metrów. Dachy są obrotowe z rozsuwaną szczeliną. (*fot. H. Mika*)

Jedne z ostatnich prac wykończeniowych gmachu głównego obserwatorium. W akcji nakładania marmolitu Grzegorz Firlit. (*fot. B. Wszołek*)

Jerzy Walczyk usatysfakcjonowany po dokonaniu rzeczy prawie niemożliwej – odtworzenia oryginalnego sterowania anteny RT-9 z Psar. Trzeba się było połapać w skomplikowanej amerykańskiej elektronice nie mając na starcie żadnej dokumentacji tego, co mieści się w tajemniczej skrzynce. 10 sierpnia, po raz pierwszy w swoim życiu, antena wykonała długotrwały ruch śledzący za Słońcem. Na swoim pierwotnym stanowisku służyła bowiem celom telekomunikacji kosmicznej i nie miała okazji śledzić ciał niebieskich.
(*fot. B.Wszolek*)

W skomplikowanej akcji pomiarów RT-9 na potrzeby konstrukcji detektorów uczestniczą: dr Stanisław Ryś z UJ (u góry), dr hab. Włodzimierz Godłowski z Uniwersytetu Opolskiego oraz Jerzy Walczyk z Krynicy - „złota rączka” w zakresie elektroniki. (*fot. B.Wszolek*)

Niezależnie od pory roku, Koło Naukowe Studentów Astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, chętnie odwiedza obserwatorium.
(*fot. M. Wszolek*)

Kamil Kluza, student fizyki AJD w Częstochowie, spędził wiele dni w obserwatorium podczas wakacji 2013, prowadząc, pod nadzorem gospodarza, analizy spektroskopowe gwiazd na potrzeby swojej pracy licencjackiej. Uczestniczył też w niektórych pracach budowlanych i porządkowych na terenie obiektu. (*fot. B.Wszołek*)

Agnieszka Dymarek, studentka fizyki w AJD, wraz z mężem Krzysztofem, gościnnie w obserwatorium dla sfinalizowania badań spektroskopowych na potrzeby swojej pracy magisterskiej. (*fot. B.Wszołek*)

Organizacja „Space Station I", połączonej z oddaniem do użytku głównego gmachu obserwatorium, wymagała ogromnego wysiłku. W pomoc mycia okien i drzwi zaangażowali się najpierw liczni studenci astronomii z Uniwersytetu Jagiellońskiego (UJ), a potem Katarzyna Dyrka – absolwentka Akademii Jana Długosza w Częstochowie, nauczycielka fizyki. Bardziej merytorycznie imprezę przygotowali młodzi doktorzy i doktoranci z UJ (dr Agata Kołodziejczyk, dr Anna Łabęcka, dr Szymon Sikora, mgr Agata Rudolf, mgr Agnieszka Kuźmicz, mgr Wojciech Makowiecki). Na zdjęciach: (powyżej) Agata Kołodziejczyk i Anna Łabęcka w akcji malowania plakatów na potrzeby imprezy, (poniżej) Agnieszka Kuźmicz chwilowo wyłączona z prac z racji sprawowania opieki nad swoimi bliźniakami Michałem i Rafałem, najmłodszymi uczestnikami Space Station I.
(*fot. B.Wszolek*)

Space Station I (10.08.2013) – pierwsza impreza naukowa w obserwatorium. Właściciel przybliża zebranym historię budowy (powyżej), a dr Agata Kołodziejczyk głosi wykład o życiu we Wszechświecie. (*fot. A.Kuźmicz*)

Obserwatorium jest odwiedzane przez turystów i coraz częściej przez grupy młodzieży szkolnej. Powyżej młodzież ze Szkoły Podstawowej w Rzepienniku Suchym. Dnia 15 sierpnia 2013 było też miejscem zjazdu rodziny Wszołków (poniżej). (*fot. B.Wszolek*)

11-tonowa „noga” od RT-16 z Psar, znajdująca się na terenie obserwatorium jest nie lada atrakcją również dla dorosłych. Dzieci nazwały ją „kosmosem” i przy każdej wizycie najpierw biegną „do kosmosu” by spędzić w nim możliwie najwięcej czasu. Agata Rudolf, doktorantka w Instytucie Nauk o Środowisku UJ w Krakowie, rozbudza tu swoje marzenia odwiedzin prawdziwej stacji kosmicznej i zakosztowania nieważkości. (*fot. B.Wszolek*)

Dzieciaki przenoszą na papier swoje wyobrażenia o kosmosie,
a dorośli korzystają z dobrodziejstw lunety. (*fot. B.Wszolek*)

Dla wytrwałych czytelników, którzy dotarli do tego miejsca, sugeruje się jeszcze odwiedzenie strony internetowej AN (www.astronomianova.org, zakładka patronaty), a potem już tylko przyjazd do Rzepiennika i osobiste zakosztowanie pobytu w budującym się obserwatorium.

Wielkie Ucho w Częstochowie

Stanisław Ryś

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

strys@oa.uj.edu.pl

W 19-tym wieku, trzy lata po eksperymentalnym potwierdzeniu słuszności równań Maxwell'a, podjęto pierwszą próbę dokonania pomiarów radioastronomicznych. Pomysłodawcą eksperymentu był zapewne T.A. Edison. W liście datowanym na 2 listopada 1890r, A.E. Kenelly pisał do kierownika obserwatorium Licka w Kaliforni: „ ...możemy chyba założyć, że równolegle z zaburzeniami elektromagnetycznymi, które otrzymujemy od Słońca pod postacią światła i ciepła, istnieją również zaburzenia o znacznie większej długości fali. Jeśli ten fakt ma miejsce, to zaburzenia te możemy przetłumaczyć na dźwięk [...] Plan p. Edisona polega na tym, aby na rozstawionych dookoła złoża rudy słupach rozpiąć kabel i podłączyć do aparatu telefonicznego....” [1]. Ten projekt nie powiódł się ale był pierwszym eksperymentem radioastronomicznym i zakładał akustyczną metodę detekcji promieniowania elektromagnetycznego z przestrzeni kosmicznej.

Radioastronomia narodziła się w 1931 roku, kiedy Karl Jansky wykrył promieniowanie radiowe naszej Galaktyki. Pierwszą mapę tego promieniowania wykonał w 1939 Grote Reber. Dopiero jednak po II wojnie światowej rozpoczęły się systematyczne badania radioastronomiczne, głównie dzięki dużej ilości sprzętu radarowego, pochodzącego z wojskowego demobilu. Po pierwszych sukcesach zaczęto budować radioteleskopy dedykowane badaniom radioastronomicznym w Anglii, Australii i USA. W kolejnych latach technologie i fundusze związane z podbojem kosmosu wspierały rozwój radioastronomii instrumentalnej.

W Polsce istnieją jedynie dwa ośrodki w których rozwijana jest radioastronomia instrumentalna. W Krakowie: 8-m radioteleskop prowadzi codzienne obserwacje Słońca, a 15-m radioteleskop służy jako narzędzie dydaktyczne. Radioteleskop 3-m jest dedykowany do obserwacji wodoru neutralnego w naszej Galaktyce – można nim prowadzić obserwacje przez stronę internetową OAUJ [3]. W Toruniu dwuelementowy interferometr rejestruje emisję Słońca 127MHz, 15-m radioteleskop jest w przebudowie, 32-m radioteleskop jest włączony w sieć VLBI, i prowadzi obserwacje spektralne, polarymetryczne oraz obserwacje promieniowania pulsarów. Planowane inwestycje w polskiej radioastronomii to: budowa 3 stacji LOFAR, wymiana 15-m radioteleskopu na 16-m z nowymi odbiornikami w OAUJ, budowa 90-m teleskopu w Borach Tucholskich, a także utworzenie Narodowego Centrum Radioastronomii (UMK-Toruń).

W roku 2010 do środowiska radioastronomów dotarła informacja o likwidacji ośrodka łączności satelitarnej w Psarach k. Kielc. Dzięki poświęceniu

i zaangażowaniu wielu osób udało się uratować przed zniszczeniem cztery duże czasze paraboliczne z prostym montażem. Te cztery czasze powędrowały do: Krakowa (16-m), Częstochowy (13-m), Wieruszowa (13-m) i Rzepiennika Biskupiego (9-m).

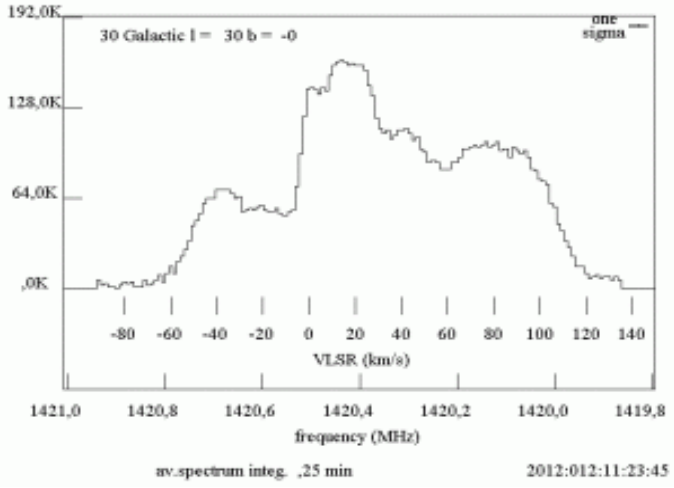
W wywiadzie dla Gazety Częstochowskiej Marek Pelian powiedział: „budujemy ten radioteleskop aby odbierać sygnały z kosmosu i przerabiać je na muzykę". Postanowił zrobić z tej anteny „Wielkie Ucho" do słuchania Wszechświata.

Jest wiele sposobów zamieniania sygnałów elektrycznych na dźwięki. Niektóre, najbardziej oczywiste, są już doskonale zrealizowane - to te, których wcale przerabiać nie trzeba – impulsy promieniowania pulsarów. Dźwięki, które można usłyszeć kierując duży radioteleskop w kierunku znanych pulsarów można znaleźć na stronach obserwatorium w Jodrell Bank [2]. Czym są pulsary? To ekstremalnie namagnesowane gwiazdy neutronowe o promieniu 10-15 km, posiadające masy większe niż Słońce, które ma średnicę ponad 1.3 miliona kilometrów. Promieniowanie pulsarów jest skupione w kierunku wyznaczonym przez linie sił pola magnetycznego, wychodzące z magnetycznego bieguna. Ich szybka rotacja wokół osi nie pokrywającej się z biegunami magnetycznymi produkuje efekt podobny do błysków latarni morskiej. Tak szybka rotacja olbrzymiej masy jest bardzo stabilna i dlatego pulsary są najbardziej stabilnymi zegarami znanymi ludzkości i każdy radioteleskop „usłyszy to samo". Dźwięki które możemy usłyszeć to odzwierciedlenie zmiany natężenia promieniowania zarejestrowane przez największe z radioteleskopów ziemskich dla najjaśniejszych pulsarów.

Ale czy można usłyszeć coś innego? Istnieją wyróżnione naturalne częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego, które dociera do nas z przestrzeni kosmicznej. Wśród nich emisje atomów neutralnego wodoru. Historia odkrycia tej linii zaczyna się w 1944 roku, kiedy Hendrick van de Hulst (Leiden) wyliczył długość fali $\lambda = 21.106114$cm ($\nu = 1420405751.786$Hz) emitowanego promieniowania linii wodoru neutralnego dla przejścia wzbronionego (tzn. bardzo mało prawdopodobnego). Możliwość rejestracji tego promieniowania uważano za wielce wątpliwą. Jednak, gdy w 1951roku H.I. Ewen i E. Purcell zarejestrowali promieniowanie, okazało się, że dominującym czynnikiem sukcesu był fakt, że wodór to dominujący składnik gazowej struktury naszej Galaktyki. W roku 1964 F.T. Kerr i G. Westerhout, badając rozkład neutralnego wodoru w naszej Galaktyce, wykazali, że Galaktyka ma spiralną strukturę.

Jak wyglądają linie wodoru neutralnego to zależy od obserwowanego miejsca na niebie. Na rysunku jest pokazana przykładowa rejestracja wykonana 3-m radioteleskopem dedykowanym do obserwacji tej linii [3]. Widać, że nie jest to pojedyncza wąska linia jak powinno być w tym przypadku lecz dość „pofałdowane" widmo. To wynik złożenia wielu linii, których częstotliwości zostały zmienione z powodu różnych i względnie dużych prędkości obłoków

emitujących zarejestrowane promieniowanie. To bardzo przypomina widmo pokazywane przez niektóre radia samochodowe - „podskakujące słupki". Sygnały radiowe z kosmosu są dostępne dla wszystkich ale nie wszyscy zdają sobie sprawę z tego, że te sygnały istnieją. Jeżeli chcemy wyprodukować z nich „muzykę", albo odnaleźć w nich coś nowego to mamy do dyspozycji:
– sygnały zmienne w czasie - te szybkie łatwo zamienić na dźwięk;
– sygnały posiadające różne widma częstotliwości;
– sygnały posiadające inne zmienne charakterystyki – np. polaryzacja, pozycja na niebie...



Rejestr linii HI 3-metrowym radioteleskopem w Krakowie [3].

Istotne jest to, że chcemy te sygnały przerabiać na dźwięki na wiele różnych sposobów. Jak możemy „przerabiać" sygnały radiowe z przestrzeni kosmicznej? Nasuwa się tu przede wszystkim miksowanie, które ma jednak wiele znaczeń. Wikipedia podaje: termin "miksowanie" odnosi się zwykle do jednej z trzech następujących czynności:
miksowanie uprzednio dokonanego nagrania wielośladowego przez inżyniera dźwięku w studiu, w celu połączenia wszystkich śladów w sygnał stereofoniczny in. "miksowanie śladów"; "miksowanie utworu", "miksowanie nagrania"; miksowanie instrumentów w trakcie koncertu przez realizatora dźwięku (potocznie, nieprawidłowo: akustyka) "miksowanie koncertu", "miksowanie występu live"; miksowanie utworów na żywo przez DJ'a - "miksowanie płyt". Celem miksowania jest podkreślenie zalet miksowanego materiału muzycznego oraz połączenie śladów tak, by lepiej do siebie pasowały i sumowały się w synergiczną całość.
Taka definicja oznacza dodawanie sygnałów albo ich łączenie, bądź przełączanie.

W radiotechnice i radioastronomii miksowanie oznacza jednak coś innego – miesza się różne sygnały poprzez ich mnożenie – wtedy otrzymujemy sygnały o zmienionej częstotliwości.

Muzyka i matematyka – te dwie dyscypliny łączy pojęcie harmonii, które intuicyjnie wszyscy rozumiemy - to coś, co jest synonimem piękna. Grecki

filozof Plotyn tak to ujął: „Piękno to bardziej światło ślizgające się po symetrii rzeczy niż ta symetria sama w sobie". W starożytnej Grecji symetria i harmonia były fundamentami poznawania i opisu przyrody, ale były też podstawą większości utworów muzycznych. Zdajemy sobie sprawę z tego, że dla większości z nas muzyka i matematyka to „języki obce", nie tylko z powodu braku wykształcenia. Natura obdarza nas zmysłami i zdolnościami niezbyt równo i dlatego tylko nieliczni geniusze dostrzegają coś, co dla większości z nas jest niedostępne - ukryte piękno, symetrię, harmonię albo coś czego zwykłym istniejącym językiem nie da się opisać ani nazwać. To co widzimy i słyszymy zależy od naszych zmysłów (oko, ucho) i ich doskonałości. Wiemy, że nie słyszymy wszystkich dźwięków (drgań powietrza) i nie widzimy wszystkich kolorów; nie wszyscy posiadamy słuch absolutny. Mamy jednak przyrządy, które mogą nas wspomagać i przy pomocy których podglądamy i podsłuchujemy otoczenie i cały Wszechświat. Pewnych rzeczy nie widzimy: bo są za małe (bakteria) albo są za duże (Ziemia jako planeta), a to co widzimy zależy od sposobu postrzegania (przyrządów) i metody wyróżniania obiektów (analiza). Te zagadnienia są jednak poza tematem tego artykułu – pozostawmy ten problem bardziej dociekliwym czytelnikom. Na zakończenie zachęta dla młodych, aby nie bali się podejmować wyzwań jakie przed nimi stoją, aby odkryli talent jakim ich natura obdarzyła, aby nieustannie dążyli do realizacji swoich szlachetnych marzeń, po to żeby mogli dokonać wielkich odkryć i poznawać dotąd ukryte przed nami tajemnice.

Edward Grieg norweski kompozytor zainteresowany nowoczesnymi osiągnięciami powiedział „jest coś, czego się boję: momentu, w którym zauważę, że się starzeję ... że młodzi podejmują przygody, których celu nie pojmuję, boję się niemożności wyczucia prawdy i wielkości duchowego postępu, który dokonuje się wraz z naszym starzeniem się". Powiedział też: „Cała moja muzyka jest przesiąknięta smakiem solonego dorsza" - posłuchajcie jego utworów i spróbujcie odnaleźć ten smak. Niektórym obdarzonym talentem uda się to usłyszeć.

Może przyjdą tu do dyskoteki „Ray" młodzi utalentowani i posłuchają dźwięków zrobionych z kosmicznego szumu. Mamy nadzieję, że wśród nich znajdą się również tacy, którzy znajdą przyjemność w słuchaniu tych dźwięków i tacy, którzy usłyszą w nich coś nowego.

Referencje

[1] Smith F.G., 1966, „Radioastronomia", PWN Warszawa, Biblioteka Problemów T93

[2] www.jb.man.ac.uk/research/pulsar/Education/Sounds/

[3] Strona OAUJ: www.oa.uj.edu.pl/hou/galeria/

Polskimi śladami Jurija Gagarina

Jacek Kruk

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie

Zaledwie trzy miesiące po swym historycznym locie w kosmos Jurij Gagarin odwiedził nasz kraj na zaproszenie najwyższych władz państwowych i partyjnych Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. Nie była to jego pierwsza wizyta zagraniczna – wcześniej odwiedził Czechosłowację, Bułgarię, Finlandię i Anglię. Zaproszenia nadchodziły z całego świata - entuzjazm wywołany pierwszym lotem człowieka był naprawdę ogromny, również, a może zwłaszcza, w świecie zachodnim. Polska miała zatem duże szczęście, że mogła gościć pierwszego kosmonautę jako jedna z pierwszych. Pomógł nam w znacznej mierze przypadek, bowiem główne święto państwowe w okresie PRL przypadało 22 lipca. Gagarin wrócił z wizyty w Anglii 15 lipca 1961 roku i po kilku pracowitych dniach w kraju mógł udać się w kolejną podróż – tym razem, by uświetnić obchody święta „Odrodzenia Polski". Centralne uroczystości państwowe wyznaczono na 21 lipca w Katowicach, tak więc Śląsk stał się, obok Warszawy i Zielonej Góry, jednym z głównych celów wizyty Jurija Gagarina.

Gagarin spędził w naszym kraju dwa i pół dnia. Przyleciał na warszawskie lotnisko Okęcie 20 lipca o godz. 13.00, gdzie w imieniu rządu PRL powitał go wicepremier Piotr Jaroszewicz. Następnie radziecki gość przejechał w otwartej limuzynie ulicami Żwirki i Wigury, Raszyńską, Filtrową, Alejami Ujazdowskimi i Belwederską do rezydencji ambasadora ZSRR w Polsce, Awierkija Aristowa. Od tej chwili Aristow będzie nieodłącznie towarzyszył Gagarinowi podczas podróży po Polsce, zastępując nieobecnego opiekuna kosmonautów generała Nikołaja Kamanina, który w tym czasie przebywał w paryskiej siedzibie Międzynarodowej Federacji Aeronautycznej (FAI), właśnie w celu zarejestrowania rekordu Jurija Gagarina. Generał Kamanin towarzyszył zagranicznym wizytom wszystkich pierwszych kosmonautów i dbał między innymi o to, by dociekliwi zachodni dziennikarze nie zadręczali Gagarina i innych pilotów statków Wostok pytaniami o szczegóły lądowania. Przez długi czas bowiem radziecka propaganda ukrywała fakt katapultowania się kosmonautów w ostatniej fazie lądowania Wostoka (co było normalną procedurą lotu) w obawie, że loty te nie zostaną zarejestrowane przez FAI jako rekordy.

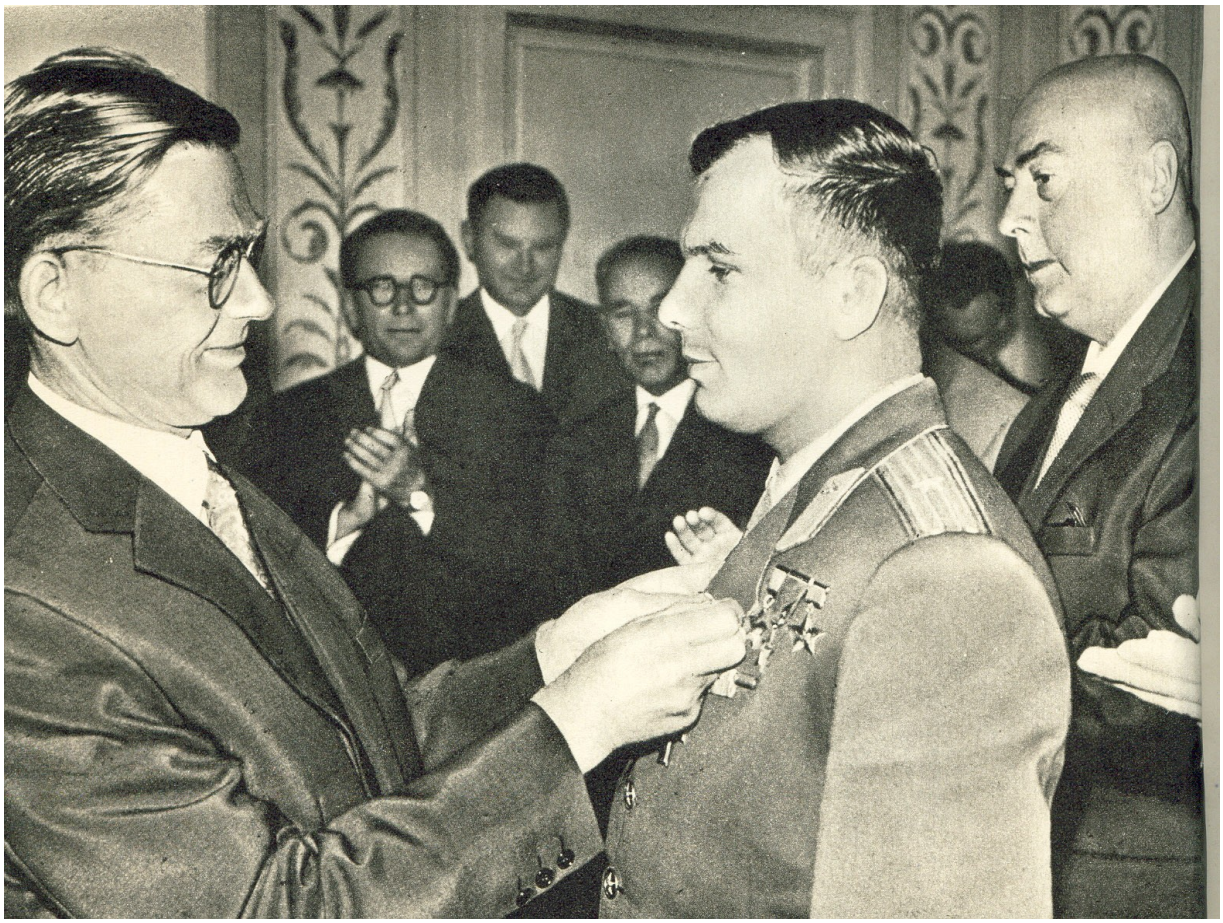
Powróćmy jednak do Warszawy. Po krótkim odpoczynku Jurij Gagarin udał się do gmachu KC PZPR na spotkanie z najwyższymi władzami partyjnymi i państwowymi PRL: pierwszym sekretarzem KC Wiesławem Gomułką (fot.1), przewodniczącym Rady Państwa Aleksandrem Zawadzkim i premierem Józefem Cyrankiewiczem. Po oficjalnych rozmowach Gagarin wraz z Piotrem Jaroszewiczem, który podobnie jak Aristow stał się jego „aniołem

stróżem" do końca pobytu w Polsce, udał się na zwiedzanie Warszawy. Przejazd odbywał się w otwartej limuzynie, a kosmonauta był owacyjnie witany przez tłumy mieszkańców stolicy. Gagarin zwiedził Stare Miasto i Pałac Kultury i Nauki, gdzie uroczyście otworzył wystawę poświęconą radzieckiemu lotnictwu i kosmonautyce. Wieczorem dostojny gość udał się do Belwederu, by z rąk Aleksandra Zawadzkiego odebrać najwyższe odznaczenie państwowe – Krzyż Grunwaldu I klasy (fot.2). Dowódca Wojsk Lotniczych gen. Jan Frey-Bielecki wręczył pierwszemu kosmonaucie odznakę pilota I klasy polskiego lotnictwa wojskowego oraz broń boczną – kordzik lotniczy, zaś prezes Aeroklubu Stefan Antosiewicz – dyplom honorowego członka Aeroklubu PRL, odznakę organizacji i model polskiego szybowca wyczynowego Foka. Pierwszy dzień wizyty zakończył się uroczystą kolacją wydaną przez przewodniczącego Rady Państwa. O godz. 23.00 Jurij Gagarin wraz z partyjno-państwowym kierownictwem Polski udał się pociągiem specjalnym do Katowic.

Fot.1. Jurij Gagarin i pierwszy sekretarz KC KPZR Władysław Gomułka.

Pociąg przybył na dworzec w Katowicach 21 lipca o godz. 9.10, gdzie delegację z Warszawy i gościa z Moskwy podejmowały miejscowe władze partyjno-państwowe z sekretarzem Komitetu Wojewódzkiego PZPR Edwardem

Gierkiem na czele. Po wiecu, jaki odbył się na placu przed dworcem w Katowicach Jurij Gagarin w otwartej limuzynie rozpoczął objazd głównych miast i wielkich zakładów pracy aglomeracji śląskiej (fot.3). Kolejno witany był przez załogi huty Baildon w Katowicach, zakładów Konstal, huty Kościuszko i zakładów chemicznych Azoty w Chorzowie, dalej – huty Zgoda i kopalni Polska w Świętochłowicach, huty Pokój w Bytomiu, kopalni Pstrowski w Zabrzu, by powrócić przez Chorzów do Katowic. W chorzowskim Parku Kultury i Wypoczynku Gagarin wziął udział w otwarciu wystawy „Z techniką na ty". Jak oszacowano, pierwszego kosmonautę świata na trasie przejazdu witało ponad milion ludzi. O godz. 16.45 rozpoczęła się centralna akademia z okazji święta 22 lipca w katowickiej hali sportowej Torkat z udziałem najwyższych władz partyjnych i państwowych PRL. Z dłuższym przemówieniem wystąpił także gość specjalny – Jurij Gagarin. W godzinach wieczornych Gagarin wziął udział w uroczystym przyjęciu wydanym przez gospodarzy Śląska.



Fot.2. Aleksander Zawadzki dekoruje Jurija Gagarina Krzyżem Grunwaldu, za kosmonautą stoi premier Józef Cyrankiewicz.

Następnym celem wizyty była Zielona Góra, by się tam dostać delegacja z Gagarinem musiała udać się na najbliższe lotnisko. W 1961 roku takim lotniskiem były Rudniki pod Częstochową. Tam też kawalkada aut udała się rankiem 22 lipca, samolot z kosmonautą i towarzyszącymi mu Jaroszewiczem

i Aristowem odleciał z ziemi śląskiej o godzinie 9.45. Zielona Góra także nie dysponowała lotniskiem, dlatego skorzystano z najbliższego lotniska wojskowego w Babimoście. Dla polskich lotników okazja do goszczenia pierwszego kosmonauty była wielkim wydarzeniem: dowódca jednostki lotniczej Jan Malicki wręczył Gagarinowi dyplom honorowego pilota pułku lotniczego, zaś dokładnie 9 lat później w płytę lotniska wmurowano tablicę upamiętniającą miejsce, gdzie Gagarin stanął na Ziemi Lubuskiej (fot.4). Oficjalnie delegację z pierwszym kosmonautą odbierał na lotnisku w Babimoście pierwszy sekretarz zielonogórskiego KW PZPR Tadeusz Wieczorek. Główną okazją do wizyty radzieckiego gościa był trwający w Zielonej Górze zlot organizacji młodzieżowych, ale były też inne. Jedną z nich miało być wmurowanie kamienia węgielnego pod szkołę, która w przyszłości miała nosić imię pierwszego kosmonauty. Z niezrozumiałych powodów ta druga uroczystość nie doszła do skutku: kamień węgielny wmurowano na dzień przed przyjazdem Gagarina, losy patronatu szkoły także potoczyły się nietypowo, o czym powiemy nieco dalej.

Fot. 3. Jurij Gagarin na Śląsku – obok kosmonauty stoją Piotr Jaroszewicz i Edward Gierek oraz Awierkij Aristow (z lewej).

Z lotniska w Babimoście kolumna samochodów ruszyła w 36-kilometrową podróż do Zielonej Góry. Na trasie mimo przelotnych, choć chwilami intensywnych opadów deszczu zgromadziły się tłumy ludzi. Gagarin udał się najpierw do gmachu Komitetu Wojewódzkiego, gdzie odbyło się oficjalne spotkanie i uroczysty obiad z przedstawicielami miejscowych władz. Następnie goście udali się na stadion sportowy przy ul. Sulechowskiej, gdzie trwał ogólnopolski zlot młodzieży z organizacji ZMS, ZMW i ZHP. Gagarin wygłosił przemówienie, otrzymał kopię aktu erekcyjnego „swojej" szkoły, po czym udał się ponownie na lotnisko w Babimoście, skąd na pokładzie Iła-14 powrócił do Warszawy. O godz. 19.00 wystąpił przed kamerami telewizji warszawskiej, rozmowę z kosmonautą prowadził gen. Frey-Bielecki. Pobyt Gagarina w Polsce zakończyła uroczysta kolacja wydana przez premiera Cyrankiewicza. O 22.00 odleciał z lotniska Okęcie na pokładzie Iła-18 do Moskwy, by wkrótce wyruszyć z kolejną wizytą – tym razem na Kubę. Warto dodać, że w czasie swej wizyty w naszym kraju Gagarin był jedynym człowiekiem, który odbył lot orbitalny. Dwaj astronauci amerykańscy A. Shepard i V. Grissom odbyli wprawdzie loty kosmiczne – Shepard 5 maja, Grissom 21 lipca (w czasie pobytu Gagarina na Śląsku), ale były to loty tylko suborbitalne.

Fot.4. Tablica na lotnisku w Babimoście (data błędna, powinno być: 22.07.1961)

Co zatem pozostało po krótkiej wizycie Jurija Gagarina w Polsce, oprócz wspomnianej tablicy na lotnisku w Babimoście? Najwyraźniejszy ślad, choć nie najtrwalszy, pozostał w Zielonej Górze w postaci szkoły im. Jurija Gagarina. Początkowo imię pierwszego kosmonauty nosiło Studium Nauczycielskie, następnie do budynku, pod który Gagarin miał zakładać kamień węgielny (zachowała się nawet specjalna grawerowana kielnia), wprowadziła

się Wyższa Szkoła Inżynierska. Na wyraźne polecenie premiera Jaroszewicza nadano jej imię pierwszego kosmonauty świata, ale dopiero po jego tragicznej śmierci w 1968 r. Nosiła ona imię Gagarina przez 20 lat (1969-89), po czym utraciła je, gdy weszła w skład Uniwersytetu Zielonogórskiego. O dawnym patronie przypomina dziś jedynie mozaika z portretem Gagarina na zewnętrznej ścianie auli tej uczelni (fot.5). Stosunek Polaków do Jurija Gagarina obecnie nie jest jednoznaczny, co ma swoje odbicie w nazewnictwie. W jednych miastach ulice Gagarina istnieją do dziś (np. Warszawa, Toruń), w innych, jak np. Kraków, czy Mielec przemianowano je po roku 1989, podobnie jest ze szkołami noszącymi jego imię. W Krakowie szkoła podstawowa im Jurija Gagarina przekształciła się w zespół szkół im. księcia Józefa Poniatowskiego, ale np. w Zabrzu szkoła im. Gagarina działa nadal. Raz przeważa podziw dla kosmicznego wyczynu Gagarina, innym razem pierwszego kosmonautę pogrąża fakt, że – chcąc nie chcąc – był jednym z symboli znienawidzonej radzieckiej propagandy.

Fot.5. Mozaika na auli Uniwersytetu Zielonogórskiego.

***

Wszystkie zamieszczone w artykule fotografie pochodzą z prywatnej kolekcji autora.

Polowanie na tranzyt ISS

Hubert Dróżdż

Radomsko

Pogodny dzień, łąka, słyszalny dźwięk samochodów poruszających się na znajdującej się w niewielkiej odległości drodze, teleskop, aparat i ja. Statyw ustawiony, teleskop z filtrem słonecznym na miejscu, aparat zamocowany. W oddali ludzie spoglądający dość dziwnym wzrokiem na mnie. Pozostało nerwowe odliczanie. Nagle przyszedł odpowiedni moment, ale może opiszę wszystko od początku.

Po przejściu Wenus na tle tarczy Słońca w czerwcu 2012 roku, a w oczekiwaniu na tranzyt Merkurego postanowiłem wypełnić pustkę czymś nie mniej spektakularnym. Wybór padł na Międzynarodową Stację Kosmiczną (ang. International Space Station, ISS). Zachęcony znalezionymi w Internecie zdjęciami, również zapragnąłem „upolować" tranzyt ISS na tle tarczy słonecznej. Wydawało mi się, że nie powinno być większego problemu – wystarczy tylko wiedzieć gdzie i kiedy. Niestety rzeczywistość okazała się nieco inna.

Przygotowania

Na początku postanowiłem poszukać niezbędnych informacji w Sieci, po czym zdecydowałem się skontaktować bezpośrednio z kimś, komu podobne zdjęcia udało się już wykonać. Moje pytania dotyczyły sposobu ustalenia miejsca i czasu zjawiska oraz użytego sprzętu, w tym optymalnych ustawień aparatu.

Aby sprawdzić najbliższy tranzyt ISS na tle tarczy Słońca wykorzystałem serwis Calsky (www.calsky.com). Po uzupełnieniu danych dotyczących własnej lokalizacji, a także maksymalnej odległości od środkowej linii tranzytu, otrzymałem informacje na temat miejsca, daty i dokładnej godziny wystąpienia zjawiska, włącznie z mapką określającą najdogodniejszą do obserwacji (fotografowania) lokalizację.

Próba pierwsza

Dojechałem na wyznaczone miejsce, rozstawiłem sprzęt i zainstalowałem aparat. Dysponowałem wtedy teleskopem Newtona (Sky-Watcher) o średnicy zwierciadła 150 mm i ogniskowej 750 mm na montażu paralaktycznym EQ3-2 oraz lustrzanką Canon EOS 450D. Na tubę założyłem oczywiście filtr słoneczny - folię Baader Planetarium ND 5.0. Niestety jest to filtr dedykowany do bezpośredniej obserwacji wizualnej Słońca (do fotografii zalecany jest filtr ND 3.8), więc musiałem liczyć się z koniecznością zwiększenia czułości (ISO) oraz wydłużeniem czasu naświetlania. Ostatnia czynność jest nieko-

rzystna, gdyż przelot ISS przed tarczą Słońca miał trwać tylko około sekundy, a nie widać zbliżającego się obiektu. Podłączyłem do aparatu wężyk spustowy i pozostało mi tylko czekać. Znałem dokładny czas wystąpienia zjawiska, ale zapomniałem o jednym – nie sprawdziłem czy mój zegarek jest właściwie ustawiony. Założyłem, że błąd nie przekracza minuty. Jedyne, co mogłem zrobić w tej sytuacji to patrzeć w wizjer i w odpowiednim momencie rozpocząć sekwencję zdjęć. Czekałem, czekałem, czekałem, zacząłem się odrobinę niecierpliwić, gdyż według mojego zegarka stacja powinna być widoczna już dwie minuty wcześniej. Jeszcze raz spojrzałem na zegarek, potem znowu w okular i nagle… przeleciała. Nie zdążyłem. Rozczarowany spakowałem sprzęt i pojechałem do domu.

Próba druga

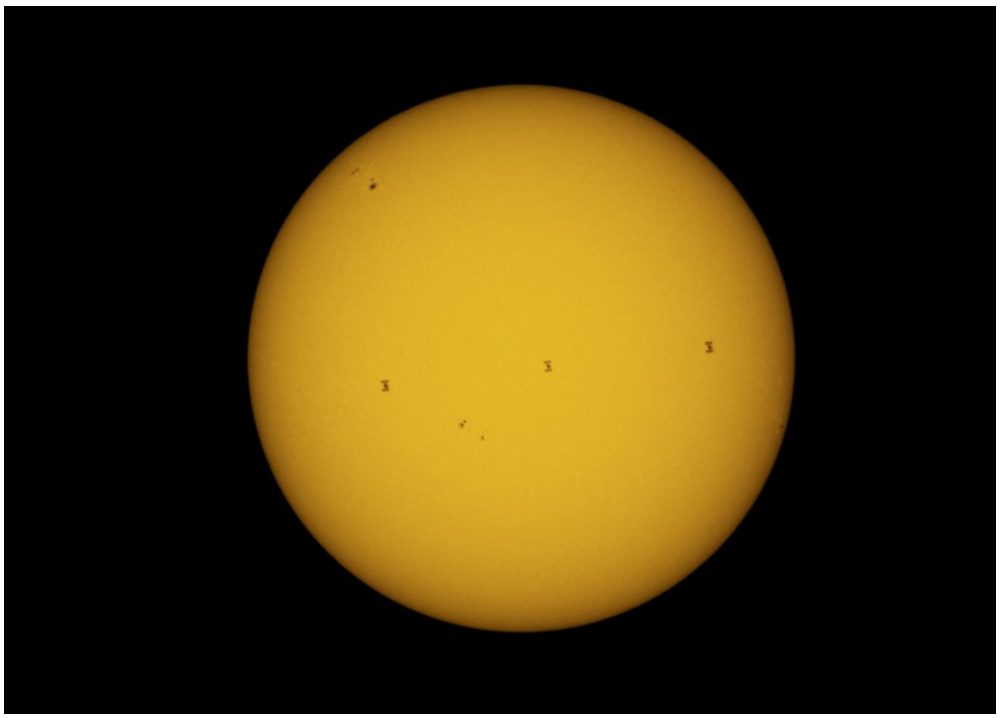
Sprawdziłem, kiedy będzie najbliższa, w możliwie niedalekiej odległości od domu, okazja do fotografowania tranzytu. Zerknąłem też na prognozy ze stron popularnych serwisów pogodowych. Wszystko wyglądało bardzo optymistycznie. Niestety prognozy mają to do siebie, że nie zawsze się sprawdzają. Tym razem tak właśnie było. Przegrałem z chmurami. Natura uczy człowieka pokory i cierpliwości. Nie poddałem się. Pomyślałem, że może „do trzech razy sztuka".

Próba trzecia

Lokalizacja najlepszego miejsca do obserwacji wypadła niedaleko mojego domu, zapowiadał się piękny dzień, na niebie nie było ani jednej chmurki. Spakowałem sprzęt, dokładnie ustawiłem zegarek i pojechałem na miejsce. Do przelotu stacji na tle Słońca pozostało jeszcze około pół godziny. Zainstalowałem teleskop na montażu, umieściłem aparat do wykonania zdjęć w ognisku głównym, ustawiłem naszą dzienną gwiazdę w centrum kadru i uruchomiłem napęd w obu osiach. Potem ustawiłem ostrość, co nie jest czynnością prostą, biorąc pod uwagę znikomą ilość plam na Słońcu, a następnie postanowiłem wykonać kilka zdjęć testowych. Zależało mi na najlepszej jakości zdjęć i możliwości późniejszej korekty, więc zdecydowałem się na fotografowanie w RAW (ustawiłem odpowiedni tryb w aparacie). Jak wiadomo pliki RAW zajmują więcej miejsca niż JPEG i dość wolno zapisują się na karcie pamięci. To właśnie był powód mojego kolejnego niepowodzenia. Gdy do zjawiska zostało kilka sekund nacisnąłem wężyk spustowy, aby rozpocząć wykonywanie serii zdjęć. Po wykonaniu kilku ujęć aparat zaczął zapisywać dane i jak się można było spodziewać właśnie w tym momencie zobaczyłem w wizjerze jak ISS spokojnie przelatuje na tle Słońca. Kolejne niepowodzenie jeszcze bardziej zmotywowało mnie do wykonania zadania.

Próba czwarta - finał

Działałem już automatycznie – ustaliłem lokalizację, czas zjawiska, sprawdziłem prognozę pogody, spojrzałem na mapy satelitarne i dla pewności wyjrzałem przez okno, zsynchronizowałem zegarek i spakowałem sprzęt. Doszedłem do wniosku, że z każdą następną próbą przygotowania trwają coraz krócej. Gdy dojechałem na miejsce było jeszcze sporo czasu. Można było delektować się pięknem okolicznych łąk i pól. Rozpocząłem przygotowanie stanowiska. Kolejny raz zadziałał automatyzm – w głowie miałem tylko hasła: tuba, filtr słoneczny, montaż, aparat, ostrość, pozycja, silniki, próbne zdjęcia. Nauczony doświadczeniem z trzeciego podejścia, tym razem postanowiłem wykonać zdjęcia tylko w formacie JPEG. Zależało mi na szybkim zapisie, aby wykonać możliwie długą sekwencję. Po próbnych ujęciach zdecydowałem wykonać zdjęcia o czasach ekspozycji rzędu 1/3200s przy czułości ISO ustawionej na poziomie 400. Nie obyło się jednak bez drobnych problemów, gdyż na niebie pojawiły się niewielkie chmury. Na dwie minuty przed planowanym przelotem nie było widać Słońca. Jednak tym razem los się do mnie uśmiechnął, gdyż trafiłem na 30-sekundową przerwę w chmurach, akurat wtedy, gdy ISS miała znaleźć się przed tarczą słoneczną. Rozpocząłem serię zdjęć na dwie sekundy przed planowanym tranzytem. Tym razem udało się! Radość była ogromna. W dniu 16 lipca 2013 roku o godz. 9:51:40.56 zarejestrowałem ISS znajdującą się wtedy 581.4 km nad Ziemią. Udało mi się to na trzech zdjęciach. Nałożone na siebie klatki obrazuje załączona fotografia. Nie spodziewałem się, że przy typowo amatorskim sprzęcie, można wykonać taką fotografię. Wniosek jest jeden - warto było tyle razy próbować.



Kolejny cel i podsumowanie

Mam nadzieję, że wkrótce uda mi się sfotografować ISS przelatującą na tle Księżyca. Do tej pory jeszcze nie mam takiego zdjęcia w swojej kolekcji, ale myślę, że w najbliższym czasie to się zmieni. Planuję również nagrywanie filmów z tranzytów. Do tego celu mam zamiar wykorzystać kamerę internetową podpiętą do teleskopu.

Gorąco zachęcam do spróbowania swoich sił w uwiecznianiu przelotów ISS na tle Słońca, bądź Księżyca. Nie jest to, jak mogłoby się pozornie wydawać, zadanie łatwe. Mogę jednak w stu procentach zagwarantować niesamowite emocje i satysfakcję z wykonanych zdjęć.

Część czwarta

(przyczynki naukowe)

Materiały z V Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”
Częstochowa, 9-10 maja 2013

FLIRT

Method of running sines: modeling variability in long-period variables

Ivan L. Andronov[1], Lidia L. Chinarova[2]

[1] Department "High and Applied Mathematics", Odessa National Maritime University, Ukraine, *tt_ari @ ukr.net*
[2] Astronomical Observatory, Odessa National University, Ukraine, *lidia_chinarova @ mail.ru*

"Even Ptolomeus knew the Fourier transform.
Thus no new methods for time series analysis are needed."
Anonymous referee, 1997

Abstract

We review one of complementary methods for time series analysis – the method of "Running Sines". "Crash tests" of the method include signals with a large period variation and with a large trend. The method is most effective for "nearly periodic" signals, which exhibit "wavy shape" with a "cycle length" varying within few dozen per cent (i.e. oscillations of low coherence). This is a typical case for brightness variations of long-period pulsating variables and resembles QPO (Quasi-Periodic Oscillations) and TPO (Transient Periodic Oscillations) in interacting binary stars – cataclysmic variables, symbiotic variables, low-mass X-Ray binaries etc. General theory of "running approximations" was described by Andronov (*1997A&AS..125..207A*), one of realizations of which is the method of "running sines". The method is related to Morlet-type wavelet analysis improved for irregularly spaced data (Andronov, *1998KFNT...14..490A*, *1999sss..conf...57A*), as well as to a classical "running mean" (="moving average"). The method is illustrated by an application to a model signal with strongly variable period, as well as to a semi-regular variable AF Cyg. Some other stars studied with this method are discussed, e.g. RU And (switching between "Mira-type" large amplitude oscillations and time intervals of "constancy"), intermediate polars MU Cam (1RXS J062518.2+733433) and BG CMi, magnetic dwarf nova DO Dra, symbiotic stars UV Aur and V1329 Cyg.

Introduction

Many stars of different types of variability exhibit changes in all parameters of the light curve, e.g. Long-Period pulsating variables (LPVs), cataclysmic, symbiotic and X-Ray binaries. The astronomical observations are typically irregularly spaced in time due to numerous gaps. So the Fourier transform,

which suggests a continuous function defined from -∞ to +∞, or even its "periodic simplification" (which requires continuous or regularly spaced signal defined at a time interval of length equal to the basic period), may not be applied.

For the periodogram analysis, dozens of related methods have been elaborated. They have been discussed e.g. in monographs of Pelt (1983) and Terebizh (1992). These methods may be subdivided into two large groups – "parametric" and "non-parameric" ones. The first group of methods is based on "main distance" of the observations from values of an approximating function (best fit) at the same argument (time, phase). Thus sometimes such methods are also called "point-curve" ones. Very often the main problem is to determine not only the class of basic functions (e.g. algebraic or trigonometric polynomials), but also a statistically optimal model (number of parameters). For "global" approximations (i.e. taking into account all available data m_i , t_i , i =1..N), the statistically optimal fit may be determined using the following criteria (see Andronov 1994, 2003 for detailed description):

1. the Fischer's criterion (typically leading to extra large number of parameters as compared to other methods);
2. the "best accuracy" criterion (with many modifications – minimal r.m.s. accuracy of the approximation function at arguments of observations or integrated over all interval; at some specific argument t; etc.).
3. the criterion of maximal "signal/noise" ratio (especially important for variable signals, as a previous criterion sometimes may recommend a model of "constant" for a very noisy signal).

Andronov (2012ab) discussed "special shapes" for modeling periodic signals, which may significantly decrease a number of statistically optimal parameters and to improve both accuracy and "signal/noise" ratio.

The "non-parametric" methods are based on a minimization of sum of "generalized distances" between points subsequent in phase (for a given trial period). The most famous from them is the method of Lafler and Kinman (1965) improved by Kholopov (1971). Comparative analysis of 9 modifications of this method was presented by Andronov and Chinarova (1997).

These methods deal to signals assuming to be "periodic" in a sense that deviations from periodicity or changes of the shape are neglected.

Global vs. "Running" Approximations

The "running" (often called "local") approximations differ from the "global" ones by a variety of approximating functions which depend not only on a trial argument (typically time) t, but also (in a "wavelet terminology") "shift" t_0 and "scale" Δt (see Andronov 1997 for details):

$$\varphi(t, t_0, \Delta t) = \sum_{\alpha=1}^{m} C_\alpha(t_0, \Delta t) \cdot f_\alpha(t - t_0) \qquad (1)$$

Here C_α are called "coefficients" and f_a – "basic functions". For a fixed set of basic functions, the coefficients may be determined e.g. using the weighted least squares and minimizing the test function

$$\phi(t_0,\Delta t) = \sum_{k=1}^{N} p(z)\cdot w_k \cdot (x_k - \varphi(t_k,t_0,\Delta t))^2 , \quad z=(t-t_0)/\Delta t \quad (2)$$

in respect to unknown coefficients C_α. Here there are introduced simultaneously two types of coefficients: usual ones $w_k = \sigma_0^2/\sigma_k^2$, where σ_0 is "unit weight error" and σ_k is accuracy of k^{th} observation x_k, and an additional weight (filter) function $p(z)$.

For "global" approximations, $p(z)$=1, i.e. no dependence of $\Phi(t_0,\Delta t)$ on these parameters. For "running" ones, $p(z)$ may be defined on all z, e.g. a Gaussian function $p(z)=\exp(-cz^2)$, as used in the improvement of the Morlet-type wavelet transform for irregularly spaced data (Andronov 1998, 1999).

For "local" (or "running") approximations, $p(z)>0$ only for small values of $|z|\le 1$. The most known is the method of the "running mean", also named as "running average", "moving average", "sliding mean/average", "rolling mean/average". In this case, the signal in the interval $[t_0-\Delta t, t_0+\Delta t]$ is approximated with a constant C_1, i.e. the only basic function is $f_1(z)=1$ (i.e. the number of parameters m=1). Then the interval of smoothing is shifted, the parameters of the function $\varphi(t,t_0,\Delta t)$ are recomputed etc. However, for "unweighted" "running mean", $p(z)$=1, if $|z|\le 1$.

For "weighted" "running mean" ("moving average" etc.), the weights $p(z)$ are generally dependent on z, but still m=1. A number of filters are discussed by Hamming (1977).

The function defined in Eq. (1) depends on 3 variables (in fact, also on basic and weight functions, assuming fixed set of observations). For practical purposes, one should prefer to have a "best" smoothing function $\theta(t)$, which depends only on one parameter t. So there is a freedom in choosing "what is the best", and so there are numerous approaches.

The classical approach is to decrease the number of parameters by fixing some of them, typically

$$\theta(t_0) = \varphi(t_0, t_0, \Delta t) \quad (3)$$

i.e. from an infinite number of values of the function $\varphi(t,t_0,\Delta t)$, we choose only one value, where trial time t coincides with the "shift" t_0 (typically, center of the interval of smoothing). The parameter Δt is fixed in some way ("user choice" based e.g. on spectral properties of the signal, as smoothing acts like a low-frequency filter, see textbooks e.g. by Whittaker and Robinson 1944, Hamming (1977)).

Absolute majority of methods assume regularly spaced signals, defined at a grid $t_k = t_1+(k-1)\delta t$. The detailed formulae for a general case of *irregularly* spaced data were presented by Andronov (1997). Andronov (1998, 1999) also introduced a "wavelet smoothing", where, for a given trial t_0, the parameter Δt

does not assumed to be constant, but is determined in a statistically optimal way.

Depending on the aim of approximation, the weight functions may be symmetric ($p(-z)= p(z)$) or asymmetric. Symmetric weight functions are typically used when the data have been already obtained previously, and we smooth the values. Asymmetric ones are typically used for prediction purposes, when only "past" values are known (i.e. $t_k < t_0$ for all $k = 1..N$).

Thus formally the coefficients and basic functions in Eq. (1) may be interchanged:

$$\theta(t_0,\Delta t) = \sum_{\alpha=1}^{m} C_\alpha(t_0,\Delta t)\cdot f_\alpha(0) \qquad (4)$$

It should be noted that there is a class of functions which may produce the same functions $\theta(t_0) = \varphi(t,t_0,\Delta t)$ for all t_0 (for continuous or exactly defined signals without errors of measurements). The necessary condition for such functions is the possibility of computations for all z and λ:

$$f_\alpha(z+\lambda) = \sum_{\beta=1}^{m} A_{\alpha\beta}(\lambda)\cdot f_\beta(z) \qquad (5)$$

Here $A_{\alpha\beta}(\lambda)$ is a $m \times m$ matrix. A common example is $f_1(z) = 1$, $f_\beta(z) = z^k \exp(\gamma z)\cos(\eta z)$, $f_{\beta+1}(z) = z^k\exp(\gamma z)\sin(\eta z)$, $k = 1..p$, where p is a degree of a polynomial, and pairs of basic functions containing sine and cosine for each $\eta > 0$.

For discrete signals with rounding errors and especially measurement errors, the functions $\theta(t_0)$ and $\varphi(t,t_0,\Delta t)$ should coincide within statistical errors.

If Eq. (5) can't be satisfied, only one point $\varphi(t_0,t_0,\Delta t)$ will coincide with $\theta(t_0)$. This means that partial derivatives of the function $\varphi(t,t_0,\Delta t)$ with respect to variables t, t_0 and $d\theta(t_0)/dt_0$ are generally different (see Andronov 1997 for details).

In practice, often are used *separately* polynomials, exponents and sines.

The method of "Running Sines"

For this method, $f_1(z)=1$, $f_1(z)=\cos(\eta z)$, $f_2(z)=\sin(\eta z)$, $p(z)=1$ (for $-1 \le z \le 1$), $\eta = 2\pi\Delta t/P$, P is trial period. Going back from the dimensionless variable z, which is common in the wavelet analysis, to the argument t (time in time series analysis, wavelength in the spectrum etc), the Eq.(1) may be rewritten as

$$\begin{aligned}\varphi(t,t_0,\Delta t) &= C_1 + C_2\cos(\omega(t-T_0)) + C_3\sin(\omega(t-T_0)) = \\ &= a - r\cos(\omega(t-T_0)-2\pi\phi) = \\ &= a - r\cos(\omega(t-T_M)) = a + r\cos(\omega(t-T_m))\end{aligned} \qquad (6)$$

where $\omega=2\pi/P$, T_0 is called "initial epoch", T_M – "epoch of maximum" (="time of maximum"="maximum timing"), T_m – "epoch of minimum",

r – "semi-amplitude", ϕ – "phase" (="phase of maximum"). The parameter a has a meaning of a "mean value of the smoothing function over a complete period" and is generally different from a sample mean of the signal values in the subinterval $[t_0-\Delta t,t_0+\Delta t]$. Other note is that the signal in astronomy is often "brightness in stellar magnitudes", i.e. the "maximum" ("Max", "M") corresponding to "maximal brightness" corresponds to "minimal stellar magnitude".

Obvious relations are:

$$\begin{aligned} C_2 &= -r\cos(2\pi\phi) \\ C_3 &= -r\sin(2\pi\phi) \\ r &= (C_2^2+C_3^2)^{1/2} \\ 2\pi\phi &= \mathrm{arctg2}(C_3,C_2) = \mathrm{arctg}(C_3/C_2) - \pi\,((1-\mathrm{sign}(C_2))/2)\,\mathrm{sign}(C_3) \end{aligned} \qquad (7)$$

The last function (=atan2(C_3;C_2) in the designations of electronic tables – MS Excel, GNUmeric, Open/Libre Office Calc etc.) produces a result in a range $[-\pi/2, \pi/2)$, i.e. $-0.5\le\phi<0.5$. The maximum time $T_M=T_0+PE+P\phi$ may be computed for each cycle number E. However, for an approximation of the data in the interval $[t_0-\Delta t,t_0+\Delta t]$, it is natural to determine T_M in the same interval (and corresponding E). For this purpose, the additional parameter ϕ_M is to be determined, i.e. the phase ζ corresponding to the moment t_0: $E_0=\zeta-\mathrm{int}(\zeta+0.5)$, $\zeta=(t_0-T_0)/P$, $\phi_0=\zeta-E_0$, $\psi=\phi-\phi_0$. Finally, if $|\psi|\le0.5$, then $E=E_0$, $T_M=T_0+PE+P\phi=t_0+P\psi$. If $\psi<-0.5$ then one should add 1 to E and P to T_M computed using these formulae, and subtract 1, if $\psi>+0.5$.

We remind that all parameters in Eq.(7) are functions of t_0 and Δt. Obviously, one should compute a covariation matrix of the deviations of the coefficients:

$$\langle C_{d\alpha}C_{d\beta}\rangle = \sigma_0^2 R_{\alpha\beta} \qquad (8)$$

In a simplest case of a rectangular filter $p(z)=1$, $R_{\alpha\beta}=A_{\alpha\beta}^{-1}$, (Whittaker and Robinson 1944). For arbitrary $p(z)$, the expressions are much more complicated and analyzed in detail by Andronov (1997). They are used for "running parabola" and "wavelet" approximations.

For "running sines", we adopt $p(z)=1$, and final expressions are:

$$f_1(t)=1,\quad f_2(t)=\cos(\omega(t-T_0)),\quad f_3(t)=\sin(\omega(t-T_0)),\quad m=3,$$

$$A_{\alpha\beta}=\sum_{k=N_1}^{N_2} w_k f_\alpha(t_k) f_\beta(t_k)\ , \qquad (9)$$

$$B_\beta = \sum_{k=N_1}^{N_2} w_k x_k f_\beta(t_k) \quad , \tag{10}$$

$$C_\alpha = \sum_{\beta=1}^{m} A_{\alpha\beta}^{-1} B_\beta \quad , \tag{11}$$

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{N_2 - N_1 + 1 - m} \sum_{k=N_1}^{N_2} w_k \cdot (x_k - \varphi(t_k, t_0, \Delta t))^2 \quad , \tag{12}$$

$$\sigma^2[\varphi(t_k, t_0, \Delta t)] = \sigma_0^2 \sum_{\beta=1}^{m} R_{\alpha\beta} f_\alpha(t) f_\beta(t) \quad , \tag{13}$$

$$\sigma^2[\theta(t_0)] = \sigma_0^2 \sum_{\beta=1}^{m} R_{\alpha\beta} f_\alpha(t_0) f_\beta(t_0) \quad , \tag{14}$$

$$\sigma^2[C_\alpha] = \sigma_0^2 R_{\alpha\alpha} \quad , \tag{15}$$

$$\sigma^2[r] = \frac{\sigma_0^2}{r^2} [R_{22} C_2^2 + 2R_{23} C_2 C_3 + R_{33} C_3^2] \quad , \tag{16}$$

$$\sigma^2[\phi] = \frac{\sigma_0^2}{4\pi^2 r^4} [R_{22} C_3^2 - 2R_{23} C_2 C_3 + R_{33} C_2^2] \quad , \tag{17}$$

$$\sigma[T_M] = \sigma[T_m] = P \cdot \sigma[\phi] \quad . \tag{18}$$

Here σ ["parameter"] is the statistical error (accuracy) of the "parameter", $A_{\alpha\beta}$ is the matrix of normal equations, $A_{\alpha\beta}^{-1}$ is an inverse matrix, N_1 and N_2 – numbers of the first and last observational points in the time interval from $(t_0-\Delta t)$ to $(t_0+\Delta t)$.

Obviously, the sinusoidal signal $s(t) = a - r\cos(2\pi(t-T_M)/P)$ will be fitted exactly, i.e. $\varphi(t,t_0,\Delta t) = \theta(t_0) = s(t_0)$ for all $t,t_0,\Delta t$, if there are at least 3 points in the interval $[t_0-\Delta t,\ t_0+\Delta t]$. For observations with errors, the parameters of the fit should show scatter of a r.m.s. value corresponding to an accuracy σ ["parameter"] as described above.

"Crash Test" of the Method. I. Sample Signal with Variable Period

A review on different definitions (continuous and discrete) of the period for study of its possible variations was presented by Kopal and Kurtz (1957). They are based on extensions of the linear ephemeris

$$T(E)=T_0+P_0E \tag{19}$$

to a case of generally variable period, where T is time, E – cycle number, T_0 – initial epoch and P_0 – initial period. Following Argelander (1859), one may obviously write $P(E)=\mathrm{d}T/\mathrm{d}E$ for continuous case, while classically the "O – C" analysis deals with integer E:

$$O-C=T_E-T(E), \tag{20}$$

where T_E (="O") is "Observed" moment of characteristic event (e.g. minimum of eclipsing binary, maximum of pulsating variable, crossing of γ – velocity by radial velocity etc.) and $T(E)$ ("C") is "Calculated" using Eq. (19) or (generally) other theoretical model. One may also write $\mathrm{d}E=\mathrm{d}T/P$, or, taking into account intrinsic frequency $f(T)=1/P(T)$,

$$E(T)=E_1+\int_{T_1}^{T} f(t)dt=E_1+\int_{T_1}^{T}\frac{dt}{P(t)} \tag{21}$$

Similar definitions of this kind ("instantaneous phase") are widely used in signal processing (cf. Cohen 1995). Application of this formalism for variable stars is presented by Mikulášek et al. (2012). Typically period variations are slow and $T(E)$ is modeled (e.g. Tsessevich 1970). An atlas of "O–C" diagrams for hundreds of eclipsing binaries was published by Kreiner, Kim and Nha (2001), which show long-term ("secular") period increase and decrease, periodic variations due to light-time effect (discovered by Ole Rømer in 1676) or apsidal motion (cf. Sterne 1939).

For our "crash test", we study a model signal defined at 1001 points t_k = 0..1000 with a period changing with time at a constant rate $\dot{P}=(P_2-P_1)/(T_2-T_1)$:

$$P(T)=P_1+\dot{P}\cdot(T-T_1) \tag{22}$$

From Eq. (21) and (22) one gets

$$E(T)=E_1+\frac{1}{\dot{p}}\cdot ln\left(1+\dot{P}\cdot\frac{T-T_1}{P_1}\right)=E_1+\frac{1}{\dot{p}}\cdot ln\left(1+\dot{P}\cdot E_0\right)\approx$$

$$E_1+E_0-\frac{\dot{p}E_0^2}{2}+\frac{\dot{p}^2E_0^3}{3}+\ \ldots+\frac{(-1)^{k-1}\dot{p}^{k-1}E_0^k}{k}+\ \ldots, \tag{23}$$

and an inverse relation

$$T(E)=T_1+\frac{P_1}{\dot{p}}\cdot\left(e^{\dot{p}\cdot(E-E_1)}-1\right)=T_1+\frac{P_1}{\dot{p}}\cdot\left(e^{\dot{p}\cdot E_3}-1\right)\approx$$

$$T_1+P_1E_3+\frac{P_1\dot{p}E_3^2}{2!}+\frac{P_1\dot{p}^2E_3^3}{3!}+\ \ldots+\frac{P_1\dot{p}^{k-1}E_3^k}{k!}+\ \ldots \tag{24}$$

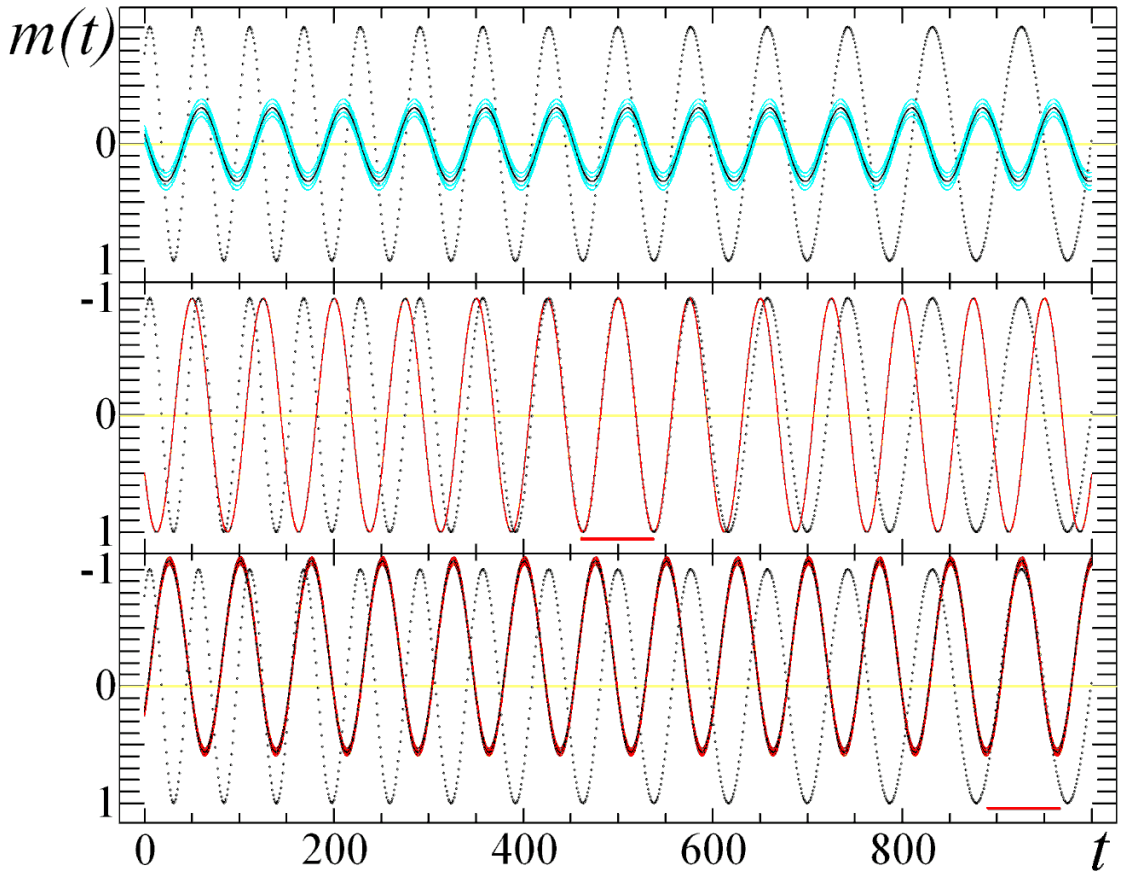


Fig. 1. The signal with variable period $s(t)$ – points, its "sine" approximations (Eq. (3)) – "global" (up) and "local" (middle, bottom), for which the interval of smoothing is marked with red segment. Red line shows fits $\varphi(t,t_0,\Delta t)$ with $\pm 1\sigma$ and $\pm 2\sigma$ error corridors.

Here $E_0=(T-T_1)/P_1$, $E_3=E-E_1$.These values coincide in a case of constant period, but are different in a general case.

For illustration, we used $P_1=75$, $T_1=500$, $E_1=0$, $P_2=100$, $T_2=1000$, i.e. the period varies from $P_1=50$ at $T=0$ to $P_2=100$ at $T=1000$. The signal is determined as

$$s(T) = 0 - 1\cos(2\pi(E(T)-E_1)), \qquad (25)$$

where $E(T)$ is defined by Eq. (23). Here "0" and "1" are written to mark theoretical parameters (a, r) of the model signal.

For comparison of the methods, we show a "global" approximation of the signal (assuming a constant period P_1) as in Eq.(6). One should mention a bad coincidence of the approximation with the initial signal. This is expected for such a significant period variation. In Fig.2. we show a periodogram $S(f)$ (Andronov 1994, 2003). One may note that the peak at the periodogram is wide, which corresponds to a range of variability of the period from 50 to 100. The *mean* value of the *period* $(P_1+P_2)/2=75$ corresponds to a local minimum, so the approximation is bad. The period corresponding to a *mean frequency* $(E_2-E_1)/(T_2-T_1)$ is only slightly smaller (72.13). However, the highest peak is

at 84.32 and does not coincide with any of the above periods. Numerical experiments (with other duration of the interval of data, however, with the same P_1 and P_2) show a highest peak at longer periods, i.e. becoming (with an increasing length T_2–T_1) asymptotically closer to a larger limiting period. Also there are many apparent peaks towards shorter period. This may be explained by slower phase changes at longer periods.

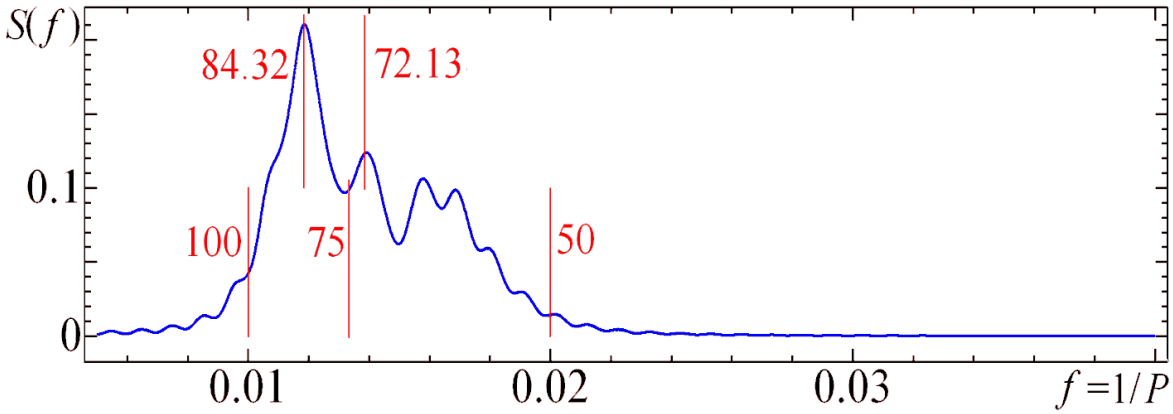


Fig 2. Periodogram $S(f)$ for the case of variable period. Red numbers show positions of corresponding periods.

The formal error estimates of the smoothing function (as in Eq. (13)) are small because the number of generated points (N=1001) is large (they decrease proportionally to $\sim N^{-1/2}$). This apparent contradiction is due to a suggestion that the deviations of the signal values from the fit are not correlated. An improved version of the least squares taking into account that the covariation matrix of the errors of observations is not diagonal is discussed by Andronov (1997).

The "local" fits are also shown for example for two values of t_0. The "filter half-width" was chosen to be $\Delta t = P_0/2$, i.e. the full width is $2\Delta t = P_0$. For t_0 =500 (when the intrinsic period is close to P_0), the coincidence is good in the interval of smoothing $[t_0-\Delta t, t_0+\Delta t]$ and the difference increases with either increasing, or decreasing t_0. For the "right" interval, the intrinsic period P is much larger than P_0. In this case, the "best fit" amplitude is larger than the "true" unity, the coincidence in the middle of the interval of smoothing is better than that at the borders.

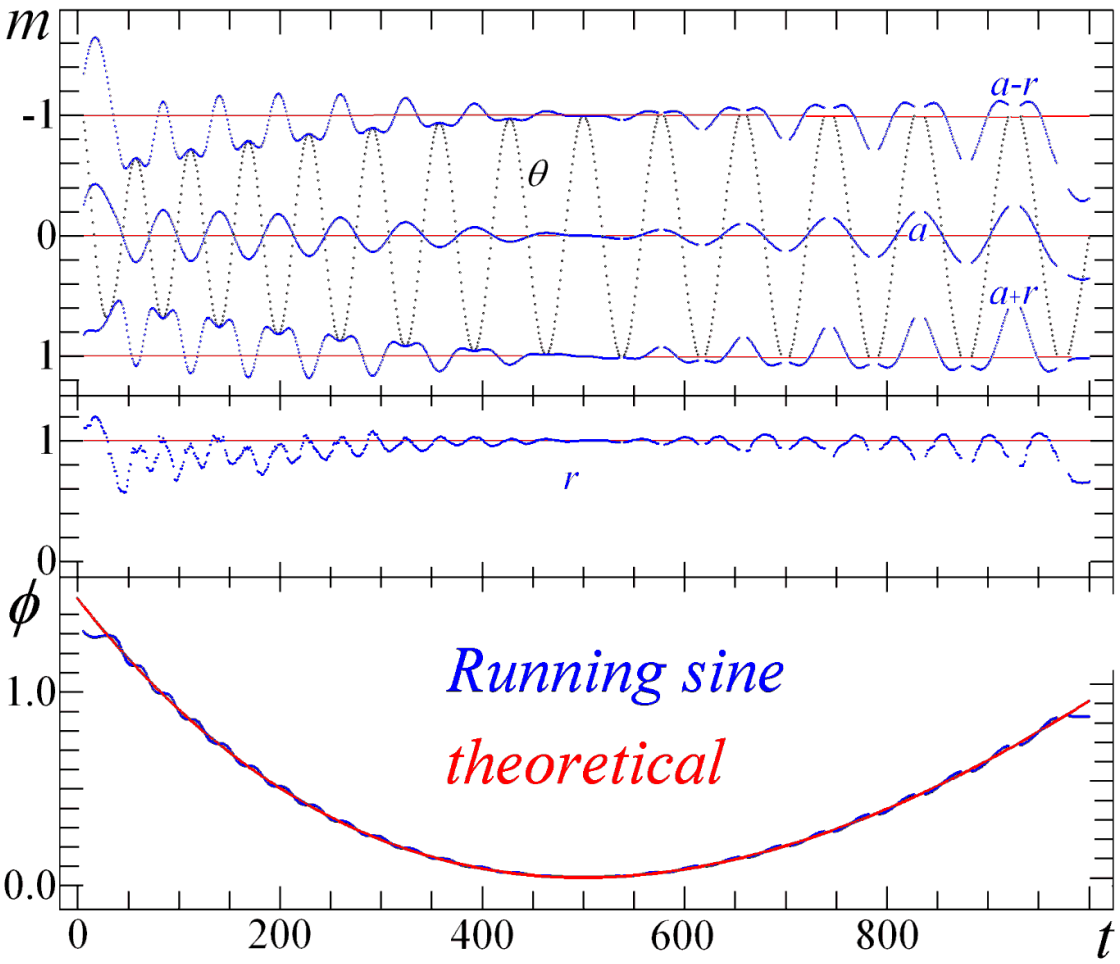


Fig. 3. Characteristics of the "Running sine" approximation (blue) and theoretically defined values (red).

In Fig. 3 we compare results of the "Running sine" approximations with that expected from the properties of our model signal. The period is variable. However, the amplitude is constant, as well as the values of maximum (a–r) and minimum (a+r) brightness. In the approximation, the function $\theta(t_0,\Delta t)$ systematically decreases in amplitude towards shorter periods and reaches 80% of the original amplitude at $P\sim(0.75\div0.80)P_0$ (slightly different for different length of signal, 0.786 for a "continuous" case). For increasing $P>P_0$, the amplitude increases by a factor, which is equal to 1 at $P=P_0$, monotonically increases to 1.075 at $P=1.48P_0$ and then asymptotically decreases to 1.

The parameter $a=C_1$ formally varies with time, having maxima "in phase" with $\theta(t_0,\Delta t)$ for $P>P_0$, and in "opposite phase" for $P>P_0$. The semi-amplitude r shows a "double frequency" (or "two waves"), and the maxima are close in time either to maxima, or minima of $\theta(t_0,\Delta t)$ for $P<P_0$. For $P>P_0$, the maxima of r occur close to a middle of ascending and descending branches.

The phase changes slightly resemble a parabola. Practically, the parabolic fits are most commonly used for studying "period variations at a constant

rate", cf. Tsesevich (1970), Kreiner, Kim and Nha (2001)). However, correct theoretical values of $E(T)$ for each time may be determined using Eq.(23), and

$$\zeta = E_0+E_1-E(T), \tag{26}$$

$$\phi = \zeta-\mathrm{int}(\zeta+0.5). \tag{27}$$

Here we suggest that "initial" phase E_1 at $T=T_1$ may be generally different from zero. However, the formula may be slightly simplified by setting $E_1=0$, e.g. using $T_0=T_1$, $P_0=P_1$.

As usual, the resulting ϕ is in the interval [-0.5,+0.5). However, to avoid jumps by an integer number, one should use an extended version of definition of phase, taking into account that one may add an arbitrary integer number to ϕ, and the result will have the same sense. This is why the phase at Fig.3 varies from 1.8 instead of "from -0.2 to -0.5, then a jump to +0.5 and continuation of decrease to -0.5 etc." Such "jumps" may be removed by adding/subtracting 1 e.g. in the software MCV (Andronov and Baklanov 2004).

The phase computed using the "running sine" approximation is in an excellent agreement with theory, nearly within thickness of line, except intervals close to borders (where the observations fill only a part of the interval of smoothing). Moreover, there is an excellent coincidence of phases at the maxima and minima of $\theta(t_0,\Delta t)$.

Under strict limitations, one may suggest to determine the parameters of the approximation only in the vicinities of maxima and minima. In this case, all the parameters (a, r, a-r, a+r, ϕ) will be changing with time smoothly, as all "oscillations" will not be seen at a graph. This is preferable "in theory", but real observations often have gaps, also close to maxima or minima, thus we have to study behavior of model parameters and functions without these limitations.

Of course, the best fit will be for $P\approx P_0$, but we specially made a "crash test" of very large period variations to see the range of periods P (for a given P_0), where the method is effective.

"Crash Test" of the Method. II. Sample Signal with Significant Trend

Another challenge for the models is a presence of trends in an addition to oscillations with more or less stable period. Typically such type of variability is present in dwarf novae of SU UMa-type (UGSU), which show superhumps during superoutbursts, some semi-regular pulsating stars etc. For the "crash test", we assume a model with a linear trend and coherent oscillations with a period P:

$$s(T)=A+B\ (T-T_0) - \mathrm{R}\cos(\omega(T-T_0)), \tag{28}$$

where $\omega=2\pi/P$. As the oscillations repeat, no new information is expected for many cycles, as it was for a case of variable period. Thus we have used again 1001 points $t_k = 0..1000$, $P = 250$, $A = 5$, $B = 0.008$, $R = 1$. Contrary to Eq. (6), one may mention that the parameter $a(T) = A+B(T-T_0)$ in Eq.(28) is variable, and $B = \mathrm{d}a/\mathrm{d}T$. We may introduce a related *dimensionless* parameter

$$D = \mathrm{d}a/\mathrm{d}T \cdot P/R = \mathrm{d}(a/R)/(\mathrm{d}T/P), \qquad (29)$$

which shows, how much changed a parameter a (in units of semi-amplitude R) during one period. To obtain theoretical moments of maximum, we have to solve an equation $\mathrm{d}s(T)/\mathrm{d}T = 0$, which is, for our model, equal to

$$\mathrm{d}s(T)/\mathrm{d}T = B + \mathrm{R}\,\omega\sin(\omega(T-T_0)) = \mathrm{R}\,\omega(D/2\pi + \sin(\omega(T-T_0)) =$$
$$= \mathrm{R}\,\omega(D/2\pi + \sin(2\pi E_0)) \qquad (30)$$

For the extrema,

$$E_\mathrm{M} = -(\arcsin(D/2\pi))/2\pi + k \quad \text{and}$$
$$E_\mathrm{m} = +(\arcsin(D/2\pi))/2\pi + k + 1/2$$

for maxima (i.e. minima of stellar magnitude) and minima, respectively, where k is an integer. Thus two extrema per period may be seen, if $|D|<2\pi$, or $|\mathrm{B}|<2\pi R/P$. Otherwise the trend prevents extrema to occur.

In Fig. 4, is shown an illustrative function with a large value $D=2$ with a corresponding phase shift $\phi = -(\arcsin(D/2\pi))/2\pi = -0.0516$. The "global" sine fit (6) is definitely a bad approximation showing (obviously) no trend, but also a large phase shift from either function $s(T)$ (Eq.(28)), or its "de-trended" part

$$s_0(T) = A - R\cos(\omega(T-T_0)). \qquad (31)$$

It should be noted that, even if $R=0$, but $B\neq 0$, the "running sine" fit will lead to non-zero value of semi-amplitude $R_B=BP/\pi$ (in a case of "continuous" signal within interval of smoothing).

The shift of the position of extremum of the signal in a presence of trend is obvious from the mathematical point of view, as the root t_e of the equation

$$\mathrm{d}(s_0(t) + B\,(t-T_0))/\mathrm{d}t = 0 \qquad (32)$$

is distinctly different from the root t_{e0} of the equation $\mathrm{d}s_0(t)/\mathrm{d}t=0$. For twice differentiable function $s_0(t)$,

$$\delta = t_e - t_{e0} = B/(\mathrm{d}^2 s_0(t_{e0}+\lambda\delta)/\mathrm{d}t^2) \approx B/(\mathrm{d}^2 s_0(t_{e0})/\mathrm{d}t^2) \approx B/(\mathrm{d}^2 s_0(t_e)/\mathrm{d}t^2), \qquad (33)$$

where $0\leq\lambda(B)\leq 1$. The "approximately equal" sign shows that this equation may be used for an approximate correction of the observed timing of extre-

mum t_e to the extremum of the "proper" function $s_0(t)$. The "exactly equal" case will appear, if $d^3s_0(t)/dt^3 = 0$ at least in the interval between t_e and t_{e0}.

These expressions can be similarly rewritten for a sum of the "proper" function $s_0(t)$ and an arbitrary trend $s_1(t)$, and determination of the root of the equation $d(s_0(t)+s_1(t))/dt = 0$:

$$\delta = t_e - t_{e0} = \frac{\dot{s}_1}{\ddot{s}_0+\ddot{s}_1} \approx \frac{\dot{s}_1}{\ddot{s}_0} \tag{34}$$

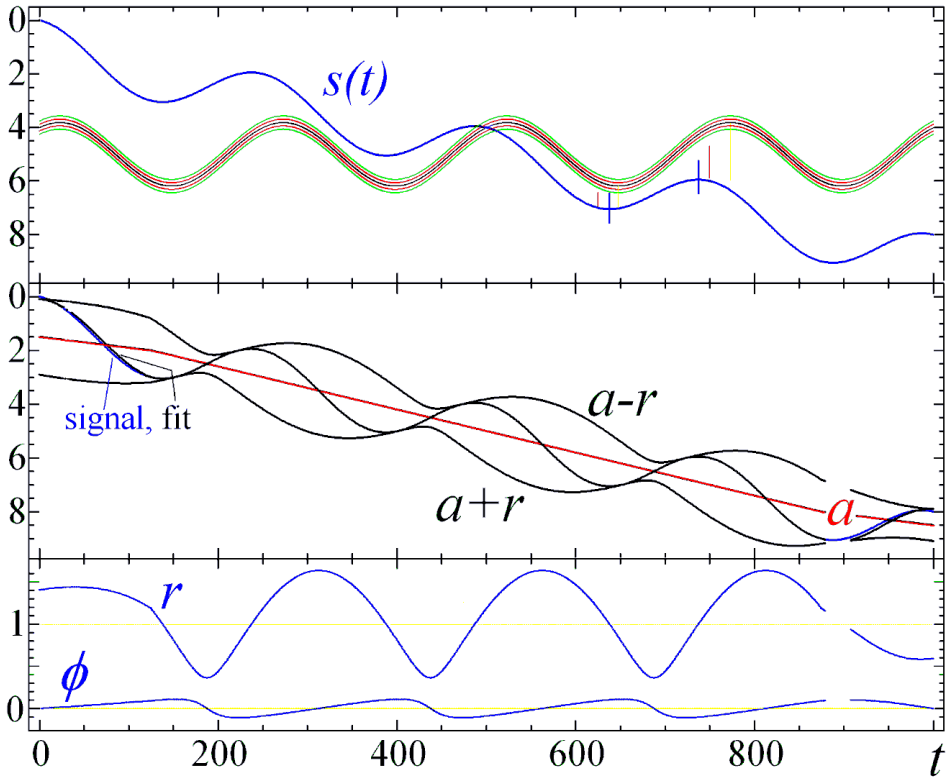


Fig. 4. Characteristics of the "global" sine (up) and "Running sine" (middle and bottom) approximations for a test signal with a large trend. The positions of one minimum and one maximum are shown by vertical segments: for the model function $s(t)$ with trend (blue), without trend $s_0(t)$ (red), and for the "global" sine fit (yellow)

The accurate value can be determined again in some point $(t_{e0}+\lambda\delta)$ which is generally unknown and so is practically unusable. So one may use estimates t_e and/or t_{e0}. The approximate expression obviously becomes more accurate with decreasing ratio $|\ddot{s}_1/\ddot{s}_0|$.

This deviation δ is a property of functions with trends, and thus also of all approximations. Contrary to "global" approximation, where all parameters are not variable with time, in the "running sines" fit are present "waves". In our "crash test", the coincidence between the signal $s(t)$ and fit $\theta(t_0,\Delta t)$ is remarkable – exact in the middle, where the interval of smoothing is completely filled, and practically within line thickness close to the borders. Exact coincidence is between $a(t)$ and its theoretical expectation in the middle, and

increases towards edges of the interval. However, the phase of the maximum ϕ shows an asymmetric wave of semi-amplitude 0.11. This is in an excellent agreement with a theoretical ("continuous" signal) value of

$$\phi = -(\arcsin(D/\pi))/2\pi, \quad (35)$$

which is equal to –0.1098 for our sample value D=2.

The argument of the "arcsin" function for the "running sine" approximation is exactly twice larger than for the function $s(t)$. This means that there is an absolute limit $|D|<\pi$ for applicability of the method. I.e. the maxima and minima will be present for $s(t)$, if $|D|<2\pi$, but for $\theta(t_0,\Delta t)$ only for $|D|<\pi$.

With an increasing D, the asymmetry increases, asymptotically tending to inclined segments and periodic jumps of phase by a step of unity.

Application of the Method to Real Stars

For an illustration, we apply the method to the same star AF Cyg, which was studied using the periodogram and scalegram analysis by Andronov and Chinarova (2012). 8738 observations from the AFOEV database have been used. The initial epoch T_0=2453260.2 and period P_0=94.187^d were taken from a periodogram analysis and "global" fit (6). The observations and the parameters of the "running sine" approximation are shown in Fig.5. One may see variability of a, r, Max = a-r, min = a+r and phase ϕ. Most interesting is a significant trend at the beginning of the interval (t<52135). This may be interpreted as a longer period of ~181^d instead of the basic one ~94^d. Four subsequent waves of long period are clearly seen at the dependence $a(t)$, what is expected for longer period $P>P_0$. There are some phase jumps by unity. They occur close to times when the semi-amplitude drops to zero. However, the phase restores (except the left interval), so one may interpret this as "lost" pulsation.

As this star is known to switch pulsation periods (see details in Andronov and Chinarova (2012)), one may justify effectivity of the method.

The mechanisms of pulsations of long-period pulsating stars were discussed e.g. by Kudashkina (2003), Fadeyev (2006), Samus (2005). Observational phenomena detected using complementary methods of time series analysis should be used for more detailed classification and further theoretical models.

Historically, at first the method was applied to symbiotic stars UV Aur (Chinarova 1998) and V1329 Cyg (Chochol et al. 1999). Other examples of types of variability, where the method showed new results - intermediate polars MU Cam (Kim et al. 2005a) and BG CMi (Kim et al. 2005b), semi-regular pulsating variable RU And (Chinarova 2010), which switches between "Mira-type" large amplitude oscillations and time intervals of "constancy". Other similar stars of transition type were discussed by Marsakova and Andronov (2012). An interesting type of variability – "transient periodic oscil-

lations" was detected in the magnetic dwarf nova DO Dra (Andronov et al. 2008), for which "running sines" may be recommended for an analysis.

Final Remarks

Contrary to the opinion listed in the epigraph, we propose to use a "net" of complementary methods for the time series analysis, which are statistically optimized for different types of variability. The method of "running sines" is one of such tools, which is related to the "running parabola" (Andronov 1997), "wavelet" (Andronov 1998, 1999), classic "running mean" and "least squares" (e.g. Whittaker and Robinson 1944) approximations.

As possible extensions of the method (see Andronov (2003) for a review on arbitrary test and weight functions), one may use e.g. a ("global or local") modification of Δt (which is recommended to be $0.5P_0$), which may be determined to produce a best statistical accuracy of the smoothed signal (at specific points, or as an average over "discrete" or "continuous" interval), accuracy of (all or selected) timings or to maximize the "signal-to-noise" ratio. One may use smooth weight functions to avoid "jumps" in dependencies of parameters on time, like in the methods of "running parabola" or "wavelet". One may make a preliminary "pre-whitening" of data, removing the trend using any of the "low-frequency" approximations (algebraic and/or trigonometric polynomial etc.), and then finally just add the removed trend to $a(t)$.

A better approach is to use an approximation $s(t) = s_1(t) - R\cos(\omega(T-T_M))$, where $s_1(t)$ describes periodic or a-periodic trend. However, a increasing number of parameters may lead to an increase of statistical errors, thus practically it may be recommended to use a linear trend (as in Eq. (28)) or a cosine term with much larger period. For small trends ($D<<1$), the model with linear trend will produce an increase of statistical errors by a factor of $(4/3)^{1/2} \approx 1.15$. Thus one could use a model with linear trend, if it is better than that without a trend. Similar option for the smoothing over time intervals (constant or inclined line) is included in the software MCV (Andronov and Baklanov 2004).

In some cases, the periods of stars are close to one year, and thus annual seasonal gaps in observations lead to bad coverage of the light curve, with subsequent relatively large error estimates. In these cases, we use a double value of $\Delta t = 1 \cdot P$, which obviously corresponds to twice worse time resolution when studying abrupt changes of these 3 characteristics. As the dependencies on t_0 with fixed P and Δt are generally discontinuous, it is recommended to make plots on a regular grid of t_0 instead of connecting them (and $\pm 1\sigma$ "error corridors") by lines.

Contrary to the "Morlet wavelet", the period is suggested to be constant (not dependent on t_0 and *not* proportional to Δt), and thus is to be determined preliminary using other methods.

For slow and small period variations, the dependence of the phase $\phi(t_0)$ (computed from $T_M(t_0,\Delta t)$ for fixed period P_0 and chosen initial epoch T_0) is a scaled and translated version of the ("O-C") diagram (as phase $\phi = (O-C)/P$, and the epoch $E = \mathrm{int}((T-T_0)/P+0.5)$.

Instead of sine $\varphi(t,t_0,\Delta t) = a - r\cos(\omega(t-T_M))$ with a free parameter, one may fix the time and $\varphi(t,t_0,\Delta t) = a - r\cos(\omega(t-t_0))$. In this case, there will be two parameters instead of 3. For sine signal $s(t) = A - R\cos(\omega(t-t_M))$, $a=A$, $r = R\cos(\omega(t_0-t_M))$ and the (local) maxima may be determined at maxima of r (and minima for minima of r).

Similarly, one may use other waveforms $s(t) = A - R\,G((t-t_M)/P_0)$, where $G(E)$ is some periodic function, and $\varphi(t,t_0,\Delta t) = a - r\,G((t-t_0)/P_0)$. Then again the maxima of r will occur at $t_0=t_M$, where t_M is time of (local) maximum.

According to an effective number of observations used for the approximation, "Running sines" possess a place between "global" sine fit optimal for signals with good coherency (i.e. if the variations of phase ϕ during interval of observations are much smaller than unity), where all observations are taken into account, then a "wavelet fit" applicable for signals with possibly significant period changes at a scale of at least few periods, from one side, and "running parabola" (effective to changes from cycle to cycle) and then "running mean", from another side.

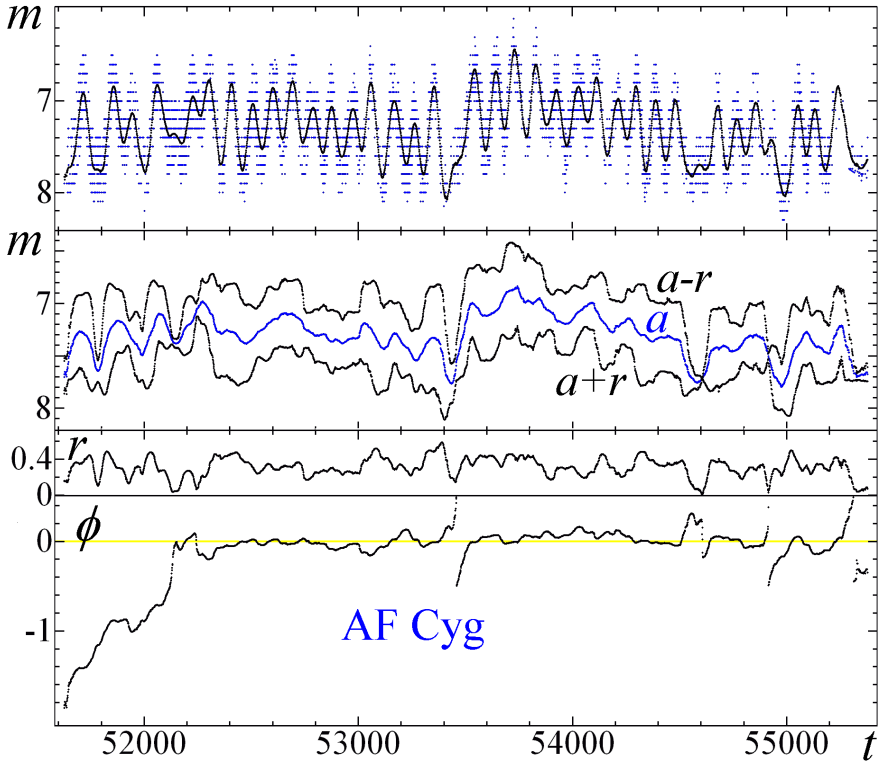


Fig. 5. Observations of semi-regular variable AF Cyg (up) and parameters of the "Running sine" approximations (middle and bottom).

Acknowledgements. The authors are thankful to Dr. Bogdan Wszolek and the Institute of Physics of the Jan Dlugosz University for hospitality. The AFOEV database was used. This study is a part of the projects "Inter-Longitude Astronomy" (Andronov et al. 2010) and "Ukrainian Virtual Observatory" (Vavilova et al. 2012).

References

Andronov I.L., 1994, Odessa Astron. Publ., 7, 49
Andronov I. L., 1997, Astron. Astrophys. Suppl., 125, 207
Andronov I. L., 1998, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 14, 374
Andronov I. L., 1999, in: Self-Similar Systems, ed. by V.B. Priezzhev and V.P. Spiridonov (JINR, E5-99-38, Dubna, 1999), 57
Andronov I. L., 2003, Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., 292, 391
Andronov I.L., 2012a, Astrofizika, 55, 593
Andronov I.L., 2012b, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013, 133
Andronov I.L., Baklanov A.V., 2004, Visnyk Astron. Shkoly (Astron. School Rep.), 5, 264
Andronov I.L., Chinarova L.L., 1997, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 13, 55
Andronov I.L., Chinarova L.L., 2012, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013, 139
Andronov I.L., Chinarova L.L., Han W., Kim Y., Yoon J.-N., 2008, A&A, 86, 855
Andronov I.L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8
Argelander F.A., 1859, De Stella β Lyrae variabili commentatio altera: litteris Caroli Georgi
Chinarova L. L., 1998, Conf. on Var Stars Res., Brno
Chinarova L. L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 25
Chochol D. et al., 1999, Contr. Astron. Obs. Skalnate Pleso, 29, 31
Cohen L., 1995, Time-Frequency Analysis, Prentice Hall
Fadeyev Yu. A., 2006, Priroda ("Nature", in Russian), No. 8, 16
Hamming R.W., 1977, Digital Filters, Prentice Hall
Kholopov P.N., 1971, Metody Issledovaniya Peremennykh Zvezd, ed. V.B. Nikonov, "Nauka" Moscow (in Russian; translation in "Methods of Inves tigating Variable Stars", 1973)
Kim Y.G., Andronov I.L., Park S.S., Chinarova L.L., Baklanov A.V., Jeon Y.B., 2005, J. As. Space Sci., 22, 197
Kim Y.G., Andronov I.L., Park S.S., Jeon Y.-B., 2005, A&A, 441, 663
Kopal Z., Kurth R., 1957, Zeitschrift für Astrophysik, 42, 90

Kreiner J.M., Kim Chun-Hwey, Nha Il-Seong, 2001, An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars, Cracow, Poland
Kudashkina L.S., 2003, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 19, 193
Lafler J., Kinman T.D., 1965, Astrophys.J.Suppl., 11, 216
Marsakova V.I., Andronov I.L., 2012, Odessa Astron. Publ. 25, 60
Mikulášek Z., Gráf T., Zejda M., Zhu L.-Y., Qian S.-B., 2012, 2012arXiv1212.5527M
Pelt J., 1980, Chastotnyj analiz verennykh ryadov ("Frequency Analysis of Astronomical Time Series", in Russian), Tallinn, Valgus
Samus N.N., 2005, Peremennye Zvezdy ("Variable Stars", in Russian), Moscow, SAI
Sterne T.E., 1939, MNRAS, 99, 451
Terebizh V.Iu., 1992, Analiz vremennykh riadov v astrofizike ("Time Series Analysis in Astrophysics", in Russian), Moscow, Nauka
Tsesevich V.P., 1970, Peremennye zvezdy i sposoby ikh issledovaniia ("Variable stars and methods of their study", in Russian,) Moscow, Pedagogika, 239p.
Vavilova I.B., et al., 2012, Kinem. Phys. Celest. Bodies 28, 85
Whittaker E.T., Robinson G., 1944, The calculus of observations; a treatise on numerical mathematics, London, Blackie

Comparative analysis of numerical methods for parameter determination

Ivan L. Andronov, Maria G. Tkachenko

Department “High and Applied Mathematics”, Odessa National Maritime University, *tt_ari@ukr.net, masha.vodn@yandex.ua*

ABSTRACT. We made a comparative analysis of numerical methods for multi-dimensional optimization. The main parameter is a number of computations of the test function to reach necessary accuracy, as it is computationally "slow". For complex functions, analytic differentiation by many parameters can cause problems associated with a significant complication of the program and thus slowing its operation. For comparison, we used the methods: "brute force" (or minimization on a regular grid), Monte Carlo, steepest descent, conjugate gradients, Brent's method (golden section search), parabolic interpolation etc. The Monte-Carlo method was applied to the eclipsing binary system AM Leo.

Determination of statistically optimal parameters fitting the observations is a common task in science, particularly, in astronomy. In modeling eclipsing binary stars, there is an important problem of dependence of the optimal model parameters on each other, which may locally be described by high correlation of the deviations of these parameters near the point of optimal solution. And, extremely, by a presence of regions in multidimensional space, which correspond to nearly equal quality of the approximating light curves. There are some well-known programs based on the method of Wilson & Devinney (1971), which allow modeling of eclipsing binary stars, such as e.g. the program by Wilson (1993), Binary Maker (Bradstreet and Steelman, 2002), PHOEBE and EBAI (Prsa et al., 2012) and others. Zoła et al. (1997, 2010) presented a program for the parameter determination using the Monte-Carlo method only. Although the program works very effectively, it needs a lot of computational time, which theoretically could be decreased using other methods for faster convergence to a minimum of the test function describing "distance" between the observations and the theoretical curve.

And so we try to find the best method for the determination of the parameters of eclipsing binary stars. For this purpose, we have used observations of one eclipsing binary system, which was analyzed by Zola et al. (2010). This star is AM Leonis, which was observed using 3 filters (B, V, R).

For the analysis, we used the computer code written by Professor Stanisław Zoła (Zoła et al. 1997, 2010). In the program, the method Monte-Carlo is implemented. As a result: the parameters were determined and the corresponding light curves (assuming statistically optimal values of the parameters) are shown in Fig. 1.

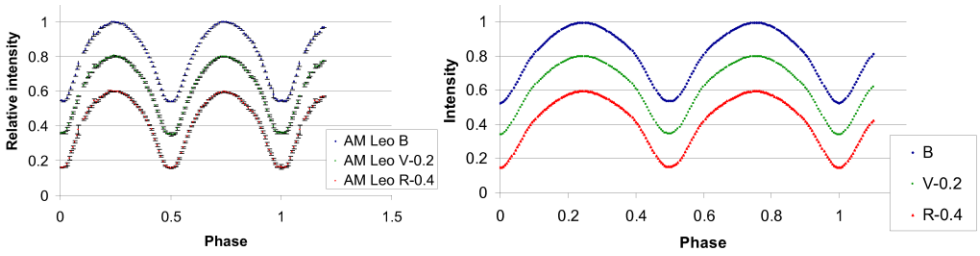


Fig. 1. A test star: AM Leo (Observations presented by S.Zoła et al. (2010)). Phase light curve of AM Leo: observations (left) and best theoretical approximation (right).

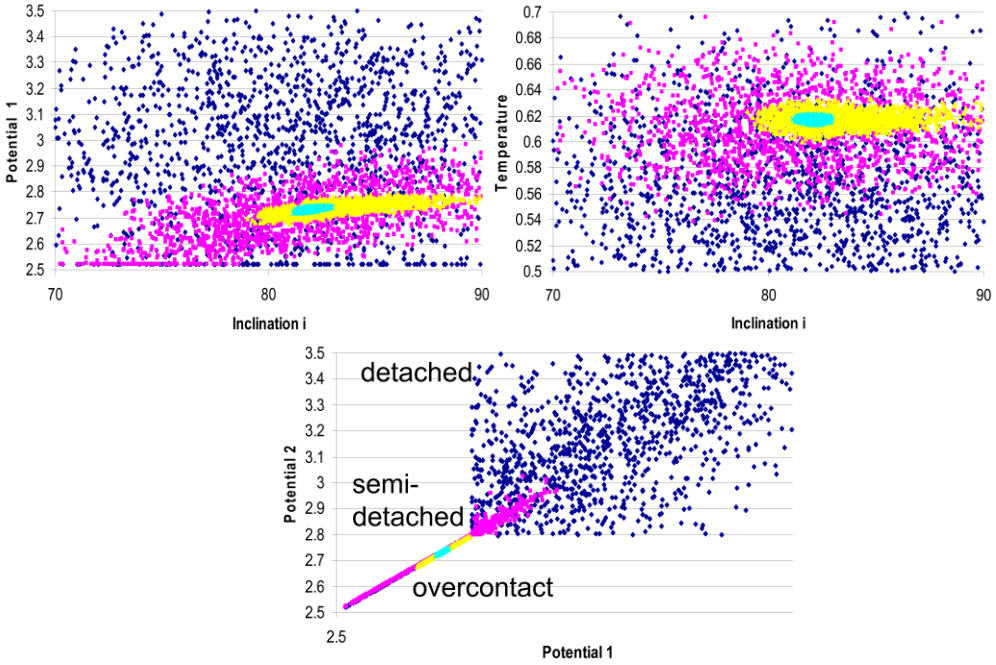


Fig. 2.Parameter–parameter diagrams: best 1500 points after hundred thousands of evaluations.

Most important pairs are: inclination versus potential of the primary or secondary star; potentials of both stars. With different colors are shown results for different numbers of computations (from which only the best 1500 points are shown). One may see that initially the points are distributed nearly homogeneously. With an increasing number of evaluations, the points are being concentrated to smaller and smaller regions. And, finally, the "cloud" should converge to a single point. Practically this process is very slow. This is why we try to find more effective algorithms. At the "potential – potential" diagram, we see that the best solution corresponds to an "over-contact" system, which makes an addition link $\Omega_1=\Omega_2$ and corresponding decrease of the number of unknown parameters.

Such a method needs a lot of computation time. We had made fitting using a hundred thousands sets of model parameters. The best 1500 (user defined) points are stored in the file and one may plot the "parameter – parameter diagrams". Of course, the number of parameters is large, so one may choose many

pairs of parameters. However, some parameters are suggested to be fixed, and thus a smaller number of parameters is to be determined. All the parameters are listed in the following table:

.

Parameter	Value
Period P	0.44045 days
Eccentricity e	0^o (fixed)
Longitude of periastron ω	90^o (arbitrarily)
Inclination i	82.2^o
Gravity darkening g_1	0.32 (fixed)
Gravity darkening g_2	0.32 (fixed)
T_1	6100 K (fixed)
T_2	6170 K
Albedo 1	0.5 (fixed)
Albedo 2	0.5 (fixed)
Potential Ω_1	2.7397
Potential Ω_2	2.7397
Mass ratio $q=M_2/M_1$	0.459
Luminosity L_1	7.774 (arb.)
Luminosity L_2	4.0447 (arb.)

Looking for the "parameter-parameter" diagrams, we see that there are strong correlations between the parameters. E.g. the temperature in our computations is fixed for one star. If not, the temperature difference is only slightly dependent on temperature, thus both temperatures may not be determined accurately from modeling. So the best solution may not be unique; it may fill some sub-space in the space of parameters.

This is a common problem: the parameter estimates are dependent. Our tests were made on another function, which is similar in behavior to a test function used for modeling of eclipsing binaries.

We have used the following test function ($x_1=x$, $x_2=y$)

$$Z(x_1,x_2)=(x_1^2-x_2)^2+\alpha\,(x_2-1.0201)^2. \qquad (1)$$

It is shown at Fig. 3. This function has an exact symmetric solution for a minimum for $\alpha>0$: $x_1=\pm 1.01$, $x_2=1.0201$. However, if $\alpha=0$, there is an infinite number of solutions, located at the line $x_1^2=x_2$. Thus this simple function fits the criteria of complexity – two local minima instead of one global; the "ravine" is present, which links the minima; the minima are "shallow" for small $\alpha \ll 1$ and completely vanishing for $\alpha=0$.

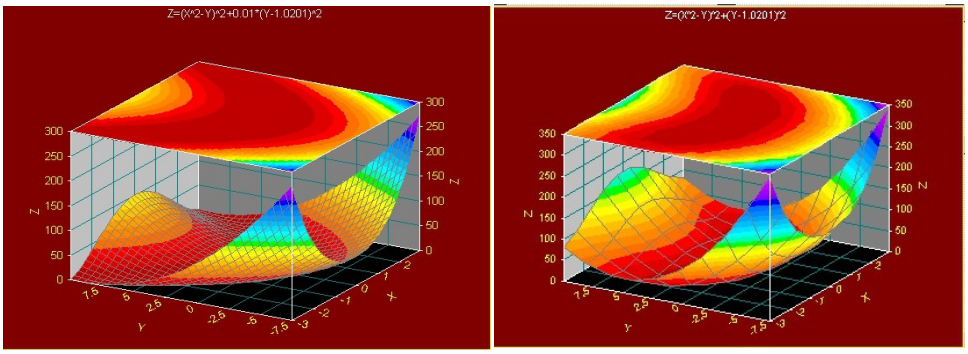


Fig.3. 2D test function $Z(x_1, x_3)$ with 2 symmetric minima: for $\alpha = 0.01$ (left) and $\alpha = 1$ (right).

The tangent surface is usually defined as

$$Z(x_1,x_2)= Z(x_{01},x_{02})+ Z_1' (x_1-x_{01}) + Z_2' (x_2-x_{02}) + 0.5(Z_{11}'' (x_1-x_{01})^2+ +2\cdot Z_{12}'' (x_1-x_{01}) (x_2-x_{02})+ Z_{22}'' (x_2-x_{02})^2) \quad (2)$$

(e.g. Korn and Korn, 1968), where the derivatives $Z_j' \equiv \partial Z/\partial x_i$, $Z_{ij}'' \equiv \partial^2 Z/(\partial x_i \partial x_j)$, i, j=1..2, are defined at the point of contact (x_{01}, x_{02}). The shape of such surface is defined by a determinant of the Hessian matrix (combined from partial derivatives of second order). In a case of two variables, it may be defined as $D = Z_{11}Z_{22} - Z_{12}^2$. For D>0, D=0 and D<0, the surface is an elliptic paraboloid, parabolic cylinder and an elliptic hyperboloid, respectively.

Using Eq.(2), one may estimate a position of a stationary point (where all first derivatives vanish: Z_j'=0). For D>0, this stationary point corresponds to an extremum (maximum for Z_{11}<0, else minimum), and this is a good estimate for a next point to iterate using the method of conjugate gradients.

For D<0, the point of convergence is a "saddle" point, so it is not correct to use conjugate gradients at points with D<0. Instead, we suggest to use "steepest descent" and then return to "conjugate gradients", when next iteration point will correspond to D>0.

As expected theoretically, the fastest method should be "Conjugate gradients". However, it needs computation not only of the function, but also of derivatives of the second and first orders. At figure 5, one may see changes of the function $Z(x_1, x_2)$ with the parameter α. At the right part, one may see 3 regions. Only in the red part, the method of the "Conjugate gradients" is working good. In this case, the graph of the function may be locally represented as an elliptic paraboloid. In the blue zone, the approximating surface is a hyperbolic paraboloid. In this case, the destination point is not a minimum, but to a singular point of the type "saddle". So we recommended to use the method of "Steepest Descent" in blue and green regions and to continue to use "Conjugate Gradients" in the red zone.

The series of images of Fig. 5 shows subsequent sets of best hundred of computations. As in binary stars, we see a sequential shrinkage of points towards parabola marked as a green line. Best points change positions with larger and larger number of computations.

We have used the search for minimal value using the Monte-Carlo method. Let n be a number of computations $Z[n]=Z(x_1, x_2)$ made for randomly generated sets of parameters (x_1, x_2), and n_i are numbers of successive "best solutions", i.e. $Z[n_i] < Z[n_{i-1}] <\ldots< Z[n_1]$; $n_i > n_{i-1} >\ldots> n_1$. These numbers n_i are very rarely distributed among all possible numbers $1\ldots n$. Also one may compute a distance between successive "best points" $\Delta_i = n_i - n_{i-1}$.

At this plot, we see the dependence of the accuracy on the number of trial computations. One may see that this dependence is nearly linear in a double logarithmic scale. After nearly 10^9 computations, the accuracy was close to $\delta \approx 10^{-10}$. We also computed similar dependence for other number of parameters m and we see that a slope γ at a double logarithmic scale is nearly equal to $\gamma = 2/m$. The upper line shows a dependence of a number of computations Δ_i between successes on a total number of computations n. The statistical dependence is linear for all values of the number of parameters m.

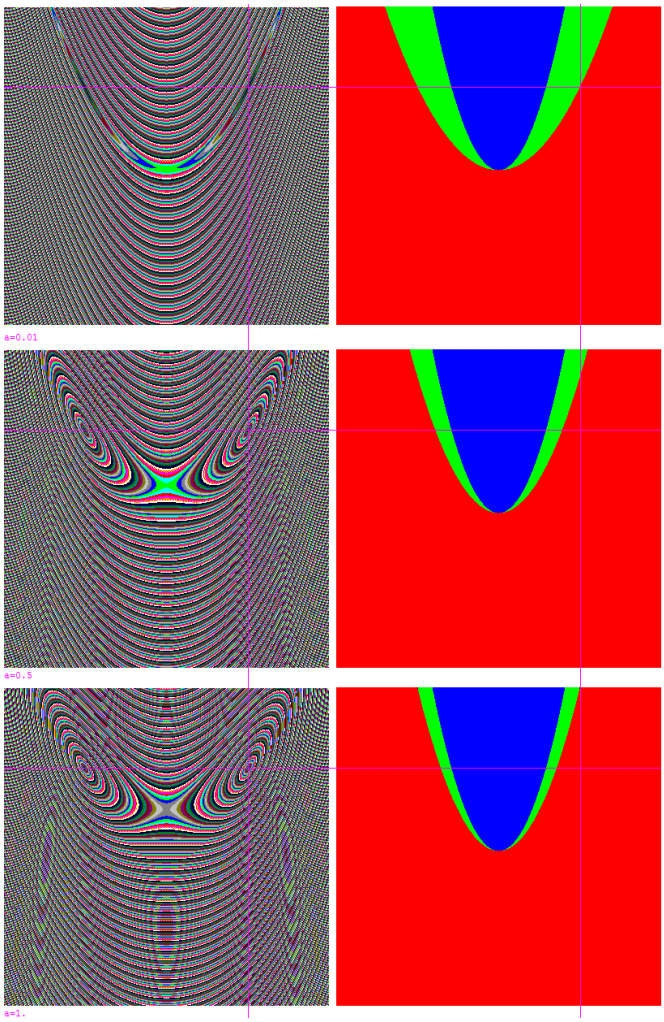


Fig. 4. Dependence of the test function $Z(x_1, x_2)$ for $-2 \le x_1 \le 2$, $-2 \le x_2 \le 2$ on the parameter α (0.01 (up), 0.5 (middle), 1 (bottom)). Left: levels of the function; right: zones of $D>0$, $D_{11}>0$ (red), $D<0$, $D_{11}<0$ (blue), $D<0$, $D_{11}>0$ (green).

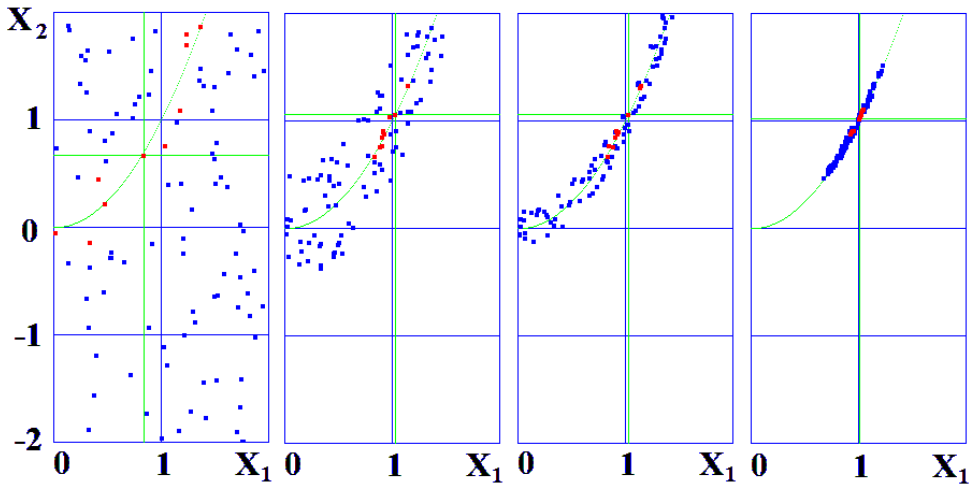


Fig. 5. Diagrams for best (100 – blue and 10 – red) pairs of points (x_1, x_2) after different number of computations (100, 600, 1600, 30000, respectively). Green cross shows the best point. Green parabola corresponds to the "ravine" $x_2 = x_1^2$.

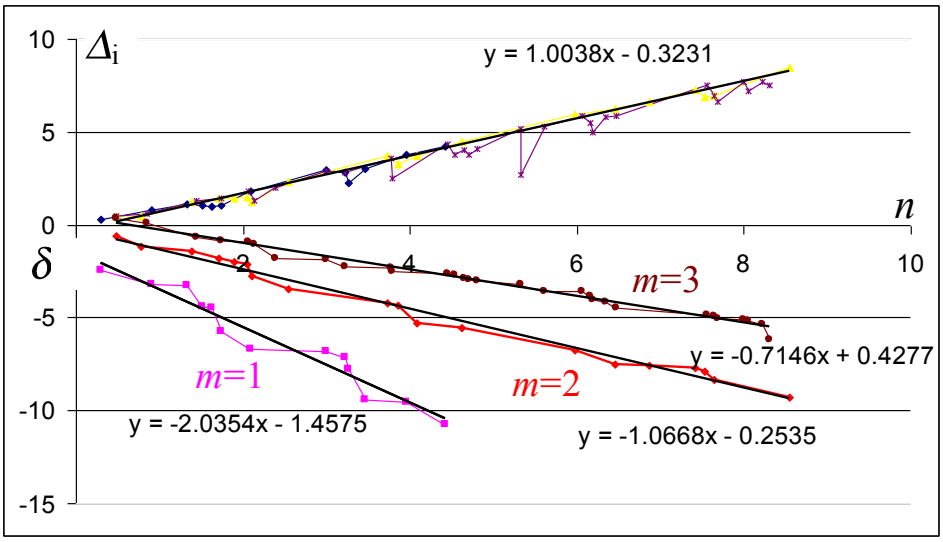


Fig. 6. Dependence of the number of trials n to get deviation δ of signal from exact minimum (down) and dependence number between successful computations on a total number of computations. The graph is in a double logarithmic scale.

We have tried also other methods:

- Steepest descent
- Conjugate gradients
- "Brute Force" (checking on the grid)
- Minimization on subsequent directions
- Numerical estimates of derivatives of first and second order

For 1D minimization:

- "Brute Force" (checking on the grid with decreasing step)
- "Golden Section"
- "Dichotomy"

The corresponding programs had been written and tested.

Future plans:

1. To apply elaborated programs to determine parameters of spotted eclipsing binary stars.
2. To improve existing programs to a case of spots, which migrate from season to season.

Acknowledgements. We thank to Dr. Bogdan Wszołek and the Institute of Physics of the Jan Długosz University for hospitality and Prof. Stanisław Zoła for allowing to use the program of modeling and sample data on AM Leo.

References

Bradstreet D.H., Steelman D.P., 2002, AAS...201.7502B
Korn G.A., Korn Th.M., 1968, Mathematical Handbook for Scientists and Engineers. – McGraw-Hill Book Company
Prša A., Guinan E.F., Devinney E.J., Degroote P., Bloemen S., Matijevič G., 2012, 2012IAUS..282..271P
Wilson R.E., 1993, Documentation of Eclipsing Binary Computer Model, University of Florida
Wilson R.E., Devinney, E.J., 1971, ApJ, 166, 605
Zola S., Kolonko M., Szczech M., 1997, A& A, 324, 1010
Zola S., Gazeas K., Kreiner J.M., Ogloza W., Siwak M., Koziel-Wierzbowska D., Winiarski M., 2010, MNRAS, 408, 464

Ivan Andronov (z lewej) i Vitalii Breuss (z prawej).
(*archiva Astronomii Novej*)

Is there a third component in the intermediate polar V405 Aur?

Vitalii Breus[1], Ivan Andronov[1], Pavol Dubovsky[2], Sergey Kolesnikov[3], Elena Zhuzhulina[4], Tibor Hegedus[5], Pal Beringer[5], Karol Petrik[6], Jeffrey Robertson[7], Andrey Ryabov[3], Valeriy Tsehmeystrenko[8], Igor Kudzej[2], Nicholay Shakhovskoy[9]

[1] Department "High and Applied Mathematics", Odessa National Maritime University
[2] Vihorlat Astronomical Observatory, Humenne, Slovakia
[3] Astronomical Observatory, Odessa National University, Odessa, Ukraine
[4] Department of Astronomy, Odessa National University, Odessa, Ukraine
[5] Baja Astronomical Observatory, Baja, Hungary
[6] Astronomical Observatory, Hlohovec, Slovakia
[7] Arkansas Tech University, Russellville, USA
[8] Amateur Astronomical Observatory "Heavenly Owl", Odessa, Ukraine, http://www.heavenly-owl.com.ua
[9] Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Ukraine

Abstract

Variability of the spin period of the white dwarf in the V405 Aur (RX J0558.0+5353) system using our observations and previously published maxima timings is analyzed. As the phase light curve contains two nearly equal photometric waves, one maximum was set as a "primary" one. The ephemeris for the maxima of the "spin variability" (due to rotation of the magnetized white dwarf) for recent seasons 2010-2012 is

$$T_{max} = HJD\ 2455882.470614(25)+0.00631314602(46)\ E.$$

This corresponds to a significant negative trend at the "O-C" diagram. Due to significant gaps in the observational data and statistical error of timings, there may be some suggestions on the spin period variability – a fast period "jump" in 2007; secular period variations; a cubic ephemeris (which may be interpreted by a precession of the magnetic white dwarf at a time-scale of decades) or a periodic change with a period of 6.2 years and semi-amplitude of 17.2±1.8 sec. For the present observations, more reliable are two latter models. To distinguish between them, a continuation of monitoring is needed. The periodic variations may be interpreted by a light time effect caused by a third body of mass ($M_3 \geq 0.09 M_\odot$), which corresponds to a low-mass star, but not to an extra-solar planet. In this case, the system belongs to a rare class of cataclysmic variables with a third body.

Introduction

The intermediate polar V405 Aur was discovered as an optical counterpart of the soft ROSAT source 1RXS_J055800.7+535358 by Haberl et al. [1]. The soft X-Ray flux was changing with a period of 272.74s, which was supposed to be a spin period of the white dwarf. The presence of optical pulsations at a period of 272.785s was reported by Ashoka et al. [2].

Later Allan et al. [3] and Skillman [4] made independent announcements that the spin period of the white dwarf is twice longer (545.45s).

The double value of the spin period was justified by detection of circular polarization with a period of 544.4s (Shakhovskoj and Kolesnikov [5]). Noting very similar photometric maxima (two during a polarimetric period), Shakhovskoj et al. [6] suggested a nearly-equatorial location of two accretion columns.

Evans and Hellier [7] discussed the double-peaked spin pulse. The shape of the phase curve is wavelength-dependent, with a strong separation between the peaks at soft X-Ray range and a "saw-tooth" shape at hard X-Rays. This is naturally explained by an inequality of the columns.

Piirola et al. [8] analyzed the maxima timings obtained in 1994-2007 and published second-order polynomial fit to the maxima timings

$$T_E = 2449681.46389(5)+0.0063131474(4)\ E+4(4)\cdot 10^{16}\ E^2.$$

Since the second-order coefficient was not statistically significant, they also published a linear ephemeris:

$$T_E = 2449681.46387(2)+0.0063131476(3)\cdot E$$

Observations

We obtained photometric CCD observations using different telescopes: 1m VNT (filters V and R) and 28cm Pupava (unfiltered) reflectors in Vihorlat Astronomical Observatory, Humenné, Slovakia, 35cm BAT and 50cm reflector in Baja Astronomical Observatory, Hungary (V and R filters) and 20cm MEADE LX-200 at the Observatory and Planetarium in Hlohovec, Slovakia (V and R filters). Also we used UBVRI photometry obtained at the 1.25m AZT-11 and wide-R photometry at the 2.6m Shain Telescope at the Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Ukraine and unfiltered observations from the Arkansas Tech University Observatory. Recently, the “Heavenly Owl” amateur astronomical observatory was put into operation [9], where the monitoring was carried out using the V filter. The final time series were obtained using the program MCV (I.L.Andronov, A.V.Baklanov [10]) taking into account multiple comparison stars. Periodogram analysis was carried out using the programs MCV and FDCN (Andronov [11]).

O-C Analysis

For phase curves, we have used a preliminary value of the spin period of $P = 0.^{d}0063131474$ and initial epoch 2449681.46389 (Eq. (1) of [8]). Using this period, we have used a second-order trigonometric polynomial fit to the magnitudes. This corresponds to a double photometric wave per one polarimetric one [5,6]. As both photometric waves appear to be nearly identical, we suggested to use the timing (or corresponding phase) of the brightness maximum (minimum of stellar magnitude) of the harmonic of the main period (one per night) instead of timings of the individual maxima, the accuracy of which is much worse than that of the "nightly" timing. Anyway, at the figures one may see a drastic scatter of phases, especially for the SuperWASP data (www.superwasp.org).

Contrary to a classical representation of the "O-C diagram" as a dependence of the timings from an ephemeris on the cycle number *E,* we have used phases instead, i.e. $\phi = (O - C)/P$. For a correct ephemeris, the phases should be concentrated near the zero value. In our case, the times of maxima estimated by a program correspond to a harmonic with a double frequency, thus it is expected that phases like -0.5, +0.5 correspond to the same "zero", and thus one may make corrections for these values. For a complete set of "our+published" data, the phases seem to range from -0.13 to 0.11.

Contrary to a suggestion of Piirola et al. [8], the points for the recent years show a distinct period decrease. A simplest hypothesis is that the period has underwent change (approximately in 2007 ($E \approx 713491$)). We analyzed separately the photometric data, obtained at the Vihorlat Astronomical Observatory in 2010-2013. As light curves in V and R filters had comparable amplitudes but different stellar magnitudes, we subtracted the mean value of stellar magnitude from the data in each filter and joined it. We determined the new value of period and initial epoch that better corresponds to all spin maxima timings in our observations.

$$T_{max} = HJD\ 2455882.470614(25)+0.00631314602(46)\ E$$

However, previous studies of intermediate polars argue for smooth period variations rather than period jumps. From theoretical expectations, the spin periods of the white dwarf should be equal to some equilibrium value, which is equal to period of "Kepler" rotation of the inner accretion disk at a distance of the magnetospheric radius ([13], [14]). Period variations may be caused by changes of the accretion rate due to modulation of the mass transfer caused by magnetic activity of the red secondary ([15]) fluctuations of the orbital separation [16], or precession of the magnetic white dwarf (which will be present either with constant, or variable accretion rate) [17,18]. At time scales of decades, one may see only a part of the curve of cyclic variations. Thus apparent-

ly the "O-C" diagram may be not a “wave”, but a square (for smaller time intervals) or cubic parabola (for larger intervals).

So we analyzed other models for the period variations. To decrease the error estimate of the initial epoch and the period, we computed the ephemeris for a different integer epoch E_0, which is close to a sample mean of the observational values. In our case, E_0 = 504600. A weighted fit to the phases of maxima ϕ leads to the following quadratic ephemeris:

$$T_{max} = HJD\ 2452867.07807(2) + 0.006313147426(70) \cdot (E - E_0) - \\ -659(233) \cdot 10^{-18}(E - E_0)^2.$$

The value of the quadratic term Q reaches 2.8σ, so its deviation from zero is not statistically significant. It doesn't fit our recent observations enough good, so we calculated the 3-rd order weighted fit to the phases of maxima and got the following cubic ephemeris:

$$T_{max} = HJD\ 2452867.07807(2) + 0.006313147760(131) \cdot (E - E_0) - \\ -502(237) \cdot 10^{-18}(E - E_0)^2 - 239(80) \cdot 10^{-23}(E - E_0)^3.$$

It corresponds to all observations better and fits most recent observations showing a distinct negative trend during recent years.

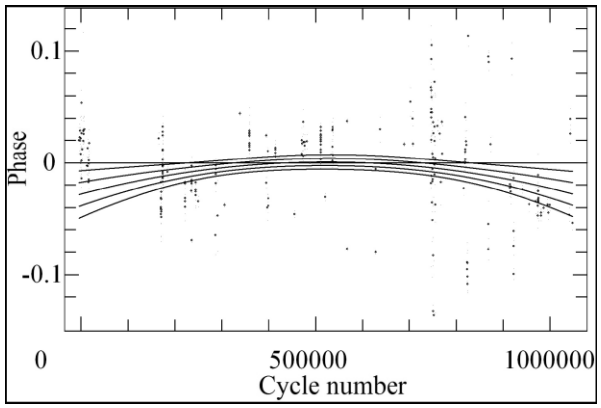


Fig. 1. Dependence of phases of maxima timings on cycle number of the spin period: circles - original observations, line - an approximation using 2-nd order polynomial fit with corresponding $\pm 1\sigma$ and $\pm 2\sigma$ error corridors.

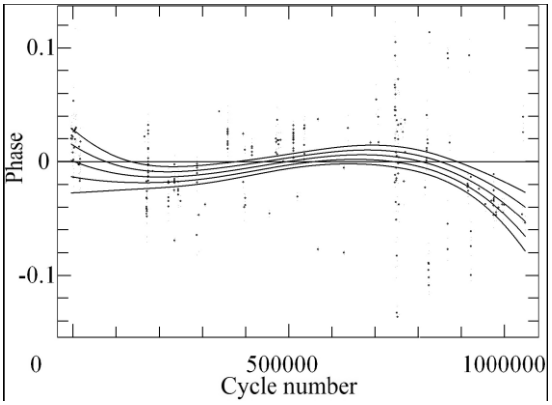


Fig. 2. Dependence of phases of maxima timings on cycle number of the spin period: circles - original observations, line - an approximation using 3-rd order polynomial fit with corresponding $\pm 1\sigma$ and $\pm 2\sigma$ error corridors.

Third body hypothesis

An alternate model is a presence of a third body - a star or a massive planet. In this case, the theoretical “O-C” diagram is a periodic wave (“mono-harmonic” for a circular orbit or “multi-harmonic” for an elliptic orbit).

We calculated the periodogram using the approximation combining a 1-st order trigonometric and a 1-st order algebraic polynomials, using the program

MCV. The maximum peak at the periodogram corresponds to a period of $2268^d = 6.2$yr. The corresponding fit is

$$\phi = -0.00049(219) + 0.0000002(14) \cdot (T - 2452881) + \\ + 0.0315(32) \cos(2\pi \cdot (T - 2452389)/2268)$$

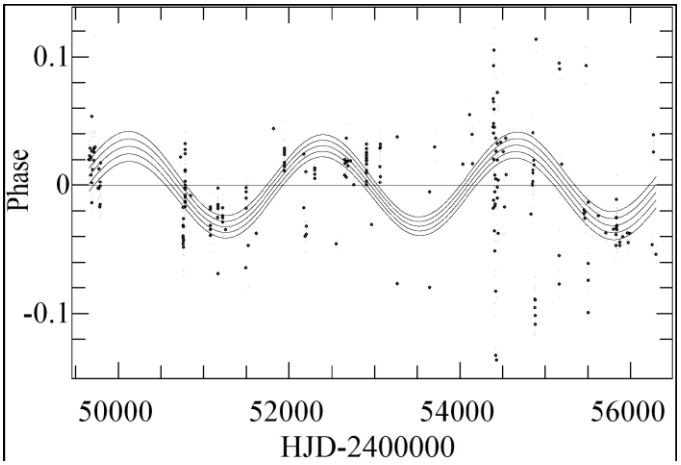


Fig. 3. Dependence of phases of maxima timings on HJD: circles - original observations, line - an approximation using 1-st order trigonometric and algebraic polynomial fits with corresponding $\pm 1\sigma$ and $\pm 2\sigma$ error corridors.

These periodic variations are statistically significant (at a level of semi-amplitude of 9.7σ). However, the amplitudes of harmonics of this period are not statistically significant.

So, one may suggest a third body orbiting the inner binary system on a nearly circular orbit with a period of ≈ 6.2yr, with a distance of the center of masses to the binary of 17.2 ± 1.8 light seconds, or $(5.15 \pm 0.53) \cdot 10^9$ meters). The corresponding mass function [12] is $f(M) \approx 0.09 M_{\odot}$.

As this is a lower limit of the mass of the third body, we may suggest that this is not a planet, but probably a red dwarf.

Contrary to the third-order polynomial, the sinusoidal fit shows a return to zero of phases at the end of the interval of observations. This difference will increase in future. Thus there may be a check-out, which model is correct, during even a year or two of subsequent observations.

Acknowledgements. The study is a part of the "Inter-Longitude Astronomy" campaign [19] and "Ukrainian Virtual Observatory" project [20]. The SuperWASP data have been analyzed in an addition to ours. VVB and ILA thank Dr. Bogdan Wszołek, the Institute of Physics of the Jan Długosz Academy in Częstochowa and the "Astronomia Nova" society for hospitality.

References

[1] Haberl F., Throstensen J.R., Motch C., Schwarzenberg-Czerny A., Pakull M., Shambrook A., Pietsch W., 1994, A&A, 291, 1, 171
[2] Ashoka B.N., Marar T.M.K., Seetha S., Kasturirangan K., Bhattacharyya J.C., A&A, 1995, 297, L83
[3] Allan A., Horne K., Hilditch R.W., 1995, IAU Circ. 6154
[4] Skillman D.R., 1996, PASP, 108, 130

[5] Shakhovskoj N.M., Kolesnikov S.V., 1997, IAU Circ. 6760, 2
[6] Shakhovskoj N.M., Andronov I.L., Kolesnikov S.V., AGM 18, abstract P16.
[7] Evans P.A., Hellier C., 2004, MNRAS, 353, 447
[8] Piirola V., Vornanen N., Berdyugin A., Coyne S.J., 2008, ApJ. , 684, 558
[9] Tsehmeystrenko V.G., 2013, Odessa Astron. Publ. 26
[10] Andronov I.L., Baklanov A.V., 2004, Astronomical School Reports 5,264
[11] Andronov I.L., 1994, Odessa Astron. Publ. 7, 49
[12] Lang K. R., 1974, Astrophysical Formulae, Springer Verlag
[13] Warner B., 2003, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press
[14] Hellier C., 2001, Cataclysmic Variable Stars, Springer
[15Andronov] I.L., Shakun L.I., 1990, A&A, 169, 237
[16] Andronov I.L., Chinarova L.L., 2002, ASP Conference Ser. 261, 47
[17] Andronov I.L., 2005, ASP Conference Series 334, 447
[18] Tovmassian G.H., Zharikov S.V., Neustroev V.V., 2007, ASP Conference Ser. 372, 541
[19] Andronov I.L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8
[20] Vavilova I.B. et al., 2012, Kinematics and Physics of Celestial Bodies 28, 85

Krakowska grupka uczestników konferencji. (*archiva Astronomii Novej*)

Układy kontaktowe w misji Kepler

Bartłomiej Dębski

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

Jedną z rodzin systemów gwiazd są ciasne układy podwójne. W ich skład wchodzą dwie gwiazdy krążące wokół wspólnego środka masy po bardzo małych orbitach. Skala niektórych znanych ciasnych układów jest tak mała, że cały ich ruch orbitalny mógłby być zamknięty wewnątrz średnicy Słońca. W takich konfiguracjach gwiazdy silnie ze sobą oddziałują. Jednym, bardzo charakterystycznym rodzajem ciasnych układów podwójnych są układy kontaktowe. Obydwie gwiazdy wchodzące w ich skład znajdują się na tyle blisko siebie oraz posiadają odpowiednie masy, tak że ich zewnętrzne otoczki pozostają w stałym kontakcie fizycznym. Są to stabilne systemy, które mogą istnieć przez miliardy lat. W tym czasie pomiędzy gwiazdami następuje trwała wymiana materii oraz energii, a zewnętrzna otoczka posiada równą temperaturę na całej powierzchni, za wyjątkiem miejsc, w których leżą plamy gwiazdowe. Same plamy są ciekawym fenomenem, który zachodzi dzięki działaniu silnego pola magnetycznego (powodującego powstawanie chłodnych plam) oraz przepływom materii (które stoją zarówno za chłodnymi, jak i hipotetycznymi gorącymi regionami). Zaistnienie plamy na powierzchni układu kontaktowego może być wprost widoczne na krzywej blasku obserwowanego obiektu, toteż bardzo pożądane jest obserwować takie gwiazdy kontaktowe, które są układani zaćmieniowymi.

W przypadku układu bez plam krzywa blasku przedstawia okresowe zmiany będące swoimi lustrzanymi odbiciami. Zaćmieniowe układy kontaktowe, nie posiadając wyraźnie zaznaczonych momentów pierwszego i czwartego kontaktu zaćmienia, przejawiają wyraźne maksima blasku, które następują w momencie, gdy obydwa składniki układu skierowane są bokiem do obserwatora. Komplikacja pojawia się w momencie wystąpienia chłodnej (a więc i ciemnej) plamy z boku jednej gwiazdy. Wtedy krzywa blasku posiada jedno maksimum niżej od drugiego, a fenomen ten jest znany pod nazwą „efektu O'Connella". Spowodowane jest to tym, że plama, czyli chłodniejszy region leżący z jednej strony gwiazdy, odejmuje nieco blasku od obserwowanego układu. Kiedy gwiazdy obrócą się o 180°, plama będzie niewidoczna dla obserwatora, układ kontaktowy nie straci blasku i drugie maksimum będzie widoczne normalnie. Ten efekt oraz inne drobne fenomeny zmiany kształtu krzywej blasku powodowane przez istnienie plamy, są wykorzystywane do znalezienia położenia plamy na jednej, wybranej gwieździe. Tak jak możliwe jest do oszacowania położenie gwiazdy na długości astrograficznej danej gwiazdy, tak bardzo trudne, o ile w ogóle możliwe, jest określenie jej szerokości astrograficznej. Ten drugi parametr jest w ścisłej korelacji z wielkością plamy oraz kilkoma parametrami samej gwiazdy.

Do wszystkich wyżej opisanych trudności dochodzi fakt obserwacyjny, że krzywe blasku układów kontaktowych mogą drastycznie zmieniać swój charakterystyczny kształt w przeciągu zaledwie kilku okresów orbitalnych. Typowy okres orbitalny układu kontaktowego wynosi 0.37 dnia, przez co wydaje się niemożliwym nadążyć za wszystkimi zmianami zachodzącymi w obserwowanym układzie. Przykładem

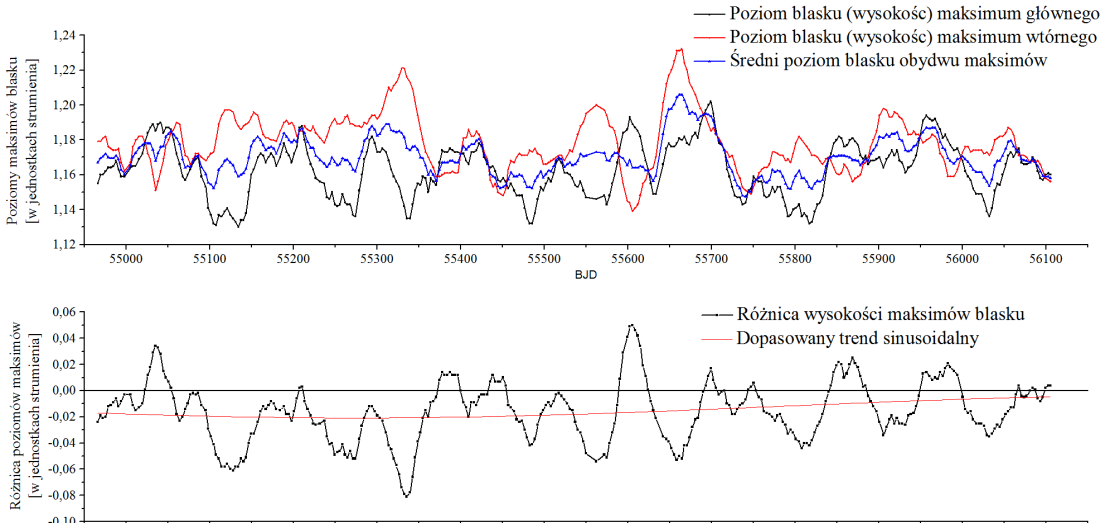
układu kontaktowego o niewielkiej zmienności jest SW Lacertae. Obiekt ten, obserwowany przez Senavci i in. (2011) podczas kampanii w 2002 roku miał tak różną krzywą blasku, od tej z kampanii obserwacyjnej z roku 2009, że można by uznać, iż obydwie krzywe prezentują zupełnie odmienne układy kontaktowe. Zmienność, tj. zmiany kształtu krzywej fazowej z okresu na okres, w dużej ilości układów kontaktowych przewyższa możliwości obserwacyjne teleskopów ziemskich: zarówno fizycznie, przez ograniczony czas trwania nocy, jak i organizacyjnie, bowiem trudno dedykować kilkadziesiąt teleskopów do obserwacji stale tych samych obiektów noc po nocy w przeciągu miesięcy lub lat. Takim ograniczeniom nie podlegają jednak obserwatoria orbitalne.

Kepler jest teleskopem kosmicznym, umieszczonym na orbicie okołosłonecznej, którego kamera o aperturze 0.95 metra obserwuje stale i niezmiennie ten sam fragment nieba. „Pole Keplera" obejmuje 144 stopni kwadratowych pomiędzy gwiazdozbiorami Łabędzia i Lutni, gdzie leży prawie 190 000 gwiazd znajdujących się pod stałą obserwacją teleskopu. Kepler od maja 2009 roku wykonuje zdjęcia o półgodzinnej ekspozycji wszystkim obiektom jednocześnie. Daje to w sumie ponad 1400 dni stałej obserwacji ponad 2000 układów zaćmieniowych, w tym ponad 500 układów kontaktowych odkrytych do tej pory. Kepler, jako teleskop pozbawiony tych wszystkich wad, które uniemożliwiają stałą obserwację układów kontaktowych, jest idealnym laboratorium badania ich aktywności, której śladami są plamy gwiazdowe. Jeżeli obecność plamy wpływa w określony sposób na krzywą blasku oraz możliwe jest do przewidzenia, jak ta sama krzywa będzie wyglądała z tą samą plamą położoną w innym miejscu na gwieździe, to wskaźnikiem aktywności chromosferycznej układu kontaktowego będzie zmienna wysokość maksimów blasku układu kontaktowego spowodowana wędrówką tejże plamy. Dla dużej aktywności magnetycznej (pociągającej za sobą aktywność chromosferyczną) plamy będą na tyle duże i długotrwające, że zachodzić będzie ich wędrówka po powierzchni gwiazdy, tak jak to ma miejsce z plamami na Słońcu. W przypadku jednej plamy żyjącej odpowiednio długo i poruszającej się odpowiednio szybko, będzie to zmienność cykliczna działająca w ustalonej kolejności na obydwa maksima – raz na jedno maksimum (plama położona z jednej strony gwiazdy), później na drugie (ta sama plama na drugiej stronie gwiazdy), po czym znów na pierwsze itd. Jeśli zbada się zmiany różnicy wysokości obydwu maksimów otrzyma się wykres prezentujący ewolucję efektu O'Connella w długim, czasie. Takie badanie jest całkowicie niezależne od jakiegokolwiek modelowania i polega wyłącznie na danych obserwacyjnych, bez zbędnych założeń.

Ewolucja efektu O'Connella jest jednym z niewielu narzędzi całkowicie obiektywnych, co czyni ją bardzo interesującą. Tak jak wykresy O-C, bazując wyłącznie na momentach minimów blasku układów zaćmieniowych, dają informację na temat ich fizyki oraz możliwych trzecich ciał, badanie ewolucji efektu O'Connella dostarcza informacji o aktywności danego układu, a nawet może dowodzić istnienia ewentualnego światła od trzeciego składnika, weryfikując i uzupełniając informację ze standardowych wykresów O-C.

Tutaj prezentuję wstępne wykorzystanie tej metody na układzie kontaktowym KIC 2159783 obserwowanym przez satelitę Kepler. Badany obiekt posiada krzywą blasku o dużej zmienności. Ze względu na krótki okres orbitalny (0.37388 dnia),

obserwacje jednego okresu są bardzo niedopróbkowane. Konieczne okazało się fazowanie krzywej łącząc około 5 następnych okresów ze sobą. W efekcie otrzymana próbka liczyła ponad 340 punktów obserwacyjnych pokrywających ponad trzy lata obserwacji. W każdej krzywej fazowej z osobna zmierzyłem poziom maksimów dopasowując do każdego splot dwóch funkcji Gaussa. Rezultaty badania zebrane są w formie dwóch wykresów na rysunku 1. Wykres górny prezentuje poziomy



Rys. 1. Ewolucja Efektu O'Connella na przykładzie układu KIC 2159783 obserwowanego przez teleskop Kepler. Rysunek górny przedstawia poziomy maskimów blasku układu kontaktowego. Rysunek dolny jest prezentacją wyników badania: zmian względnej wysokości maksimów. Wartości poniżej zera odpowiadają wyższemu maksimum wtórnemu, podczas gdy wartości powyżej zera odpowiadają dominacji maksimum głównego. Na dolnym rysunku naniesiona została parabola prezentująca znaleziony trend, z którego można wyciągnąć wnioski o długoczasowej tendencji zmian aktywności układu albo istnieniu trzeciego ciała, które cyklicznie oświetla raz jedną, raz drugą stronę układu kontaktowego z okresem około 10 lat.

obydwu maksimów oraz średnią wysokość maksimów dla każdej krzywej fazowej. Maksima, zgodnie z przewidywaniami, znajdują się w przeciwfazie, tj. w ogólności gdy jedno wzrasta, drugie opada. Taka tendencja jest oczekiwana podczas rozpatrywania wędrującej po powierzchni gwiazdy plamy. Na wykresie nie ma natomiast żadnej wprost periodyczności. Przyczyny tego można się doszukiwać w fakcie, że plama sama ewoluuje, rośnie, zanika, a zamiast niej pojawia się kolejna plama, możliwe że na zupełnie innej części gwiazdy. Dodatkowo całkiem prawdopodobne jest istnienie wielu plam jednocześnie, które mogą poruszać się z różnymi prędkościami, ale ze wspólną prędkością grupową. Odkładając na bok spekulacje, można stwierdzić z całą pewnością, że układ KIC 2159783 jest bardzo aktywny chromosferycznie, czego przyczyny można dopatrywać się w dużej aktywności magnetycznej całego układu.

Wykres dolny rysunku 1. prezentuje różnicę wysokości maksimów. W przypadku jednej ciemnej plamy wędrującej po gwieździe można by spodziewać się określonych kształtów i charakterystycznych sygnatur. Ich nieobecność na wykresie sugeruje raz jeszcze rozwiązanie z wieloma aktywnie zmieniającymi się plamami. Na tym samym wykresie rzuca się jednak w oczy długoczasowy trend: wartość efektu O'Connella, tj. różnica poziomów maksimów blasku zmienia się mniej lub

bardziej periodycznie, jednak od początku próbki, aż po dzień 55850 BJD maksimum wtórne jest wyraźnie dominujące (znaczy, wykres ma tendencję do układania się poniżej zera). Ta tendencja wydaje się zmieniać powoli pod koniec próbki. Z tego wykresu można odczytać, że jedna strona układu była wyraźnie jaśniejsza od drugiej strony przez ponad dwa lata, pomimo zachodzącego niezależnie efektu O'Connella od plam. Wydaje się, że fenomen dąży do odwrócenia sytuacji, by nastąpiło długoczasowe pojaśnienie drugiej strony układu. Wyjaśnienie tego stanu rzeczy leży w istnieniu trzeciego ciała, które oświetla układ raz z jednej strony, raz z drugiej, orbitując wokół układu, ale nie zaćmiewając żadnego ze składników. Alternatywą dla trzeciego ciała są stałe przepływy gorącej materii wewnątrz wspólnej otoczki układu kontaktowego.

Badanie ewolucji efektu O'Connella układów kontaktowych było zaniedbaną metodą monitorowania tych ciekawych obiektów. Dziś, dzięki istnieniu otwartych przeglądów satelitarnych oraz obserwatoriom orbitalnym, możliwe jest badanie nie tylko położeń ciemnych plam, ale samej aktywności jednej z najliczniejszych układów podwójnych w naszej Galaktyce. W Obserwatorium Astronomicznym UJ prowadzone są dalsze badania mające na celu przeanalizowanie i skatalogowanie jak największej ilości układów kontaktowych pod tym kątem.

Bibliografia

Senavcı H. V, 2011, A&A, 529, 11

***

Jadwiga Donatowicz w dyskotece RAY. (*archiva Astronomii Novej*)

From frozen super earth to habitable earth via microlensing

Jadwiga Donatowicz

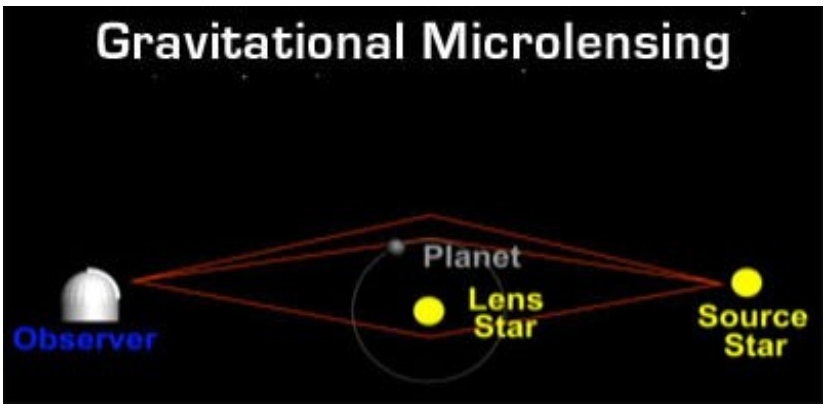
Technical University of Vienna

The discovery of extrasolar planets is arguably the most exciting development in astrophysics during the past 15 years, rivalled only by the discovery of the cosmic acceleration. The unexpected variety of giant exo-planets, some very close to their stars, many with high orbital eccentricity, has sparked a new generation of observers and theorists to address the question of how planets form. Planets are now known to migrate and maybe even be ejected, via planet-disk and planet-planet interactions. We are beginning to discover how our Solar system fits into a broader community of planetary systems, many with very different properties. Microlensing-based searches play a critical role by probing for cool planets with masses down to that of Earth.

Different exoplanet detection methods (radial velocity, stellar transits, direct imaging, pulsar timing, astrometry, and microlensing) are being used simultaneously to probe different types of planets over a wide range of orbital radii, masses and host types. The gravitational microlensing technique, explores a unique niche: cold planets down to small masses orbiting any kind of stars (including stellar remnants), free-floating planets (unbound to a star), and exomoons orbiting planets.

Microlensing planet searches, general background

The number of exoplanets discovered during the last fifteen years is now above 850 (and about 2300 candidates from Kepler with a false positive rate between 10-30 % depending on planet mass and team performing the estimates), with a sharp increase in the last years. These discoveries have already challenged and revolutionised our theories of planet formation and dynamical evolution. Several methods have been used to find exoplanets: radial velocity,



stellar transits, direct imaging, pulsar timing, transit timing, astrometry and gravitational microlensing. Gravitational microlensing is based on Einstein's

theory of general relativity (Gould & Loeb, 1992): a massive object (the lens) will bend the light of a bright background object (the source) for example located in the Galactic Bulge. This can generate multiple distorted, magnified, and brightened images of the background source. When the lens is a star these images are unresolved and the brightness of the background star is amplified. The source's apparent brightness varies as the alignment changes due to relative proper motion of the source with respect to the lens. This light curve is monitored to detect and study the event. Thus, a microlensing event is a transient phenomenon with a typical time scale $t_E = 20\sqrt{(M/M_{\odot})}$ days. If the lens is not a single star (binary star or star with a planet), the companion will distort the gravitational lens creating regions of enhanced magnification (caustics), which introduce anomalies in the light curve, lasting for about a day for a Jupiter mass and less than two hours for an Earth mass planet.

Microlensing is a rare phenomenon (towards the Galactic Bulge the optical depth to microlensing is 10^{-6}). Therefore a two-step approach has been adopted since the 1990s. First, wide field imagers are monitoring a very large number of stars in order to detect real time on going microlensing events and alert them publicly (OGLE and MOA collaborations). The second step is to have a network of telescopes (mainly PLANET, µFUN, RoboNET, Mindstep) doing a follow up of a selected sample of the events with the highest sensitivity to exoplanets. From a network of 4 telescopes in 2002, we now have up to 50 telescopes available on alert, ranging from robotic 2m telescopes to amateur telescopes in a backyard. In some cases, more than 20 telescopes have been collecting scientifically useful data on a given microlensing event. A typical microlensing light curve with a super Earth planet is shown in figure 1. Up to now, 19 exoplanets have been published with this method.

This includes cold Neptunes, cold super Earths, Saturns, Saturn in the Bulge, and multiple planet systems. We also detected Brown dwarfs orbiting M dwarfs and 4 massive Jupiters orbiting M dwarfs that are not predicted by the core accretion theory. On the other hand, gravitational instability can form large planets around M dwarfs, but typically farther out. Planets formed by such mechanism would have to migrate significantly. Although the number of microlensing planets is relatively modest compared with that discovered by the radial velocity method and by Kepler, this technique probes a part of the parameter space (host separation vs. planet mass) which is not accessible currently to other methods as shown in figure 2. The radial velocity and transit method favour the detection of close in and therefore hot planets with a current bias to large/massive planets. More recently it extended to hot super Earths such as GJ1214b, Kepler 10b, hot Earths Kepler 20e and 20f and the first large sample of terrestrial-sized exoplanets Moreover, within the 2000 planetary systems discovered by Kepler, 50 exoplanets are in the stellar habitable zone. Microlensing complements these detections because it is most sensitive to planets beyond the distance where water ice forms (the snow line),

and to masses down to the Earth. Gould et al. (2010) have made the first measurement of the frequency of ice and gas giants beyond the snow line, and have shown that this is about 7 times higher than closer-in systems probed by the Doppler method. This comparison provides strong evidence that most giant planets do not migrate inwards very far. Howard et al. (2011) have presented the first abundances of planets orbiting solar like star within 0.25 AU from Kepler, while Mayor et al. (2011) have measured the abundance of Neptune and super Earth using radial velocities.

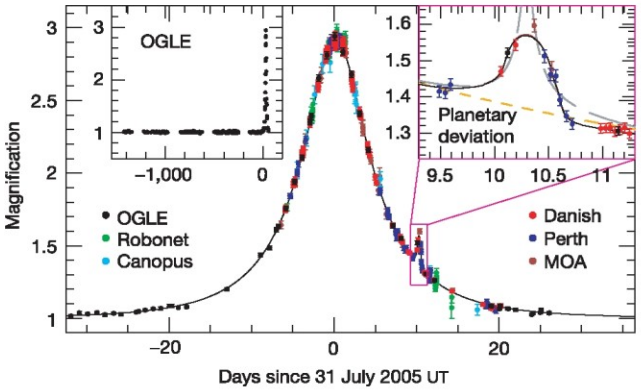


Fig. 1. Light curve of the first frozen super Earth ever detected. The lens star is a 0.22 M_{Sun} Galactic Bulge M dwarf orbited by a ~5.5 M_{Earth} planet at 2.2 AU with a period of 10 years (plotted as solid line). The dashed line is the point source point lens model outside the planetary deviation. (Beaulieu et al.,2006).

These studies show that 17-30 % of solar like stars have planets on short orbits. Cassan et al. (2012) finds that 17^{+6}_{-9} % of stars host Jupiter-mass planets (0.3-10 MJ). Cool Neptunes (10-30 M⊕) and super-Earths (5-10 M⊕), however, are even more common: Their respective abundances per star are 52^{+22}_{-29}% and 62^{+35}_{-37}%. **Planets around stars are the rule, rather than the exception**. The derived mass function is dN /(d log a d log M) = $10^{-0.62\pm0.22}$ $(M/Msat)^{-0.73\pm0.17}$, where N is the average number of planets per star, a the semi-major axis and M the planet mass (figure 3). The pivot point of the power-law mass function is chosen at the mass of Saturn ($Msat = 95 M_{\oplus}$).

Slope appears steeper than results from the Doppler technique and abundances slightly larger. Differences can arise because the Doppler technique focuses mostly on solar-like stars, whereas microlensing a priori probes all types of host stars. Moreover, microlensing planets are located further away from their stars (closer to the locus of formation) and are cooler than Doppler planets (that have been almost certainly affected by migration). Bonfils et al. (2013) just released their statistics on the M dwarf sample monitored by HARPS on orbits between 1-100 days and concluded a high abundance of super Earth, in agreement with the microlensing result (although probing inner orbits).

Microlensing is roughly uniformly sensitive to planets orbiting all types of stars, as well as white dwarfs, neutron stars, and black holes, while other methods are most sensitive to FGK dwarfs and are now extending to M dwarfs. It is therefore an independent and complementary detection method for aiding a comprehensive understanding of the planet formation process. It is currently capable of detecting cool planets of super-Earth mass from the

ground and, with a network of wide field telescopes strategically located around the world, could detect planets with mass as low as the Earth. Exoplanets probed by microlensing are orbiting stars much further away than those probed with other methods, which are sensitive to planets orbiting stars in the Sun neighborhood. They provide an interesting comparison sample with nearby exoplanets, and allow us to study the extrasolar population throughout the Galaxy, in the Disk but also in the Galactic Bulge. In particular, the host stars with exoplanets appear to have higher metallicity. Since the metallicity is on average higher as one goes towards the Galactic Centre, the abundance of exoplanets may well be somewhat higher in microlensing surveys. Ground-based microlensing mostly probes exoplanets outside the snow line, where the favored core-accretion theory of planet formation predicts a larger number of low-mass exoplanets. Since microlensing can instantaneously detect planets without waiting for a full orbital period, it is immediately sensitive to planets with very long periods. Although the probability of detecting a planet decreases for planets with separations larger than the Einstein ring radius, it does not drop to zero.

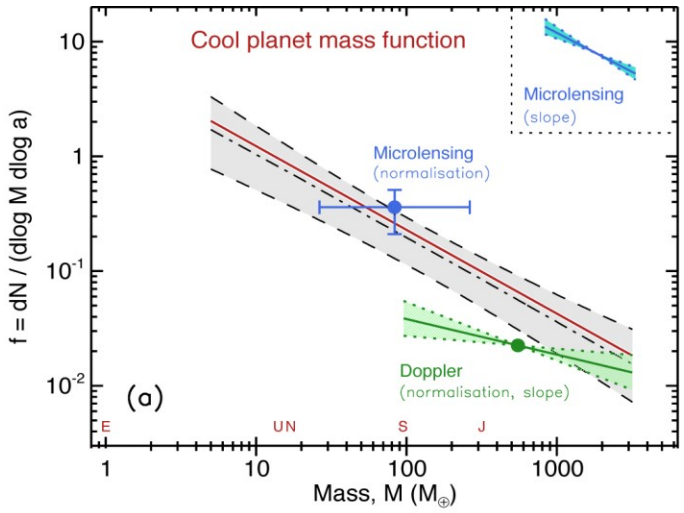


Fig. 2. Cool-planet mass function, for the orbital range 0.5–10 AU as derived by microlensing (Cassan et al. 2012). Red solid line, best fit for this study, based on combining the results from PLANET 2002–07 and previous microlensing estimates for slope (blue line; error light-blue shaded area, s.d.) and normalization (blue point; error bars, s.d.). Grey shaded area, 68% confidence interval around the median (dash-dotted black line). For comparison, the constraint from Doppler measurements (green) is also displayed.

As a consequence, planets on very wide orbits, and free-floating planets (ejected during the formation process or formed as such) are detectable by microlensing. A significant population of free-floating planets is a generic prediction of most planet formation models, particular those that invoke strong dynamical interactions to explain the observed eccentricity distribution of planets. An important population of free-floating Jupiters has also been unveiled and is raising questions about the importance of dynamical interactions after the formation of the planets. In the coming years it is important to check their free-floating nature (not bound to a star), perform mass measurements when possible (thanks to terrestrial parallax), measure their abundance and try to detect the lower mass ones.

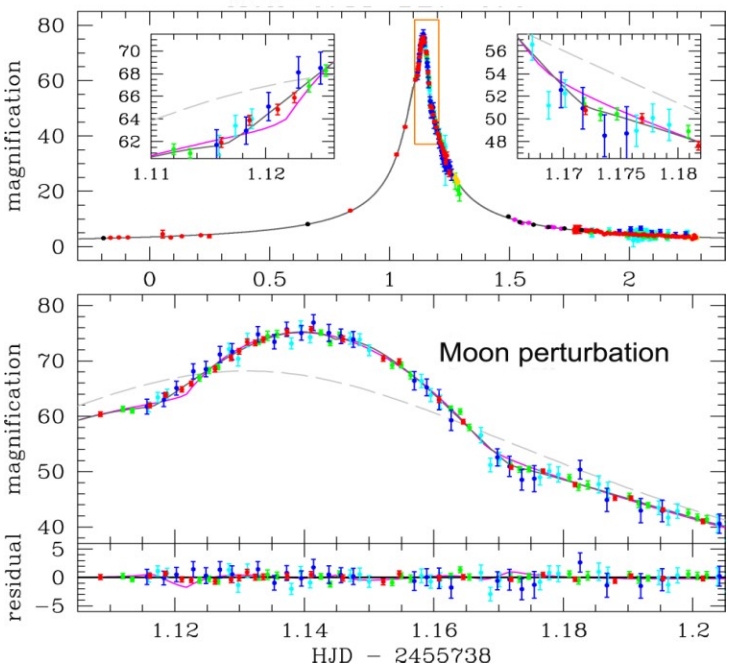


Fig. 3. A 3 Jupiter mass planet orbited by a 1 Earth mass moon, with data from New Zealand (red, green, cyan) and Tasmania (red) with additional data from CTIO I - band (magenta) and OGLE I-band (black). The best model is indicated by the black curve and the magenta curve indicates an alternative planetary model, which almost fits the light curve except for the limb crossings shown in the inserts. This model has a Chi2 larger by DeltaChi2 = 45 when compared to the best model. Using constraints from high angular resolution imaging at KECK (figure 5), we confirm the free-floating nature of the gaseous planet of 3 Jupiter mass orbited by a moon of slightly below 1 Earth mass (Bennett, Batista, Beaulieu et al., Nature to be submitted in February).

Most planets in our Solar System are surrounded by satellites or moons, some of them being also part of a binary system (Pluto and Charon). The population of multiple-planetary systems containing many planets is increasing (e.g. Kepler 11, HD10180, Gliese 581). Although exomoons have not been published yet, various dedicated methods have been proposed for their detection, such as transit light curve, transit timing, direct imaging, microlensing and Doppler spectroscopy. Kepler's high precision has opened the possibility of detecting exomoons and an independent survey using public Kepler data is underway; the **H**unt for **E**xomoons with **K**epler (HEK project, Kipping et al. 2012). Several analyses for exomoon detection have been published but none of them revealed any evidence for moon signature so far. Recent work on MOA 2011-BLG-262 has shown that it is already possible to detect exomoons of terrestrial mass, orbiting free-floating planets or around distant planets from their star (see figure 4 and 5). After this pioneer detection (to be published most likely summer 2013), as part of EARTH-HUNTER, we will do a search for such systems. Microlensing will be probing a slightly different population of exomoons compared with the transit ones, exomoons around free-floating planets or around planets on much wider orbits than the Kepler ones.

The statistics provided by microlensing, combined with those from other methods, will thus enable a critical test of planetary formation models.

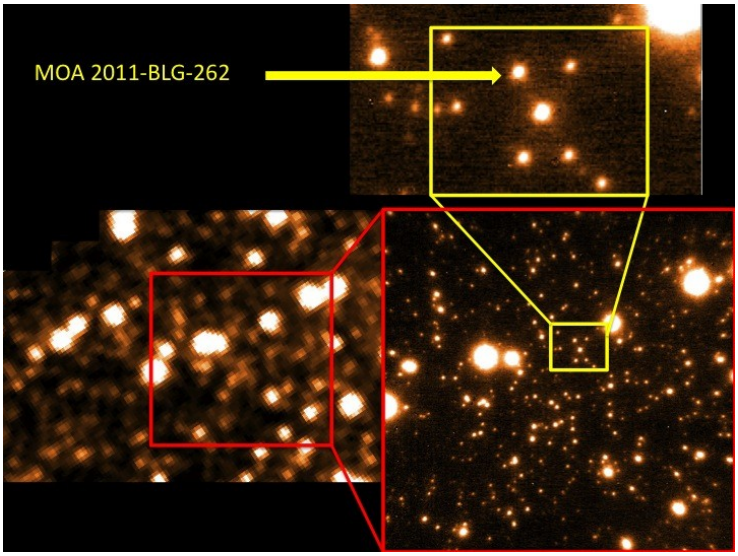


Fig. 4. On the left: K band image taken by the VISTA 4m telescope at ESO as part of the VVV survey. On the right: same target observed by KECK in K-band (stack of 20 frames with exposure time of 30 secs) with a zoom (upper part) of the microlensing source star vicinity. The source star is indicated by the arrow and is separated by 0.51 arcsec from its nearest neighbour. There is no additional flux detected coming from the lens superimposed to the H=18.30±0.07 source star, confirming a non-luminous lens. The nearest star to the lens would be at 1000 AU projected on the sky. Proper motion measurement of these stars in 2 years, and comparison with the fitted value of proper motion, will be able to reject definitively any association.

Microlensing can provide a census of cold planets that matches in sensitivity and extends the parameter space of other large surveys conducted using transits and radial velocities. Astrometry (with GAIA, PRIMA) will allow the detection of massive planets on wide orbits for the coming years, whereas direct detection will probe massive and young stars (SPHERE, PALM-3000, GEMINI planet finder). At the horizon 2020+, a wide field imager in space will obtain a comprehensive census from free-floating small mass telluric planets to frozen Mars and habitable Earth orbiting solar like stars.

Immediate objective and research plan

The scientific potential of microlensing discoveries can be compromised by our limited knowledge of the properties of the host stars. The microlensing light-curve modelling gives the planet-star mass ratio, q and the projected separation, d, in units of the Einstein radius, R_E. For most microlensing events, there is only a single measurable parameter, the Einstein radius crossing time, t_E, to constrain the lens mass, distance, and the relative lens-source proper motion, μ_{rel}. However, most planetary microlensing events have obvious light curve features that reveal effects due to the finite angular size of the source star. This allows the source radius crossing time t_* to be measured. Because the angular radius of the source star, Θ_*, can be determined from its brightness and colour, the measurement of t_* yields the angular Einstein radius,

$\Theta_E = \Theta_* t_E / t_*$. It is also sometimes possible to measure the microlensing parallax effect, which is the effect of the Earth's orbital motion on the microlensing light curve. This yields a measurement of the size of the projected Einstein ring, r_E. The measurement of Θ_E, yields mass-distance relations of the form $M_L = 0.98 M_\odot (\frac{\Theta_E}{1_{mas}})^2 \frac{D_L}{8\ kpc} \frac{D_L}{D_S - D_L}$ while the parallax equation give an additional constraint of the same form. D_L is the unknown lens distance of mass M_L, and D_S is the (approximately) known source distance. The lens mass is measured when both Θ_E, or r_E are measured, as was done in the case of the first 2-planets microlensing event .

If only Θ_E or r_E are measured, we are left with a mass-distance relation. Without high angular resolution data, we are usually left with one variable unconstrained.

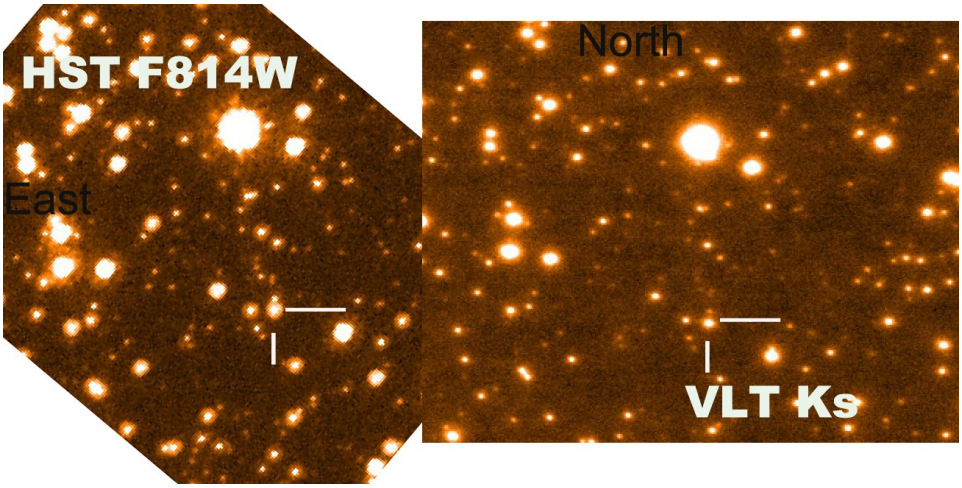


Fig. 5. HST and VLT images of the microlensing source star MOA 2007-BLG-192. The shown field is about 5 arcsec wide. Bennett et al. 2008 gave the first modelling of the system, Kubas et al. 2012 presented the VLT NACO data that allow to pin down the parameter of the lensing system to a 0.08Mo M dwarf orbited by a ~3.2 Earth mass planet. Recent HST observations (see also Figure 6), confirms the analysis of Kubas et al. 2012, and indicates that with the second epoch of HST we should be able to pin down the mass of the planet to 10 %. This work will be carried out as part of the DIM ACAV.

However, in most cases it is possible to detect and study (or to put upper limits on) the host (lens) stars with adaptive observations at VLT, KECK and SUBARU (in JHK) and also HST observations in (F555W, F814W).

High angular resolution allows us to resolve the source stars from their unrelated neighbours, but the images of the source and lens stars will generally be blended together. At the time of the microlensing event, the lens star is generally less than $\approx 1\ mas$ away from the source. The modelled microlensing light curves provide the I and H-brightness of the source star, so it is usually possible to determine the H-band brightness of the host star (lens) by subtracting the source flux from the different band measurements of the combined lens+source flux. Formally, this can be combined with microlensing

equations and a VIJHK mass-luminosity relation to yield a unique solution for the host star mass.

We have obtained high angular resolution at VLT, KECK, SUBARU and HST for 15 microlensing planets to date, 11 of them in 2012. We will get a second epoch of HST observation in 8 months for 4 targets and have accepted programs on KECK and SUBARU in 2013. Figure 5 is showing (unpublished) HST and (published) VLT data for the target MOA 2007-BLG-192. Figure 6 is presenting the preliminary HST colour-magnitude diagram for one target. The current parameters of the system are a lens star of $0.084^{+0.015}_{-0.012}$ *Mo* orbited by a $3.2^{+5.2}_{-1.8} M_{\oplus}$ mass planet at $0.66^{+0.51}_{-0.22}$ AU (Kubas et al., 2012). With the HST observation we obtained, it will be possible to constrain to 10 % the parameters of the system.

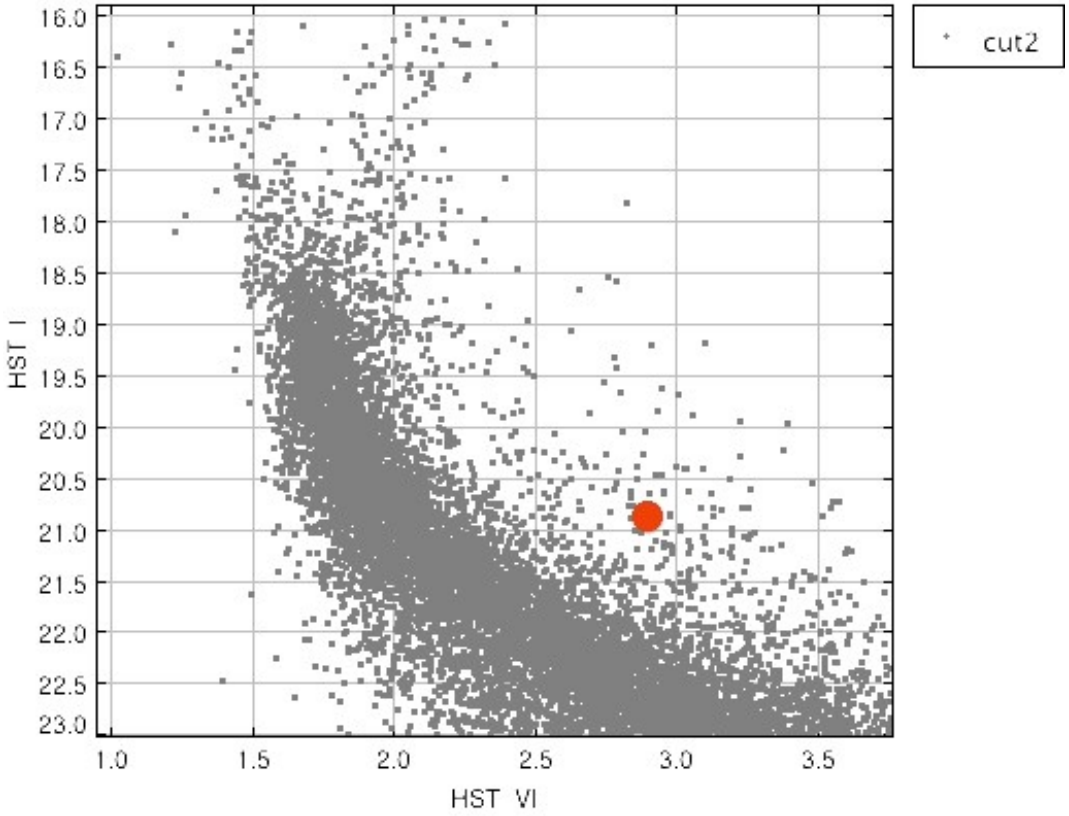


Fig. 6. HST V-I, I colour magnitude diagram of the field around MOA 2007-BLG-192. The red dot shows the source+lens magnitude.

The other key system to be studied is an Earth mass exomoon orbiting a Jupiter mass planet. A first analysis will be submitted soon to Nature, but complementary observations will give us more insight in this system.

Another target will concern the population of massive Jupiters orbiting M dwarfs, in contradiction with core accretion theory prediction. Accurate mass measurements performed thanks to these high angular resolution observations are a very important step to unveil this new population of extrasolar planet.

Census on exoplanets, free floating planets and exomoons

Performing high angular resolution observations with VLT, KECK, SUBARU and HST will allow to refine the parameters of planetary system detected by microlensing. Clearly we are now at a turning point to reach the following science objectives:

1. Measure the frequency of giant planets beyond the snow line as a function of 3 variables: planet mass Mp, host mass M_*, planet-host separation a,
2. Measure the frequency of Earth-mass planets beyond the snow line,
3. Measure the frequency of multi-giant-planet systems,
4. Measure the frequency of free-floating (i.e., ejected) planets,
5. First detections of exomoons.

We can comment on these different points:

1. In practice, this means measuring a 4-parameter power law

$$d^3 N/(d \log Mp \, d \log M_* \, d \log s) = A \, Mp^{\alpha} \, M_*^{\beta} \, a^{\gamma}$$

At present, only the parameters "A" and α are measured (Gould et al. 2010, Sumi et al. 2011, Cassan et al. 2012). Only by measuring all 4 parameters (A, α ,β ,γ) will it be possible to make a detailed complementary comparison with planets detected by Doppler and transit method much closer in. The increased number of detections should also allow to compute the planetary mass function at different masses and orbits, eg. at super-Earths, Neptune, and Jupiters masses, thus probing the fine structure of the planetary mass function.
2. The constraint on the planetary mass function for Earth-mass planets will allow the first direct comparison of Earth-mass planets outside the snow line with the analogous number for Earth-mass planets far inside the snow line that are being found from Kepler. The first step in this objective will be a single number (planets per dex of separation per dex of mass ratio), similar to what published for giants by Gould et al. (2010).
3. A first estimate already exists, but it is based on a single 2-planet system (Gould et al. 2010). The goal will be to put this measurement on a secure statistical footing by finding several such multiple systems. Note that one has been discovered in 2012 (Han et al. 2012 submitted, Beaulieu et al. 2013 in prep).
4. A first estimate has been done by Sumi et al. (2011). Jupiter-mass free floaters seem abundant and we can detect lower mass free floating planets.
5. We have a first candidate exomoon, an Earth mass object orbiting a gaseous planet (fig. 4 and 5).

Over the last 10 years, the individual competitive microlensing planet-hunting teams PLANET, μFUN, OGLE and MOA, evolved into a worldwide combined network of telescopes performing coordinated observations and sharing data including feedback from nearly real time modelling. The last

four-year phase has been particularly successful with the detection of about 45 planets (including 22 in 2012), most of them being undetectable by any other current method. We have been the first to show that having a planet is the rule for stars in our Galaxy.

The next new phase is to make the transition to a worldwide network of wide field imagers with new science objectives (the first census of cold telluric planets, free floating planets and exomoons) and to be prepared for the programs on board EUCLID (and also WFIRST) by securing the preliminary ground-based studies (probing lines of sight, estimating planet catch rates, developing image subtraction pipelines and modelling software).
This science will play a foundational role in the worldwide consortium that will keep space-based microlensing at the leading edge of discovery through at least 2020.

References

Alard C. & Lupton R.L., 1998, ApJ, 503, 325
Albrow, M. D. et al., 2009, MNRAS, 397, 209
Bachelet E. et al., 2012, A&A, 547, A55
Bachelet E. et al., 2012, ApJ, 754, 73
Batista V. et al., 2009, A&A, 508, 467
Batista V. et al., 2011, A&A, 529, 102
Bennett D.P. et al., 2010, ApJ Lett., 713, 837
Bennett, D. et al., 2008, ApJ, 684, 663
Bertin E. & Arnouts S., 1996, A&AS, 117, 393
Bozza V. et al., 2012, MNRAS, 424, 902
Barry, R.K. et al., 2011, Proc. SPIE, 8151, 81510
Beaulieu J.P. et al., 2006, Nature, 439, 437
Beaulieu J.P. et al., 2007, ESO Messenger, 123, 33
Beaulieu J.P. et al., 2008, ESA White paper, arXiv0808.0005B
Beaulieu J.P. et al., 2010, ASP Conf Ser., 266
Bennett D.P. et al., 2010, arXiv1012.4486B
Cassan A. et al., 2012, Nature, 481, 16
Choi J.-Y. et al., 2012, ApJ, 756, 48
Choi J.-Y. et al., 2012, ApJ, 751, 41
Donatowicz J. et al., 2008, ASP Conf Ser., 398, 499
Dong S. et al., 2009, ApJ, 695, 970
Fouqué P. et al., 2010, A&A, 518, A51
Gaudi B.S. et al., 2008, Science, 319, 927
Gaudi B.S. et al., 2009, in Astro2010: Decadal Survey, Science White Papers, no. 85
Gould A. et al., 2009, ApJ Lett., 698, L147
Gould A. et al., 2010, ApJ, 720, 1073

Han C. et al., 2009, ApJ, 705, 1116
Hwang, K.-H. et al., 2010, ApJ, 723, 797
Janczak, J. et al., 2010, ApJ, 711, 731
Juric & Tremaine, 2008, ApJ, 686, 603
Kains N. et al., 2009, MNRAS, 395, 787
Kains N. et al., 2012, MNRAS, 426, 2228
Kubas D. et al., 2012, A&A, 540, A78
Kubas D. et al., 2008, A&A, 483, 317
Laureijs R. et al., 2011, arXiv1110.3193L
Miyake N. et al., 2011, ApJ, 728, 120
Miyake N. et al., 2012, ApJ, 752, 82
Muraki Y. et al., 2011, ApJ, 741, 22
Nataf D.M. et al., 2010, ApJ Lett., 721, L28
Refregier A. et al., 2007, DUNE, ESA proposal
Ryu Y.H. et al., 2010, ApJ, 723, 81
Shin I.-G. et al., 2012, ApJ, 746, 127
Shin I.-G. et al., 2012, ApJ, 755, 91
Shin I.J. et al., 2011, ApJ, 735, 85
Skowron, J. et al., 2011, ApJ, 738, 87
Tsapras Y. et al., 2009, Astron. Notes, 330, 4
Yee J. et al., 2009, ApJ, 703, 2082
Zub M. et al., 2011, A&A, 525, A15

Agnieszka Dymarek i Bogdan Wszołek (*archiva Astronomii Novej*)

Absorpcja międzygwiazdowa w kierunku ε Per

Agnieszka Dymarek i Bogdan Wszołek
Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
bogdan@ajd.czest.pl

Wstęp

Obserwowany Wszechświat zawiera oprócz obiektów zwartych również rozproszoną materię międzygwiazdową i międzygalaktyczną. Ta materia rozproszona ma tendencję formować się w obłoki, najczęściej o bardzo wydłużonych kształtach. Pod wpływem sił grawitacji, wspomaganych przez siły elektromagnetyczne, na przestrzeni długich odstępów czasu z obłoków tworzą się obiekty zwarte. Obiekty te ewoluują, a zawarta w nich materia ulega transformacji w rozlicznych reakcjach jądrowych i chemicznych. Często obiekty zwarte, np. gwiazdy supernowe, wyrzucają z powrotem materię w przestrzeń międzygwiazdową lub międzygalaktyczną.

Rozpoczęte ponad 200 lat temu badania materii rozproszonej w przestrzeni międzygwiazdowej naszej Galaktyki nabierają szczególnego rozpędu na przestrzeni ostatnich dekad w związku z wypracowaniem bardzo skutecznych technik obserwacyjnych i obliczeniowych. Materię międzygwiazdową obserwuje się dzisiaj we wszystkich zakresach widma elektromagnetycznego. Dzięki tym obserwacjom wiemy, że w niezmiernie rozrzedzonym środowisku międzygwiazdowym koegzystują gorąca plazma, o temperaturze rzędu 10^6 K, gaz zjonizowany i neutralny o znacznie niższych temperaturach, a także zimny pył – o temperaturach w zakresie od kilku do kilkudziesięciu K. Taka mieszanina plazmy, gazu i pyłu, znajduje się w stanie bardzo odległym od równowagi termodynamicznej. Średnia gęstość ośrodka międzygwiazdowego naszej Galaktyki to ledwie 2 atomy wodoru na 1 cm^3. Ziarna pyłu rezydujące z dala od gwiazd są wystudzone do około 10 K. O ich obecności dowiadujemy się głównie w oparciu o badania ekstynkcji w zakresie optycznym i ultrafioletowym oraz z satelitarnych obserwacji w podczerwieni (Brosch i in. 1999). Pył, choć wnosi zaledwie około 1% masy całej materii międzygwiazdowej, zasługuje na bardzo wnikliwe obserwacje. Powodując ekstynkcję (osłabienie, zmiana charakterystyki widmowej) światła gwiazd zmniejsza przezroczystość przestrzeni i sprawia, że wielu obiektów nie jesteśmy w stanie zaobserwować w zakresie widzialnym. Jeśli nie znamy ilości ekstynkcji po drodze do obserwowanego obiektu, nie jesteśmy w stanie określić jego odległości. Skądinąd, porowate ziarna pyłu okazują się być katalizatorami reakcji chemicznych. Prawie wszystkie międzygwiazdowe cząsteczki H_2 powstają z wodoru atomowego na ziarnach pyłu, a dopiero potem się odłączają i w fazie gazowej poszukują cięższych atomów do wejścia z nimi w reakcje chemiczne.

Najwięcej informacji o materii międzygwiazdowej wnoszą obserwacje spektroskopowe, które już od ponad stu lat dostarczają wiedzy o składzie materii rozproszonej w Galaktyce. W optycznych widmach gwiazd przysłanianych przez skupiska materii międzygwiazdowej zauważono, oprócz linii gwiazdowych, wiele linii absorpcyjnych powstałych w wyniku oddziaływania światła z materią międzygwiazdową. Znaleziono tak międzygwiazdowe atomy litu, sodu, wapnia, potasu, żelaza i manganu, a także dwuatomowe cząsteczki CH, CH^+, CN i C_2. Nadto, znaleziono setki linii międzygwiazdowych, a raczej pasm, o nieznanym nośniku. Są to tzw. międzygwiazdowe pasma rozmyte (MPR). Pierwsze z nich, w pobliżu 5780 i 5797 Å, odkryto już w 1921 roku (Heger 1922). Spektrografy podpięte do teleskopów kosmicznych, działające w zakresie optycznym i w ultrafiolecie, wykryły występowanie w materii międzygwiazdowej prawie wszystkich trwałych pierwiastków układu okresowego i wiele cząsteczek 2-atomowych (Fulara 2000). W zakresie radiowym zarejestrowano i zidentyfikowano linie emisyjne wielu cząsteczek międzygwiazdowych. Są wśród nich: tlenek węgla, woda, amoniak, etanol, kwas octowy, a nawet proste aminokwasy.

Choć wiedza o ośrodku międzygwiazdowym została znacznie poszerzona to wielu astrofizyków i astrochemików nurtuje najdłużej nierozwiązana zagadka spektroskopii, jaką jest pochodzenie MPR. Pierwsze wzmianki o MPR jawią się w literaturze naukowej na początku lat dwudziestych XX wieku (Heger 1922). Te struktury absorpcyjne, najlepiej widoczne w widmach poczerwienionych gwiazd wczesnych typów widmowych, często mają szerokości połówkowe wyraźnie przewyższające szerokości linii atomowych i wibronowych prostych cząsteczek obserwowanych w ośrodku międzygwiazdowym i dlatego nazwano je pasmami rozmytymi. Linie rozmyte od chwili ich odkrycia stały się przedmiotem interdyscyplinarnych zainteresowań astrofizyków, astrochemików, a także astrobiologów. Podsumowaniem pierwszego etapu obserwacji tych struktur była praca Herbiga z 1975 roku, w której opisał on istnienie 39 struktur pochodzenia międzygwiazdowego widocznych w widmach optycznych mocno poczerwienionych gwiazd. Udoskonalenie metod obserwacyjnych w ostatnich latach zaowocowało odkryciem kilkuset dalszych MPR w zakresie widzialnym i w podczerwieni (Herbig 1995, Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009, Bondar 2012), jednakże żadna z tych struktur nie została do tej pory zidentyfikowana. Przy dużym morfologicznym zróżnicowaniu MPR wiele wskazuje na to, że istnieje wiele nośników tych struktur (Wszołek i Godłowski 2003), przy czym każdy nośnik to najprawdopodobniej jakaś cząsteczka organiczna o bardzo dużej ilości atomów.

Ośrodek międzygwiazdowy zawiera przede wszystkim materię będącą pozostałością po wybuchach gwiazd wcześniejszych generacji, stąd bogatą w pierwiastki i molekuły. Z tej materii rodzą się nowe gwiazdy wraz z układami planet. W gwiazdach cząsteczki ulegają destrukcji wobec panujących tam bardzo wysokich temperatur. W zagęszczających się dyskach planetar-

nych nasila się produkcja nowych i coraz bardziej skomplikowanych molekuł. Ostateczny skład chemiczny powstających planet zależy od składu pierwiastkowego i chemicznego materii międzygwiazdowej, a także od ilości i rodzaju pyłu wzbogacającego tę materię. Materia wypełniająca przestrzeń międzygwiazdową jest bardzo zróżnicowana pod względem gęstości, temperatury, stopnia jonizacji gazu, składu cząsteczkowego i atomowego oraz względnej zawartości pyłu. Dla zrozumienia ewolucji planetarnej, czasem prowadzącej do powstania życia, a czasem nie, należy badać własności materii międzygwiazdowej w stanie wyjściowym, znacznie poprzedzającym procesy planetotwórcze.

Niniejsza praca wrysowuje się w tego rodzaju badania. Jej celem jest dokonanie analizy spektroskopowej materii międzygwiazdowej w kierunku słabo poczerwienionej gwiazdy ε Per (HD24760). Analiza będzie obejmować odnalezienie wszystkich międzygwiazdowych struktur absorpcyjnych oraz na ustaleniu położeń tych struktur w widmie gwiazdy i po sprowadzeniu do układu spoczynkowego. Nadto, dla znalezionych struktur zostanie dokonany pomiar ich szerokości równoważnych i głębokości.

Dane obserwacyjne

W pracy wykorzystano oryginalne obserwacje spektroskopowe dwóch gwiazd - ε Per oraz β Tau (Tab.1). Obserwacji dokonano w nocy 13/14 marca 2010 roku we francuskim Obserwatorium Pic du Midi przy użyciu 2-metrowego Teleskopu Bernarda Lyota współpracującego z nowoczesnym spektropolarymetrem NARVAL. Jest on bliźniaczym instrumentem dla ESPaDOnS, opisanym w pracy Donatiego i in. (2006).

Spektrometr typu *echelle* dostarczył widm składających się z czterdziestu rządków i łącznie obejmujących zakres 3695 – 10390 Å. Rozdzielczość widm R wynosi około 65000. Ich stosunek sygnału do szumu (S/N) przekracza 1000. Zasadnicza redukcja widm, obejmująca m. in. kalibrację w długości fali oraz zgrubną normalizację poziomu kontinuum, została przeprowadzona automatycznie podczas obserwacji z użyciem oprogramowania Libre-ESpRIT teleskopu (Donati i in. 1997). Dalszej redukcji, sprowadzającej widma do postaci wygodnej dla przeprowadzania analiz, dokonano w Instytucie Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie z użyciem własnego oprogramowania. W jej rezultacie widma przyjęły formę dwóch kolumn liczb, zawierających długość fali w angstremach oraz znormalizowane natężenie. W sumie osiemdziesiąt plików ASCII, po czterdzieści dla każdej gwiazdy, stanowiło materiał wyjściowy dla niniejszej pracy.

Jak wynika z danych zawartych w Tabeli 1, gwiazda robocza HD24760 jest przysłaniana przez obłoki materii międzygwiazdowej, które wnoszą małe poczerwienienie, wyrażone nadwyżką barwy E(B-V) = 0.1. Gwiazda

HD35497 służy w tej pracy dla celów porównawczych i praktycznie nie jest poczerwieniona.

Tabela 1. Podstawowe parametry gwiazd, których widma wykorzystywano w pracy. W kolumnach podano kolejno: numer katalogowy gwiazdy, nazwa gwiazdy, typ widmowy wraz z klasą jasności, jasność gwiazdy w zakresie wizualnym, poczerwienienie gwiazdy, odległość i parametr AM (ang. air mass) określający masę powietrza atmosferycznego po drodze do gwiazdy (dla gwiazd w zenicie AM=1).

Nr HD	Nazwa	Sp/L	m_v	E(B-V)	R [ps]	AM
24760	ε Per	B0.5 V/A2 V	2.88/3.9	0.1	166	1.27
35497	β Tau	B7 III	1.68	0.0	40	1.09

Opracowanie obserwacji

Na wstępnym etapie pracy ustalono w oparciu o dostępną literaturę (Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009, Bondar 2012) położenia wszystkich rozpoznanych do tej pory struktur międzygwiazdowych w zakresie fal, jaki obejmują analizowane widma. Dla kierunku HD24760, ze względu na małe poczerwienienie gwiazdy, nie należało się spodziewać wielkiej ilości linii międzygwiazdowych. Te, które daje się zaobserwować są bardzo słabe w porównaniu z ich odpowiednikami w widmach gwiazd bardziej poczerwienionych. Wszystko to oznacza, że trzeba zachować maksymalne rygory podczas przeglądu widm, jeśli chcemy dokonać pełnej analizy spektroskopowej materii międzygwiazdowej na kierunku badanej gwiazdy. W szczególności należy dobrze określić przesunięcie struktur międzygwiazdowych w widmie badanej gwiazdy, jako że prześwietlany obłok międzygwiazdowy porusza się z jakąś prędkością względem obserwatora i efekt Dopplera powoduje przesunięcie linii widmowych względem ich laboratoryjnych odpowiedników.

Na wstępie, dla ustalenia przesunięć profili międzygwiazdowych w widmie gwiazdy w stosunku do ich położeń w układzie spoczynkowym, wybrano cztery (więcej nie było) względnie silne i wąskie linie międzygwiazdowe (Tab. 2) o dobrze znanych położeniach laboratoryjnych i dokładnie pomierzono centra ich profili w widmie ε Per. W oparciu o pomiary policzono dopplerowskie przesunięcie tych linii wyrażone parametrem *z*, danym wzorem: $z=\Delta\lambda/\lambda$, gdzie $\Delta\lambda$ wyraża różnicę pomiędzy długością fali mierzoną w widmie gwiazdy i w laboratorium (układzie spoczynkowym). λ wyraża długość fali struktury w widmie gwiazdy. Jako średnią wartość parametru *z* otrzymano $z_{śr}$ = 0.0000284. W praktyce oznacza to, że w początkowych rządkach widma struktury międzygwiazdowe są przesunięte o ponad 0.1, a w rządkach końcowych o około 0.2 Å, ku falom dłuższym. Linia jonu wapnia była w widmie badanej gwiazdy rozszczepiona na dwie składowe o różnej głębokości. Dla obliczeń $z_{śr}$ wykorzystano położenia silniejszych składowych.

Literaturowe listy struktur międzygwiazdowych oraz policzone średnie przesunięcie międzygwiazdowych linii widmowych dla gwiazdy HD 24760,

w stosunku do laboratoryjnych położeń ich odpowiedników, pozwoliły przystąpić do właściwej analizy, zmierzającej do odnalezienia międzygwiazdowych linii absorpcyjnych w widmie badanej gwiazdy.

Tabela 2. Międzygwiazdowe linie atomowe w widmie gwiazdy εPer wybrane na potrzeby ustalenia położeń spoczynkowych linii (Tab. 3). W kolumnach po nazwie nośnika podano laboratoryjne położenie linii, położenie linii w widmie εPer oraz miarę (*z*) przesunięcia linii widmowych.

Nazwa	λ_0 [Å]	λ (ε Per) [Å]	z
Ca II	3933.663	3933.779/3933.907	0.0000295/0.0000620
Ca II	3968.468	3968.596/3968.721	0.0000322/0.0000637
Na I D2	5889.9512	5890.102	0.0000256
Na I D1	5895.9243	5896.079	0.0000262

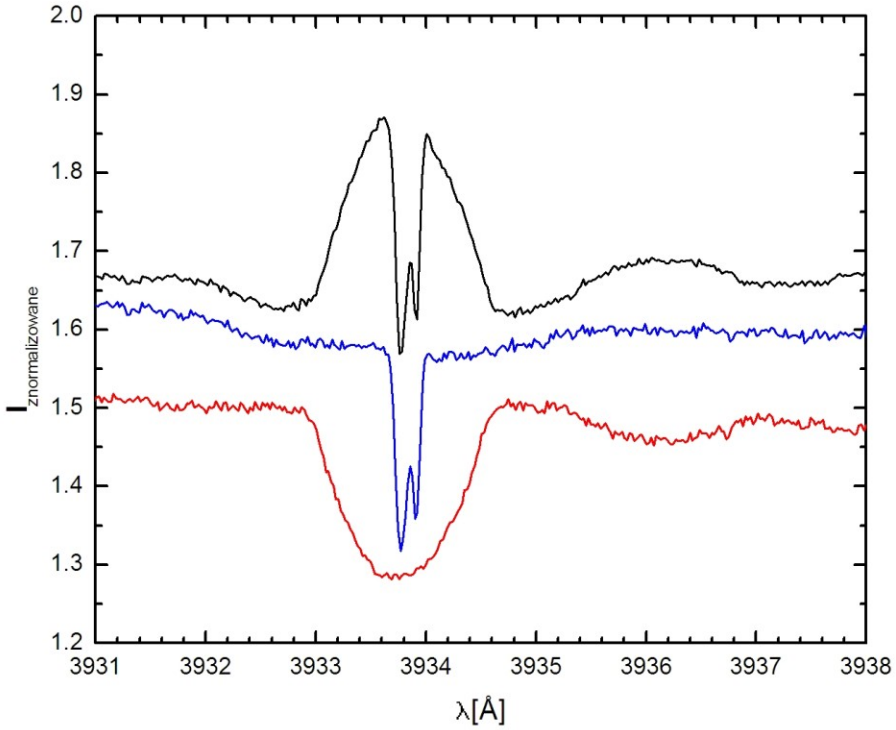
Analizy dokonano z pomocą programu DECH (Galazutdinov 2013), specjalnie dedykowanego analizom spektroskopowym. Dla usunięcia linii tellurycznych podzielono widmo badanej gwiazdy przez widmo gwiazdy porównania. Przedtem przesunięto wzdłuż osi λ widmo porównawcze tak, żeby linie telluryczne (a także „prążki" instrumentalne) w obu widmach idealnie się pokrywały. Parametr *z* opisujący to przesunięcie został wyznaczony i wynosił 0.00001016. Operacja dzielenia poprawiała warunki detekcji słabych struktur oraz podnosiła precyzję pomiarów parametrów linii.

Ogląd odpowiednio zestawionych spektrogramów gwiazdy badanej i porównawczej pozwalała odnaleźć wszystkie widoczne struktury międzygwiazdowe, tj. takie, które są obecne w widmie gwiazdy poczerwienionej i nie ma ich w gwieździe porównania. Dla ścisłości trzeba zauważyć, że sam fakt istnienia struktury w widmie gwiazdy badanej i jej brak w widmie gwiazdy porównania nie przesądza jednoznacznie o jej międzygwiazdowej naturze. W pracy nie przeprowadzono testu na międzygwiazdowość znajdowanych struktur z braku odpowiednich do tego celu obserwacji. Posłużono się natomiast wspomnianą bogatą listą linii odniesienia, których międzygwiazdowość została wcześniej autorytatywnie potwierdzona przez innych badaczy. Jeśli zatem na rysunku znaleziono strukturę wyglądającą na międzygwiazdową i jednocześnie odnaleziono ją na liście, traktowano ją jako międzygwiazdową i przeprowadzono dla niej pomiary. Wyniki tych pomiarów zawiera Tabela 3. W drugiej kolumnie tabeli podano, policzone w oparciu o wartość średnią parametru *z*, położenia znalezionych struktur w układzie spoczynkowym. Skorzystano ze wzoru: $\lambda_0 = \lambda - \Delta\lambda = (1-z_{śr})\,\lambda(\varepsilon\ \mathrm{Per})$.

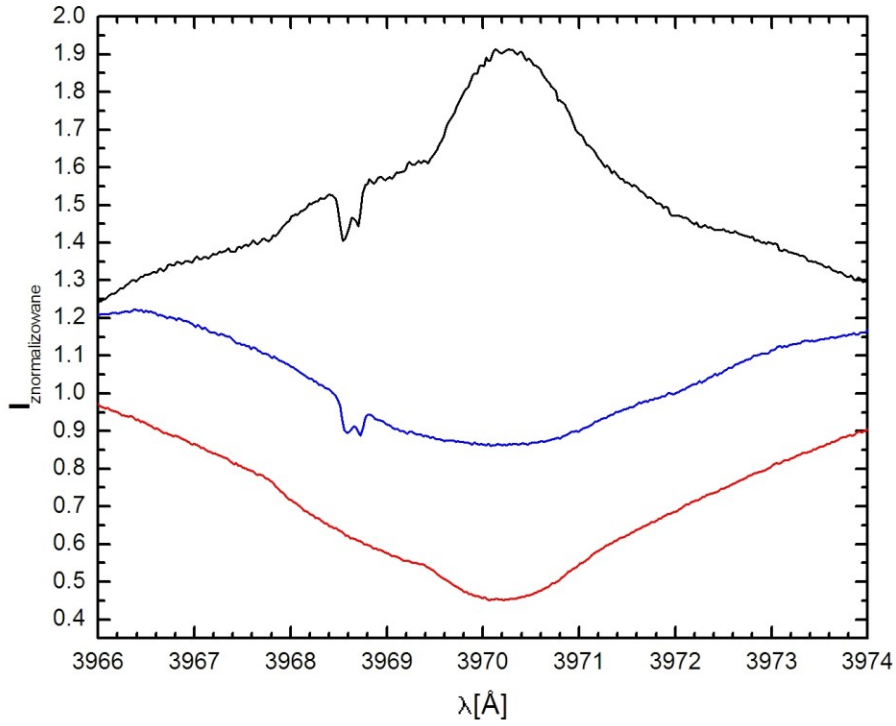
Tabela 3. Międzygwiazdowe linie absorpcyjne znalezione w widmie gwiazdy HD24760. W kolumnie pierwszej podano w angstremach (Å) mierzone położenia centralne profili przed sprowadzeniem do układu spoczynkowego wraz z identyfikacją. Kolumna druga zawiera położenia struktur sprowadzone do układu spoczynkowego przy wykorzystaniu $z_{śr}$ = 0.0000284, obliczonego w oparciu o dane zawarte w tabeli 2. W trzeciej kolumnie podano pomierzoną przybliżoną szerokość równoważną struktury w (mÅ), a w kolumnie czwartej przybliżoną głębokość profili linii w promilach poziomu continuum.

λ (εPer)[Å]	λ_0 [Å]	EW[mÅ]	D [‰]
3933.84 Ca II	3933.73	32	162
3968.56 Ca II	3968.45	16.3	84
4300.44 CH	4300.32	0.6	5
5780.61 MPR	5780.45	58.4	25
5797.12 MPR	5796.95	10.5	14
5849.88 MPR	5849.71	5.4	6
5890.10 Na I	5889.93	124.1	815
5896.08 Na I	5895.91	93.7	645
6089.99 MPR	6089.82	3.9	6
6140.17 MPR	6140.00	1.6	4
6194.80 MPR	6194.62	1.2	4
6196.07 MPR	6195.89	7.4	19
6203.28 MPR	6203.10	47.3	15
6234.11 MPR	6233.93	1.5	3
6269.81 MPR	6269.63	16.2	13
6284.11 MPR	6283.93	229.3	55
6375.97 MPR	6375.79	0.8	4
6379.42 MPR	6379.24	8.8	16
6425.85 MPR	6425.67	2	5
6445.44 MPR	6445.26	9.2	11
6597.57 MPR	6597.38	5.8	12
6613.75 MPR	6613.56	25.6	24
6660.80 MPR	6660.61	6.1	10
7224.18 MPR	7223.97	31.3	33
7832.97 MPR	7832.75	5.1	8

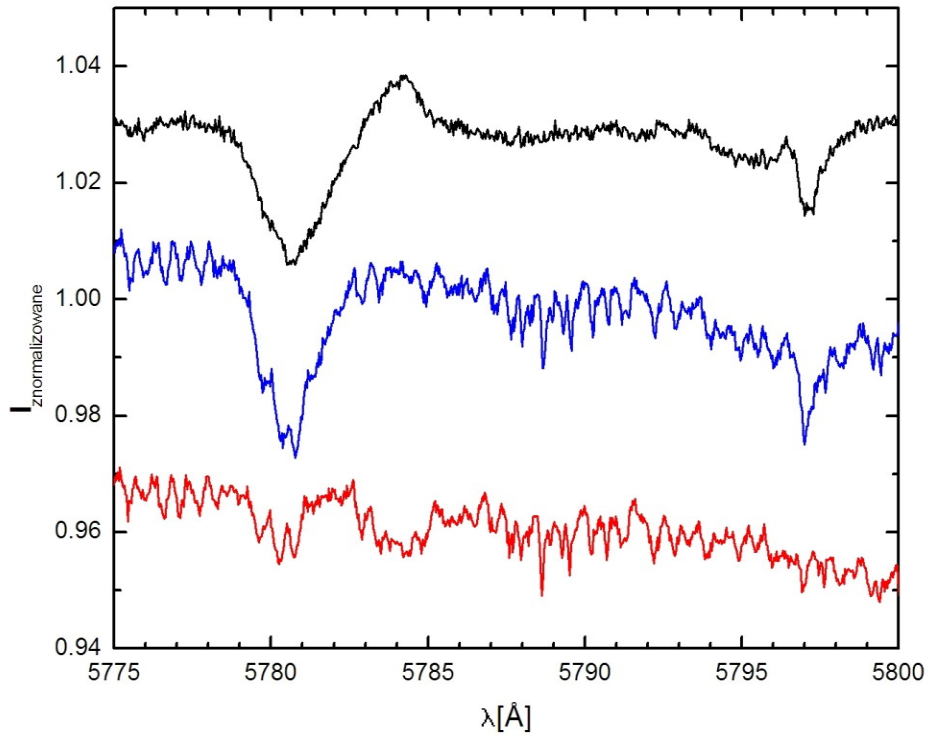
Na rysunkach 1 - 10 przedstawiono fragmenty widma obejmujące znalezione (Tab. 3) wyraźniejsze struktury międzygwiazdowe w kierunku ε Per. Na wszystkich rysunkach widma są uporządkowane w taki sam sposób. Idąc z góry do dołu mamy kolejno widma: wynik podzielenia HD24760/HD35497 (czarny kolor), HD24760 (niebieski) oraz HD35497 (czerwony).



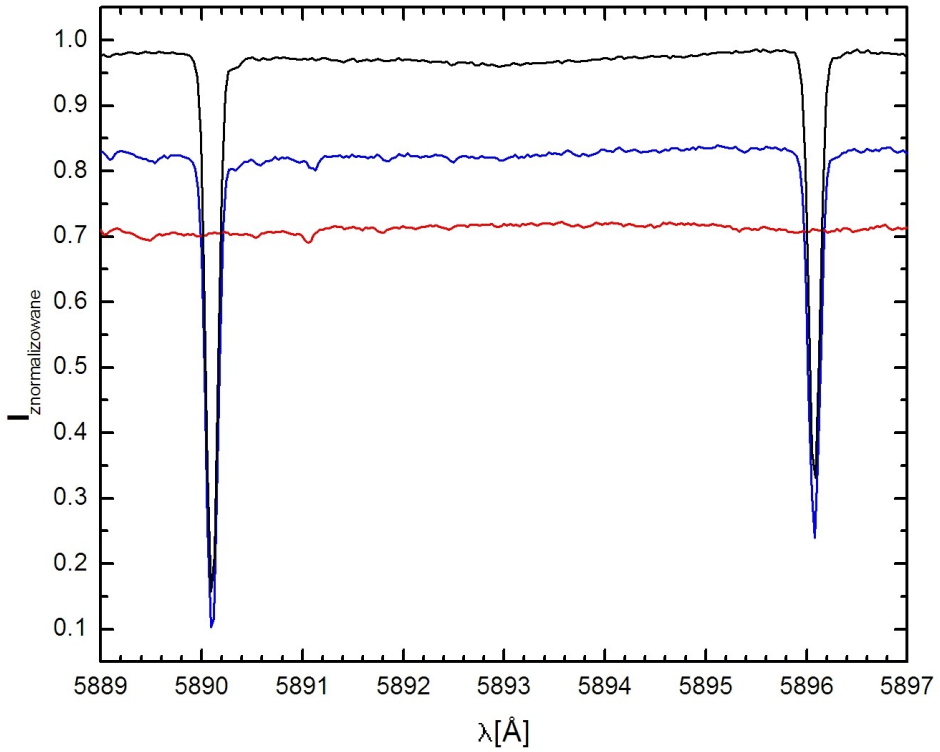
Rys. 1. Fragment widma obejmujący linię Ca II (λ_0=3933.73 Å). Profil eksponowanej linii, która wypadła akurat w obrębie gwiazdowej linii gwiazdy porównania, jest wyraźnie rozszczepiony na dwie składowe.



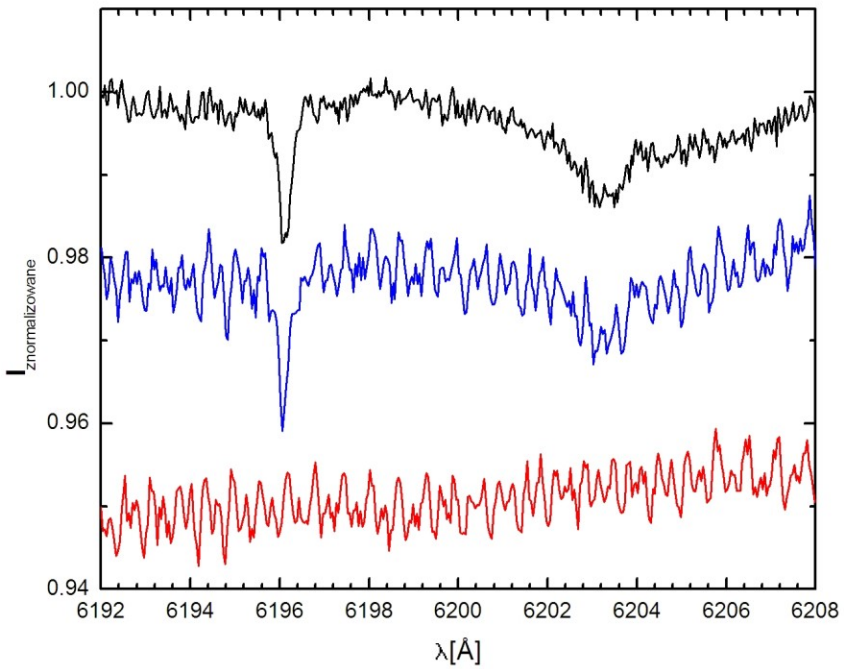
Rys. 2. Fragment widma obejmujący linię Ca II (λ_0=3968.45Å). Podobnie jak linia z rysunku 1, eksponowana tu linia też jest silna i ma dwie składowe.



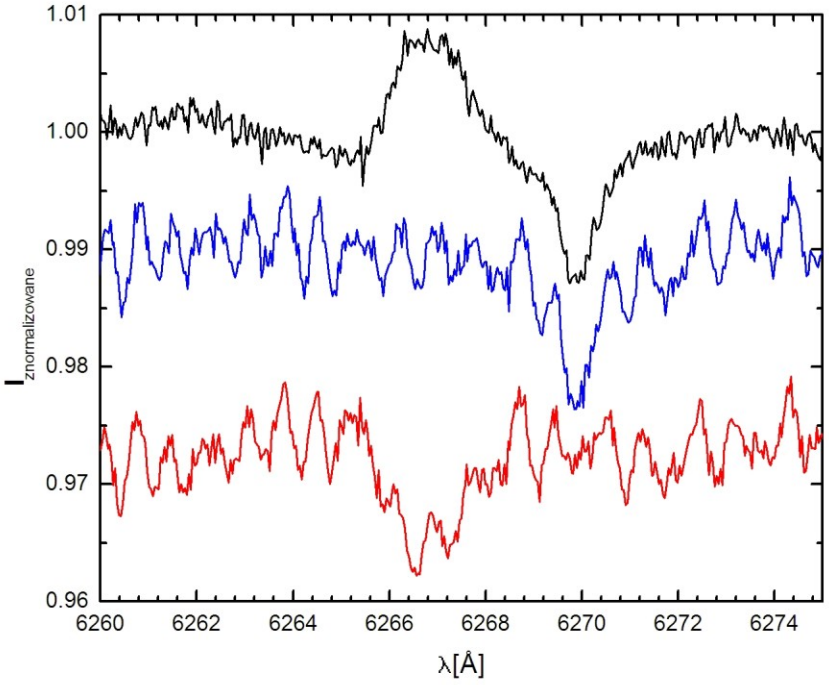
Rys. 3. Fragment widma obejmujący dwie struktury MPR (λ_0=5780.45 i λ_0=5796.95 Å).



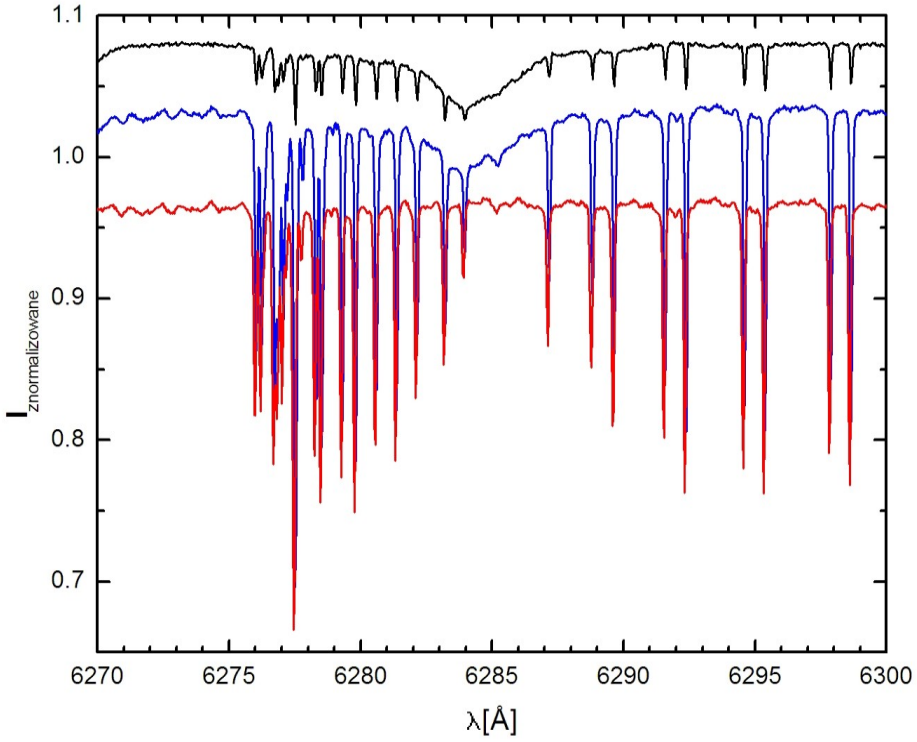
Rys. 4. Fragment widma obejmujący dwie bardzo silne linie międzygwiazdowego sodu (Na I – D1 i D2) (λ_0=5895.91 Å i λ_0=5889.93 Å). W odróżnieniu od linii Ca II (rysunki 1 i 2), linie sodu nie są rozszczepione.



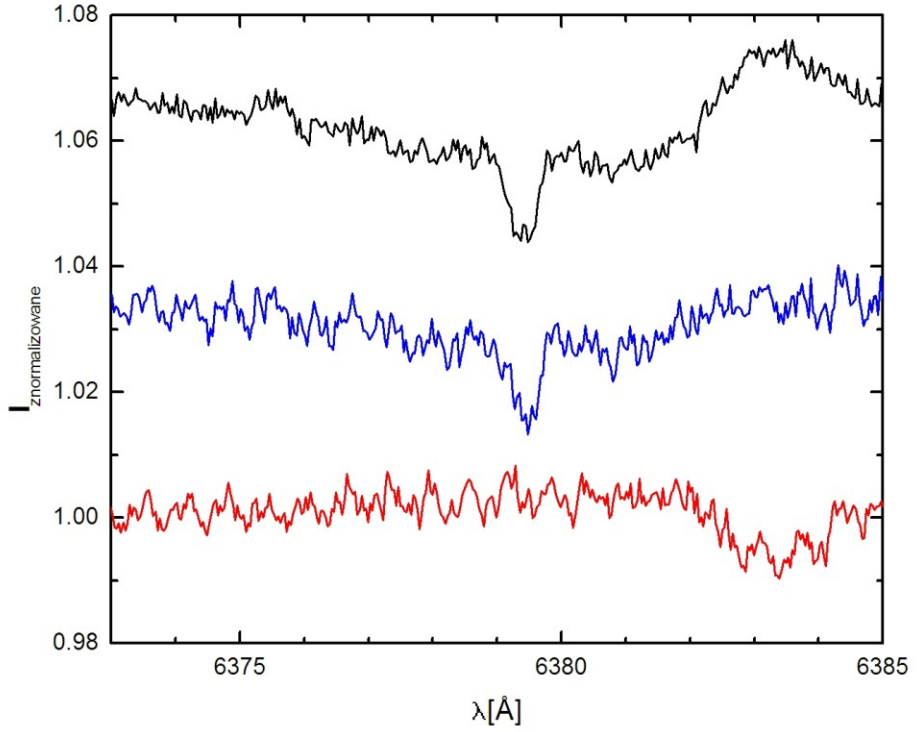
Rys. 5. Fragment widma obejmujący trzy struktury MPR (λ_0=6194.62 Å, λ_0=6195.89 Å oraz 6203.10 Å). Najwyraźniej widoczny jest tu stosunkowo silny i wąski MPR(6195.89). MPR(6194.62) jest ledwie widoczny na górnym spektrogramie. MPR(6203.10) jest widoczny, jako szerokie na kilka Å zagłębienie.



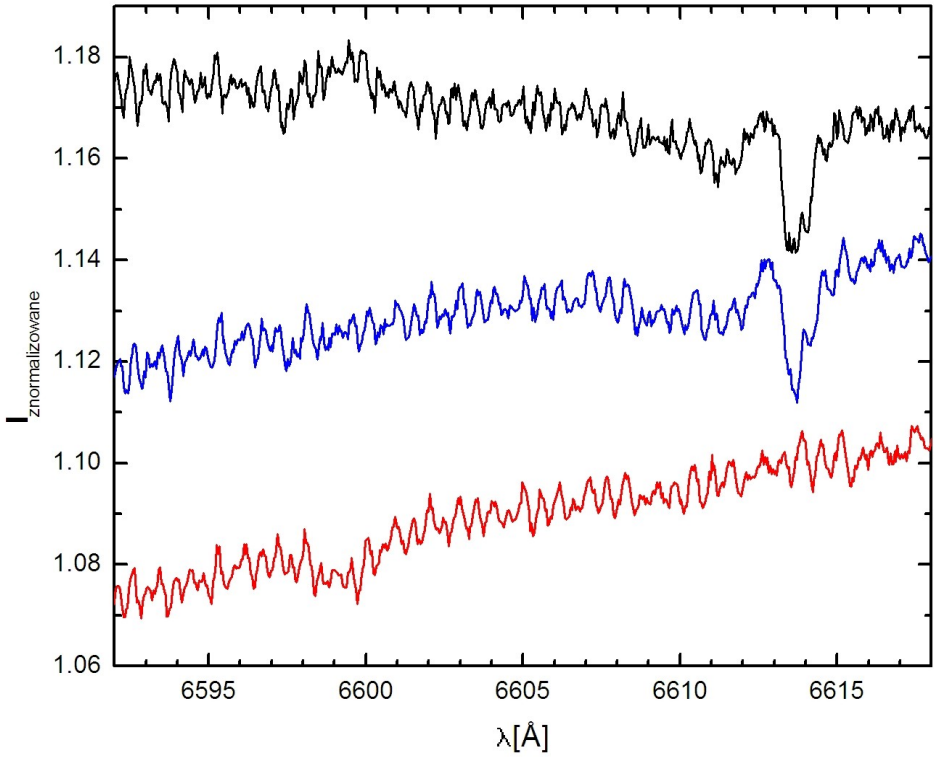
Rys. 6. Fragment widma obejmujący strukturę MPR (λ_0=6269.63 Å). Struktura jest wyraźnie widoczna, jako zagłębienie szerokie na prawie 1 Å i głębokie na około 1% poziomu kontinuum.



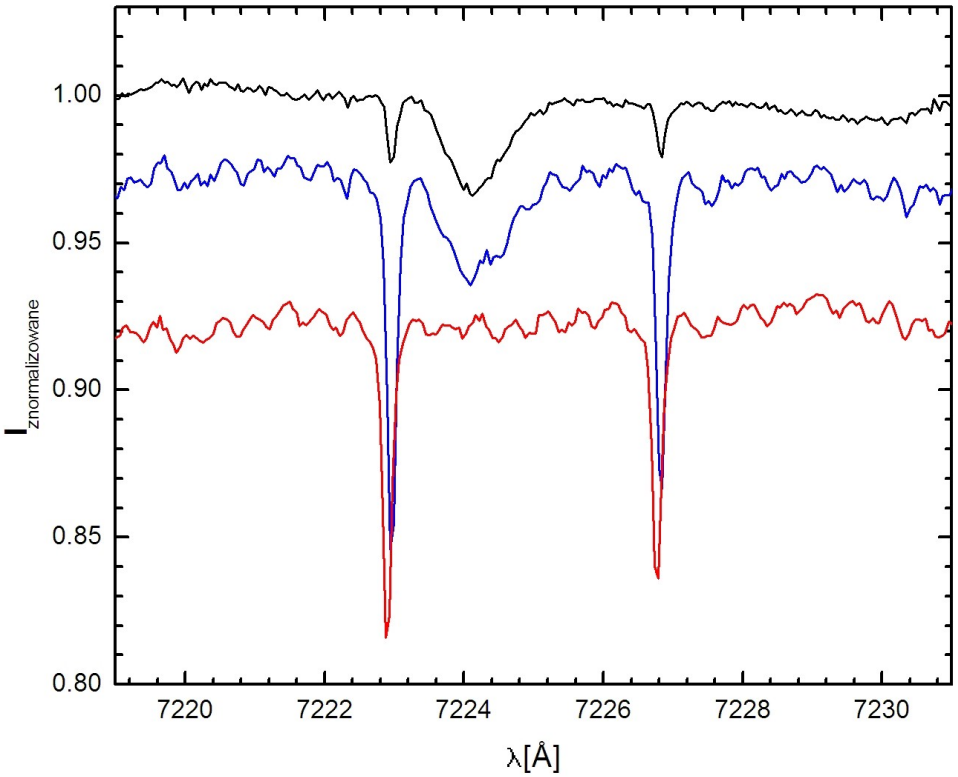
Rys. 7. Fragment widma obejmujący strukturę MPR (λ_0=6283.93 Å). Struktura jest wyraźnie widoczna, jako zagłębienie szerokie na około 5 Å. Ten silny MPR występuje w miejscu, gdzie są liczne i bardzo silne linie telluryczne tlenu (O_2) i wody (H_2O), których nie udało się całkowicie zredukować przez podzielenie widm gwiazdy roboczej i porównawczej.



Rys. 8. Fragment widma obejmujący dwie struktury MPR (λ_0=6375.79 i λ_0=6379.24 Å). Pierwsza struktura jest ledwie widoczna, za to druga jest bardzo wyraźna.



Rys. 9. Fragment widma obejmujący dwie struktury MPR (λ_0=6597.38 i λ_0=6613.56 Å). Pierwsza struktura jest ledwie widoczna, za to druga jest bardzo wyraźna.



Rys. 10. Fragment widma obejmujący strukturę MPR (λ_0=7223.97 Å). Struktura jest wyraźnie widoczna, jako zagłębienie szerokie na około 2 Å. Występuje w towarzystwie silnych tellurycznych linii wody (H_2O).

Wnioski

W oparciu o wysokiej klasy obserwacje spektroskopowe dokonano charakterystyki środowiska międzygwiazdowego w kierunku względnie jasnej, słabo poczerwienionej gwiazdy HD24760 w gwiazdozbiorze Perseusza. Znaleziono zaledwie 25 struktur międzygwiazdowych (Tab. 3), z czego większość (20) to MPR. Znalezione położenia struktur (kolumny 1 i 2 w Tab. 3) mają w większości przypadków dokładność nie gorszą niż 0.1 Å, czyli taką samą jak u autorów cytowanych prac (Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009, Bondar 2012). Pomiary szerokości równoważnych i głębokości linii (kolumny 3 i 4 w Tab. 3) są tylko szacunkowe, a ich niepewności pomiarowe zależą od warunków detekcji struktur. W przypadku dobrze określonych i silnych struktur niepewności pomiarowe są małe i nie przekraczają 5%. Dla wielu bardzo słabych MPR, często będących na granicy detekcji, niepewności pomiarowe mogą dochodzić do kilkudziesięciu procent.

Analiza międzygwiazdowych linii atomowych (Ca II i Na I) wskazuje na wyraźne rozszczepienie linii wapnia, przy braku jakiegokolwiek rozszczepienia linii sodu (Rys. 1, 2, i 4). Wynika z tego, że po drodze do badanej gwiazdy obszary występowania zjonizowanego wapnia są przynajmniej dwa i w dodatku poruszają się ze znacząco różnymi prędkościami względem obserwatora. Najprawdopodobniej obszary te są rozdzielne z obszarem występowania neutralnego sodu.

Literatura

Bondar A., 2012, MNRAS, 423, 725

Brosch N., Almoznino E., Wszołek B., Rudnicki K., 1999, MNRAS, *308*, p. 651-663

Donati J.-F., Catala C., Landstreet J., Petit P., 2006, in Casini R., Lites B., eds, Solar Polarization Workshop n4, Vol.358 of ASPC series, 362

Donati J.-F., Semel M., Carter B.D. et al. 1997, MNRAS, 291, 658

Fulara J., 2000, „Pochodzenie rozmytych linii międzygwiazdowych", wyd. Instytut Fizyki PAN w Warszawie

Galazutdinov G.A., 2013, http://www.gazinur.com/DECH-software.html

Galazutdinov G.A., Musaev F.A., Krełowski J., Walker G.A.H., 2000, PASP, 112, 648

Heger M. L., 1922, Lick Observatory Bull., 10, 146

Herbig G. H., 1975, Astrophys. J., 196,129

Herbig G., 1995, ARA&A, 33, 19

Hobbs L.M., York D.G., Thorburn J.A., Snow T.P., Bishof M., Friedman S.D., McCall B.J., Oka T., Rachford B., Sonnentrucker P., Welty D.E., 2009, ApJ, 705, 32

Wszołek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990

Badanie własności absorpcyjnych ośrodka międzygwiazdowego w kierunku gwiazdy ζ 0ph

Kamil Kluza i Bogdan Wszołek

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

bogdan@ajd.czest.pl

Wstęp

Zapoczątkowane już w XVIII wieku badania środowiska międzygwiazdowego nabierają szczególnego rozpędu na przestrzeni ostatnich kilkudziesięcioleci w związku z doskonaleniem technik obserwacyjnych. Odkrywane, w czasie wprowadzenia do astronomii technik fotograficznych, tajemnicze jasne i ciemne „mgławice", w świetle wiedzy współczesnej to niezmiernie rzadkie obłoki materii międzygwiazdowej, mieszaniny gazu i pyłu, zwykle w stanie bardzo odległym od równowagi termodynamicznej. Obłoki międzygwiazdowe składają się z materii będącej pozostałością po wybuchach gwiazd wcześniejszych generacji. Z drugiej strony to właśnie w nich rodzą się nowe gwiazdy wraz z układami planet. Tak jak gwiazdy są odpowiedzialne za produkcję pierwiastków, tak obłoki międzygwiazdowe są odpowiedzialne za powstawanie związków chemicznych. Pył, będący zaledwie jedno procentową domieszką gazu międzygwiazdowego, pełni rolę „katalizatora" dla wielu reakcji chemicznych, poczynając od tej, która przeprowadza swobodne atomy wodoru w cząsteczki H_2.

Współczesne obserwacje obłoków międzygwiazdowych pozwalają odkrywać coraz to nowe związki chemiczne. W większości są to związki węgla. Jednak materia międzygwiazdowa wciąż skrywa wiele tajemnic. Najtrudniejszą, i chyba najbardziej frustrującą badaczy, jest zagadka pochodzenia tzw. międzygwiazdowych pasm rozmytych (MPR), która nie została odgadnięta od 1921 roku kiedy Heger (1922), odkryła w widmach poczerwienionych gwiazd dwie tajemnicze linie absorpcyjne w pobliżu 5780 i 5797Å. Kilkanaście lat później potwierdzono, że linie te są pochodzenia międzygwiazdowego (Merill, 1934 i 1936), bo ich położenia nie ulegają przesunięciom dopplerowskim w widmach krótkookresowych gwiazd spektroskopowo podwójnych.

Dziś znanych jest kilkaset MPR (Herbig 1995, Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009, Bondar 2012) i żadne z nich nie posiada zidentyfikowanego nośnika; nie wiadomo, jakie cząsteczki są odpowiedzialne za powstanie tych struktur absorpcyjnych w widmach poczerwienionych gwiazd. Oczekuje się (Wszołek i Godłowski, 2003), że może być wiele nośników produkujących MPR. W widmach poczerwienionych gwiazd widzi się MPR bez rozdzielenia na rodziny spektroskopowe, tj. na podzbiory, z pośród których każdy pochodzi od innego nośnika. Odkrycie, choćby jednej i niekompletnej,

rodziny spektroskopowej mogłoby zaowocować szybką identyfikacją jakiegoś nośnika MPR, na drodze dedykowanych laboratoryjnych eksperymentów astrochemicznych.

Celem niniejszej pracy jest dokonanie analizy spektroskopowej środowiska międzygwiazdowego w kierunku gwiazdy HD149757 (ζ Oph). Analiza będzie polegać na odnalezieniu możliwie jak największej ilości międzygwiazdowych struktur absorpcyjnych oraz na ustaleniu położeń tych struktur w widmie gwiazdy i w układzie spoczynkowym. Nadto, dla znalezionych struktur zostanie dokonany pomiar ich szerokości równoważnych i głębokości. Wygląd struktur w widmie zostanie przedstawiony w sposób graficzny.

Materiał obserwacyjny

Obserwacje spektroskopowe gwiazd (Tab.1) wykonano w nocy 23/24 czerwca 2010 roku we francuskim Obserwatorium Pic du Midi przy pomocy 2-metrowego Teleskopu Bernarda Lyota współpracującego ze spektropolarymetrem NARVAL, będącego bliźniaczym instrumentem dla ESPaDOnS (Donati i in., 2006). Użyty spektrometr był typu echelle. Widma gwiazd składają się z czterdziestu rządków i łącznie obejmują zakres 3695 – 10390 Å. Rozdzielczość widm R wynosi około 65000, a ich stosunek sygnału do szumu (S/N) przekracza 1000. Zasadnicza redukcja widm, obejmująca m. in. kalibrację w długości fali oraz zgrubną normalizację poziomu kontinuum, została przeprowadzona automatycznie podczas obserwacji z użyciem oprogramowania Libre-ESpRIT (Donati i in. 1997) teleskopu. Dalszej redukcji, sprowadzającej widma do postaci wygodnej dla przeprowadzania analiz, dokonano w Instytucie Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie z użyciem własnego oprogramowania. W jej rezultacie widma przyjęły formę dwóch kolumn liczb, zawierających długość fali w angstremach oraz znormalizowane natężenie. W sumie osiemdziesiąt plików ASCII, po czterdzieści dla każdej gwiazdy, stanowiło materiał wyjściowy dla niniejszej pracy.

Tabela 1. Wybrane parametry gwiazd, których widma wykorzystano w pracy.

Nr HD	Nazwa	Sp/L	m_v	E(B-V)	R [ps]	AM
149757	ζ 0ph	09 V	2.56	0.29	170	1.7
120315	η UMa	B3 V	1.58	0.02	31	1.0

Jak wynika z danych zawartych w Tabeli 1, gwiazda robocza HD149757 jest przysłaniana przez obłoki materii międzygwiazdowej, które wnoszą istotne poczerwienienie wyrażone nadwyżką barwy E(B-V) = 0.29. Gwiazda HD120315 praktycznie nie jest poczerwieniona i służy w tej pracy dla celów porównawczych. Obserwacji dokonano w taki sposób, aby masa atmosfery ziemskiej (AM) była dla każdej z gwiazd istotnie różna podczas obserwacji. Telluryczne linie absorpcyjne w widmach gwiazd różnią się wyraźnie inten-

sywnością, co ułatwia analizę w sytuacjach trudności rozstrzygania natury nowo znalezionych linii.

Analiza widm

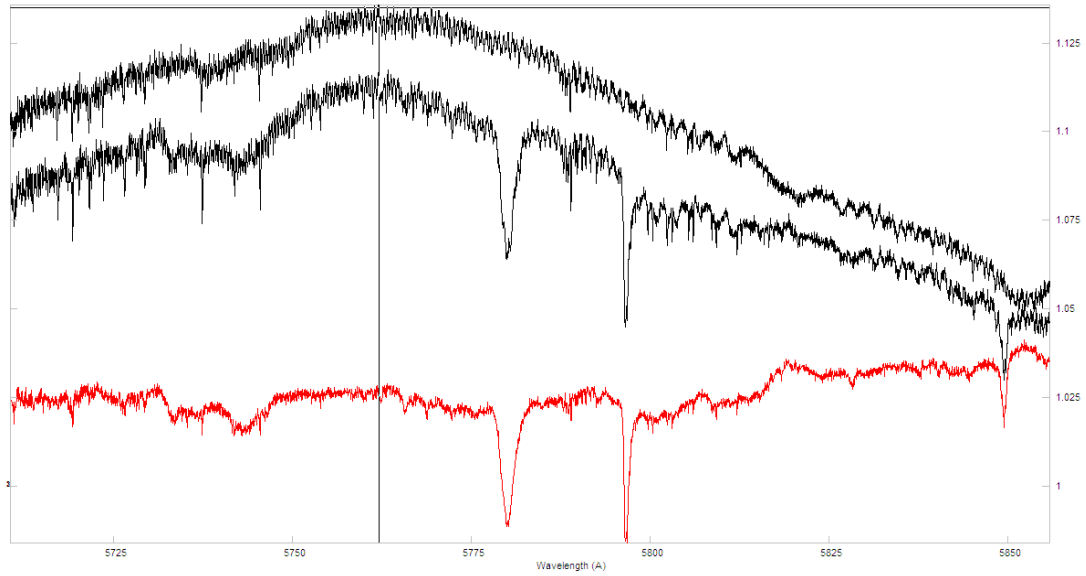
Na wstępnym etapie pracy ustalono w oparciu o dostępną literaturę (Bondar 2012, Galazutdinov 2005, Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009) położenia wszystkich rozpoznanych do tej pory struktur międzygwiazdowych w zakresie wizualnym. Są wśród nich głównie MPR oraz nieliczne zidentyfikowane linie atomowe i molekularne. Niektóre spośród tych ostatnich wykorzystano na wstępie dla ustalenia przesunięć profili międzygwiazdowych w widmie gwiazdy w stosunku do położeń w układzie spoczynkowym. Wybrano w tym celu sześć silnych i wąskich linii (Tab. 2), o dobrze znanych położeniach laboratoryjnych i dokładnie pomierzono centra ich profili w widmie ζ Oph. W oparciu o pomiary policzono dopplerowskie przesunięcie linii wyrażone parametrem *z*, danym wzorem $z=\Delta\lambda/\lambda$, gdzie $\Delta\lambda$ wyraża różnicę pomiędzy długością fali mierzoną w widmie gwiazdy i w laboratorium (układzie spoczynkowym). λ wyraża długość fali struktury w widmie gwiazdy. Jako średnią wartość parametru *z* otrzymano -5.16671E-05. W praktyce oznacza to, że w początkowych rządkach widma struktury międzygwiazdowe są przesunięte ku falom krótszym o prawie 0.2, a w rządkach końcowych o około 0.4 Å.

Analizy dokonano z pomocą programu DECH (Galazutdinov, 2013). Wczytywano poszczególne rządki widma badanej gwiazdy i gwiazdy porównawczej otrzymując obrazki jak ten przedstawiony na Rys. 1. Wizualna analiza rysunków tego rodzaju pozwalała odnaleźć wszystkie widoczne struktury międzygwiazdowe, tj. takie, które są obecne w widmie gwiazdy poczerwienionej i nie ma ich w gwieździe porównania. Dobrymi przykładami takich struktur są linie z rodzaju MPR, dobrze widoczne na Rys.1, w okolicach 5780, 5797 i 5850 Å. Dla wszystkich znalezionych struktur międzygwiazdowych, z pomocą programu DECH pomierzono położenia, szerokości równoważne oraz głębokości. Pomiary zebrano w Tabeli 3.

W drugiej kolumnie Tabeli 3 podano, policzone w oparciu o wartość średnią parametru *z*, położenia znalezionych struktur w układzie spoczynkowym. Do obliczeń wykorzystano wzór:

$$\lambda_0 = \lambda - \Delta\lambda = \lambda(\zeta\ \mathrm{Oph}) - z\,\lambda(\zeta\ \mathrm{Oph}) = (1-z)\,\lambda(\zeta\ \mathrm{Oph}).$$

\



Rys.1. Przykładowe okno graficzne programu DECH20, obejmujące fragment rządka nr 23. Na samej górze mamy widmo gwiazdy porównania (HD120315), poniżej widmo badanej gwiazdy (HD149757), a na dole wynik podzielenia widma gwiazdy badanej przez widmo gwiazdy porównania.

Tabela 2. Międzygwiazdowe linie atomowe w widmie ζ 0ph wybrane na potrzeby ustalenia położeń spoczynkowych linii (druga kolumna Tabeli 3). W kolumnach po nazwie nośnika linii podano laboratoryjne położenie linii, położenie linii w widmie ζ 0ph oraz miarę przesunięcia linii wydmowych.

Nazwa	λ_0 [Å]	λ (ζ 0ph) [Å]	*z*
Ca II	3933.663	3933.469	-4.93179E-05
Ca II	3968.468	3968.246	-5.59410E-05
K I	4044.136	4043.939	-4.87125E-05
Na I D2	5889.9512	5889.639	-5.30055E-05
Na I D1	5895.9243	5895.614	-5.26296E-05
K I	7698.974	7698.586	-5.03963E-05

Tabela 3. Międzygwiazdowe linie absorpcyjne znalezione w widmie gwiazdy HD149757. W kolumnie pierwszej podano w angstremach (Å) położenia centralne profili przed sprowadzeniem do układu spoczynkowego. Podano również identyfikacje atomowe i cząsteczkowe (brak identyfikatora oznacza, że mamy do czynienia z MPR). Kolumna druga zawiera położenia sprowadzone do układu spoczynkowego przy wykorzystaniu danych zawartych w tabeli 2. W trzeciej kolumnie podano pomierzoną przybliżoną szerokość równoważną struktury w (mÅ), a w kolumnie czwartej przybliżoną głębokość profili linii w promilach poziomu continuum.

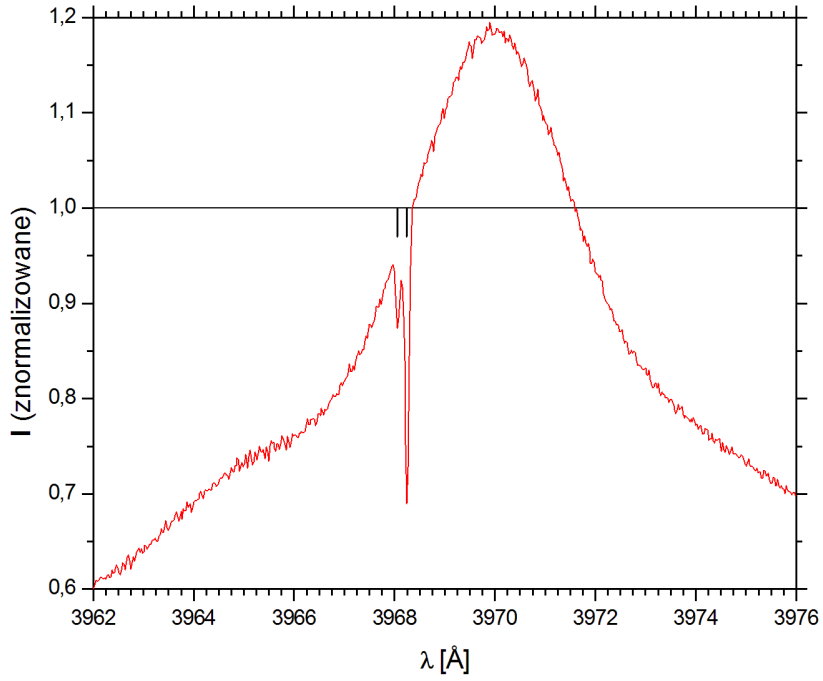
λ (ζ0ph)[Å]	λ_0 [Å]	EW [mÅ]	D [‰]
FeI 3719.75	3719.94	4.5	28
FeI 3859.69	3859.89	1.6	16
CN 3873.78	3873.98	3.9	41
CN 3874.40	3874.60	10.1	124
CN 3875.54	3875.74	1.9	32
CH 3878.56	3878.76	2.9	39
CH 3886.20	3886.40	7.0	74
CH 3890.01	3890.21	3.9	47
CaII 3933.29	3933.49	11.1	116
CaII 3933.47	3933.67	13.9	116
CH 3957.50	3957.70	13.9	162
CaII 3968.06	3968.27	5.0	55
CaII 3968.24	3968.44	21.3	205
KI 4043.93	4044.14	0.9	12
KI 4047.01	4047.22	0.4	6
CaI 4226.52	4226.74	1.9	17
CH^+ 4232.06	4232.28	0.4	4
CH^+ 4232.34	4232.56	23.6	204
4258.87	4259.09	0.4	4
CH 4300.11	4300.33	8.2	204
4428.83	4429.06	22.56	ok. 20
4501.69	4501.92	43.6	16
4668.32	4668.56	4.5	6
4671.29	4671.53	6.8	7
4726.07	4726.31	35.1	15
4734.51	4734.75	0.6	3
4762.36	4762.61	16.4	9
4779.90	4780.15	10.9	9
4963.60	4963.86	8.7	14
4979.40	4979.66	4.3	7
4984.56	4984.82	5.4	10
5003.40	5003.66	1.8	4
5061.17	5061.43	2.7	5
5074.22	5074.48	2.1	4
5117.33	5117.59	2.9	4
5170.27	5170.54	1.1	2
5175.68	5175.95	3.3	6

	5236.13	5236.40	5.2	4
	5251.50	5251.77	1.1	3
	5257.15	5257.42	3.4	4
	5262.12	5262.39	1.5	3
	5363.70	5363.98	4.0	4
	5418.57	5418.85	5.9	8
	5423.89	5424.17	0.6	2
	5487.27	5487.55	12.1	5
	5489.95	5490.23	2.5	4
	5493.77	5494.05	6.3	10
	5496.75	5497.03	1.4	3
	5504.00	5504.28	1.2	3
	5505.89	5506.17	2.4	5
	5512.40	5512.68	3.5	7
	5527.39	5527.68	1.2	3
	5529.78	5530.07	1.7	3
	5535.01	5535.30	2.0	3
	5541.55	5541.84	3.9	5
	5544.73	5545.02	4.8	7
	5546.25	5546.54	1.9	4
	5591.77	5592.06	2.0	4
	5594.27	5594.56	2.8	6
	5639.92	5640.21	0.5	3
	5711.19	5711.49	1.9	5
	5719.10	5719.40	2.9	8
	5733.65	5733.95	2.8	4
	5760.18	5760.48	1.6	4
	5762.40	5762.70	2.0	4
	5765.82	5766.12	5.1	6
	5768.86	5769.16	2.0	5
	5780.13	5780.43	74.4	34
	5792.87	5793.17	4.4	5
	5796.69	5796.99	34.0	38
	5818.46	5818.76	1.3	4
	5828.33	5828.63	3.8	5
	5837.72	5838.02	2.5	5
	5840.39	5840.69	2.8	5
	5844.55	5844.85	2.7	4
	5849.50	5849.80	16.2	19
	5855.49	5855.79	1.3	3
NaI	5889.40	5889.70	26.0	226
NaI	5889.64	5889.94	225.6	961
NaI	5895.38	5895.68	15.5	117
NaI	5895.62	5895.92	183.9	928
	5946.92	5947.23	3.0	5
	5973.48	5973.79	2.0	3
	6065.00	6065.31	1.8	4
	6068.16	6068.47	0.6	2

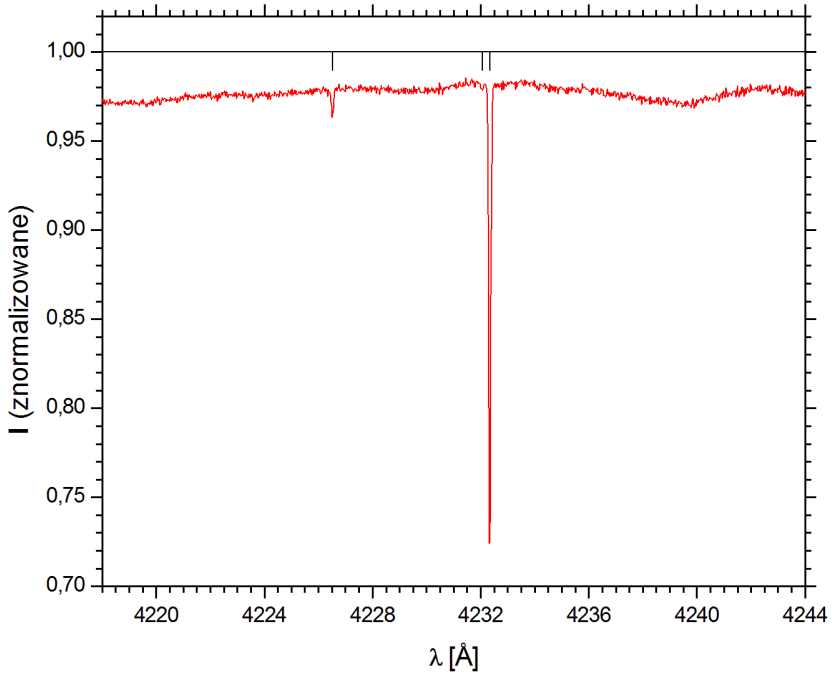
6089.50	6089.81	5.3	9
6106.17	6106.49	1.0	2
6107.82	6108.14	2.4	5
6109.64	6109.96	1.8	4
6112.91	6113.23	4.8	8
6116.63	6116.95	3.1	4
6118.30	6118.62	1.5	3
6124.22	6124.54	0.4	3
6133.21	6133.53	1.1	5
6139.59	6139.91	3.3	5
6141.71	6142.03	0.4	3
6161.57	6161.89	1.6	4
6163.20	6163.52	0.8	3
6182.44	6182.76	1.3	4
6185.43	6185.75	2.2	6
6194.35	6194.67	2.6	6
6195.65	6195.97	12.7	24
6202.73	6203.05	39.6	18
6211.21	6211.53	2.8	5
6212.70	6213.02	1.5	5
6233.70	6234.02	3.3	6
6236.33	6236.65	1.9	4
6269.55	6269.87	23.9	13
6283.52	6283.84	137.3	104
6287.12	6287.44	2.7	7
6308.68	6309.01	7.4	7
6317.98	6318.31	1.7	3
6324.47	6324.80	6.2	19
6367.03	6367.36	3.6	7
6368.27	6368.60	3.0	5
6375.69	6376.02	4.4	11
6378.91	6379.24	20.4	34
6406.01	6406.34	0.8	3
6425.36	6425.69	2.7	6
6439.15	6439.48	4.1	7
6444.92	6445.25	7.1	11
6448.98	6449.31	4.6	6
6613.22	6613.56	45.8	46
6622.43	6622.77	2.1	4
6627.62	6627.96	3.0	5
6660.35	6660.69	6.5	11
6664.84	6665.18	3.0	5
6671.94	6672.28	4.0	7
6689.09	6689.44	5.2	5
6694.16	6694.51	1.9	4
6698.95	6699.30	6.4	8
6701.76	6702.11	3.2	5
6728.91	6729.26	3.7	8

	6764.93	6765.28	1.8	5
	6795.85	6796.20	4.2	6
	6852.26	6852.61	2.8	4
	6859.74	6860.09	3.0	4
	6862.13	6862.48	1.8	4
	6982.04	6982.40	3.8	6
	7223.79	7224.16	18.9	27
	7494.59	7494.98	4.6	7
KI	7698.62	7699.02	65.8	407
	7827.56	7827.96	1.4	4
	7829.75	7830.15	1.2	4
	7832.40	7832.80	4.7	7
	8439.04	8439.48	13.5	9
C_2	8750.44	8750.90	1.5	8
C_2	8751.25	8751.71	1.2	8
C_2	8753.53	8753.98	1.4	9
C_2	8757.26	8757.71	1.1	8
C_2	8760.78	8761.23	1.5	11
C_2	8763.32	8763.77	1.5	9
C_2	8767.32	8767.77	1.8	10
C_2	8772.81	8773.26	1.0	9

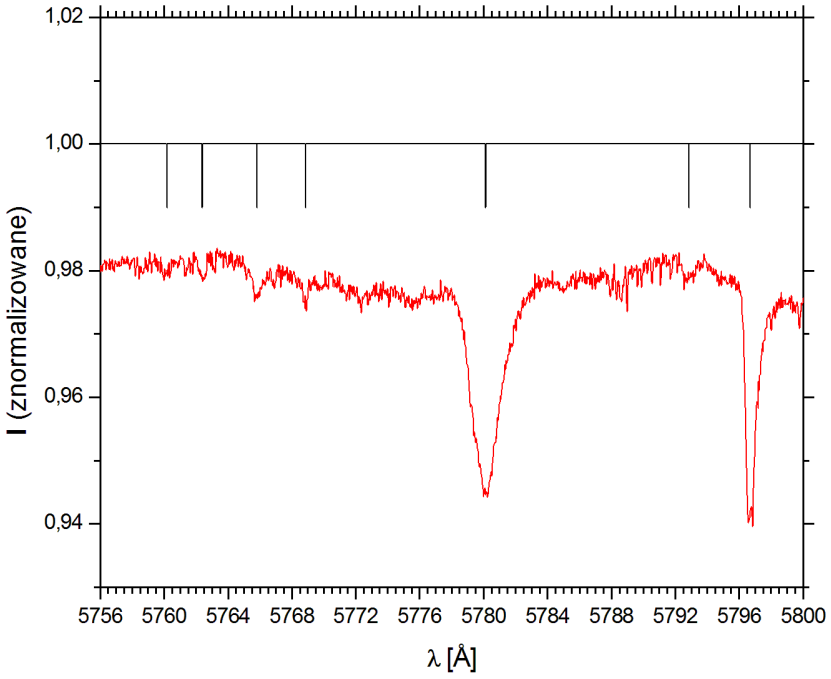
Na rysunkach 2-7 przedstawiono fragmenty widma obejmujące przykładowe struktury międzygwiazdowe w kierunku ζ Oph. Na każdym rysunku pionowe repery (czarny kolor) wskazują położenie centrum struktury międzygwiazdowej zaczerpnięte z Tabeli 3. Spektrogram (kolor czerwony) przedstawia wynik podzielenia HD149757/HD120315.



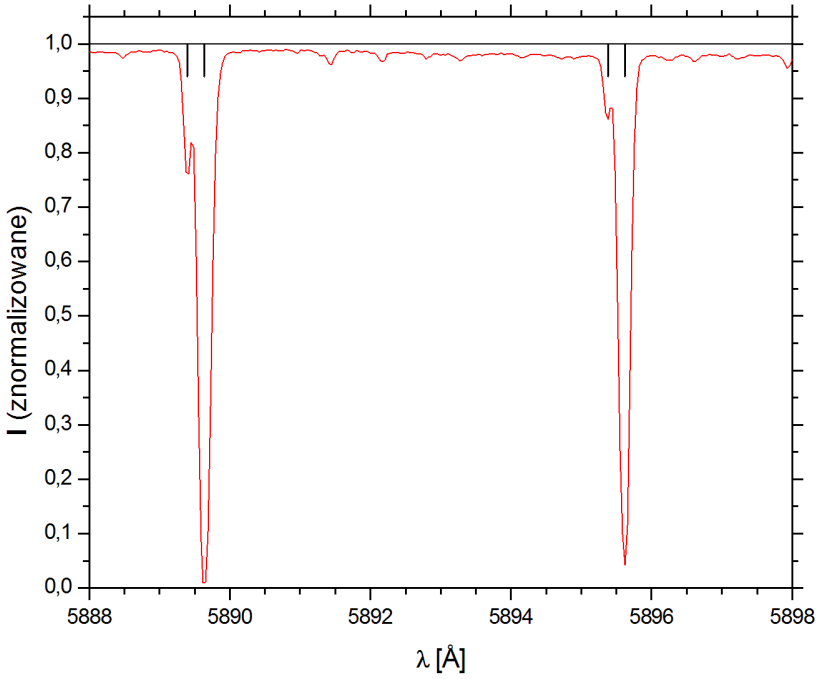
Rys. 2. Fragment widma zawierający linię CaII.



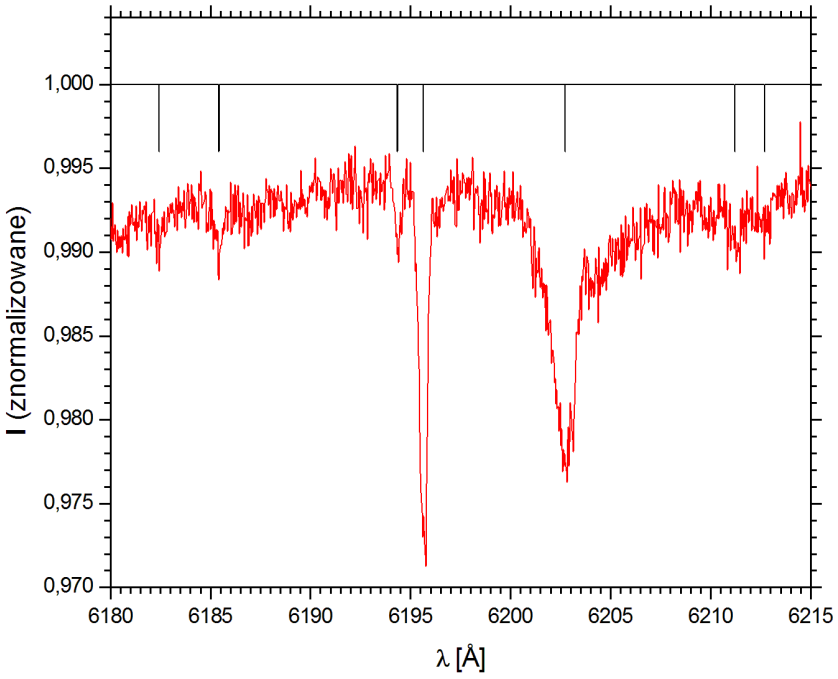
Rys. 3. Fragment widma zawierający linie CaI i CH^+ (silniejsza).



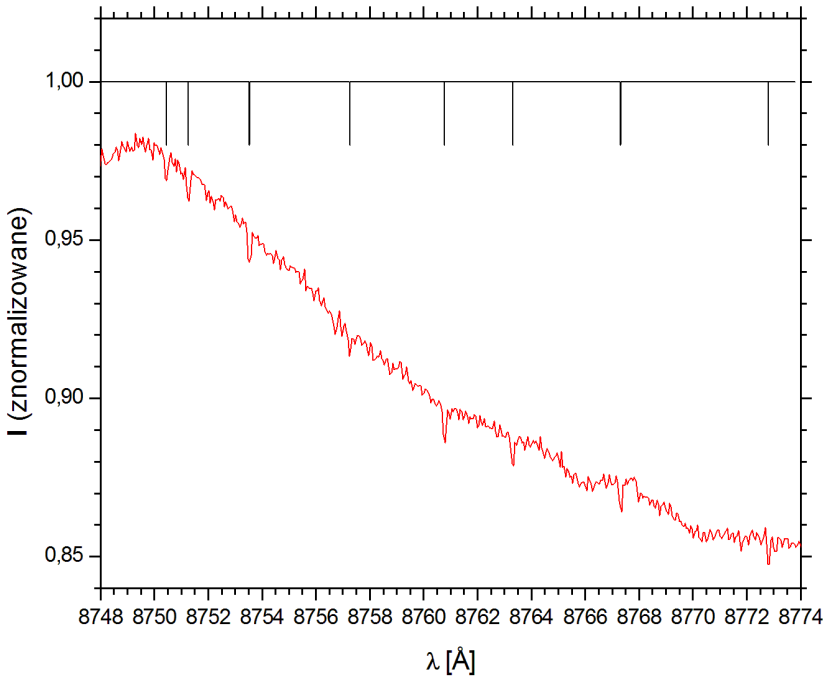
Rys. 4. Fragment widma zawierający ciąg struktur z rodzaju MPR.



Rys. 5. Fragment widma zawierający żółte linie D1 i D2 sodu naturalnego (NaI).



Rys. 6. Fragment widma zawierający ciąg struktur z rodzaju MPR.



Rys. 7. Fragment widma zawierający ciąg struktur cząsteczki C_2.

Podsumowanie

Dokonano charakterystyki środowiska międzygwiazdowego w kierunku względnie jasnej i średnio poczerwienionej gwiazdy HD149757 w gwiazdozbiorze Wężownika. Znaleziono 154 struktury międzygwiazdowe (Tab. 3), z czego większość (106) to MPR. Wyśmienita jakość materiału obserwacyjnego umożliwiła detekcję nie tylko wielu bardzo słabych MPR, ale także wyjątkowo słabych linii cząsteczki C_2. Znalezione położenia struktur (kolumny 1 i 2 w Tab. 3) mają w większości przypadków dokładność nie gorszą niż 0.1 Å, czyli taką samą jak u autorów cytowanych prac (Bondar 2012, Galazutdinov i in. 2000, Hobbs 2009). Pomiary szerokości równoważnych i głębokości struktur (kolumny 3 i 4 w Tab. 3) są z samej natury rzeczy tylko szacunkowe. W przypadku dobrze określonych i silnych struktur niepewności pomiarowe są małe i nie przekraczają 5%. Dla wielu bardzo słabych MPR, często będących na granicy detekcji, niepewności pomiarowe mogą dochodzić do kilkudziesięciu procent.

Analiza rysunków zawierających silne międzygwiazdowe linie atomowe (np. linie D1 i D2 sodu neutralnego) pozwala zauważyć rozszczepienie tych linii na dwie nierówne składowe. Oznacza to, że po drodze ku badanej gwieździe znajdują się co najmniej dwa obłoki ekstyngujące, przy czym poruszają się one względem obserwatora z różnymi prędkościami radialnymi, a efekt Dopplera powoduje rozszczepienie profili.

Referencje

Bondar A., 2012, MNRAS, 423, 725

Donati J.-F., Semel M., Carter B.D. et al., 1997, MNRAS, 291, 658

Donati J.-F., Catala C., Landstreet J., Petit P., 2006, w Casini R., Lites B., eds, Solar Polarization Workshop nr4, Vol.358 of ASPC series, 362

Galazutdinov G.A., 2013, http://www.gazinur.com/DECH-software.html

Galazutdinov G.A., Musaev F.A., Krełowski J., Walker G.A.H., 2000, PASP, 112, 648

Heger M. L., 1922, Lick Observatory Bull., 10, 146

Herbig G., 1995, ARA&A, 33, 19

Hobbs L.M., York D.G., Thorburn J.A., Snow T.P., Bishof M., Friedman S.D., McCall B.J., Oka T., Rachford B., Sonnentrucker P., Welty D.E., 2009, ApJ, 705, 32

Merrill P. W., 1934, PASP, 46, 206

Merrill P. W., 1936, PASP, 48, 179

Wszołek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990

Asymptotic giant branch stars with linear decrease of the period

Larisa S. Kudashkina[1] and Vladislava I. Marsakova[2]

[1] Department "High and Applied Mathematics", Odessa National Maritime University,
kudals04@mail.ru
[2] Department of Astronomy, Odessa I.I.Mechnikov National University,
vmarsakova@mail.ru

After helium will burn out in the center of a star, and a carbon-oxygen core have formed, reactions will move to a layer around of a core where helium was still kept, and in higher layers the hydrogen burning proceeds. At this stage, a star again turns into red giants, forming an asymptotic giant branch at the H-R diagram.

Unlike the theory of pulsations of classical pulsing stars, the detailed model of pulsations of variable stars of the Mira-type does not exist yet. It is connected with problems of the theory of progress of convection in time, as well as with definition of the modes of pulsations. As a result many observations show such as erratic variations of the periods, variations of amplitude and the form of the light curve, which have not received a theoretical explanation. However, some observational effects, for example, "progressive" decrease of the periods, have got a comprehensible explanation, or hypotheses, which agree with observations, at least, have been stated. Studying of laws of variation of the light curves from a cycle to a cycle, as well as a century-scale variations during long intervals of time, as well as their classification, there could be an observational base to progress of the theory of pulsations of the Mira-type stars. Some observational properties of the long-periodic stars and their theoretical explanations are discussed in [1].

Stars with linear decrease of the period (parabolic changes at the "O-C' diagram) are studied (see figures 1-5).

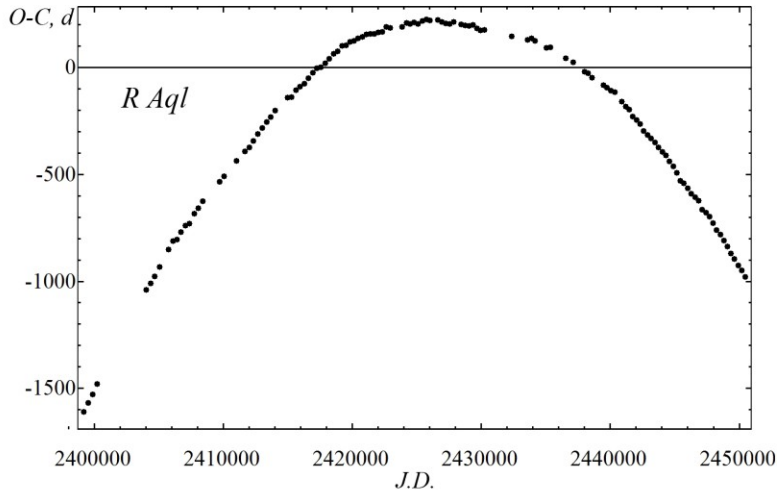


Fig. 1. O-C curve for R Aql by moments of maxima. Moments were determined by amateur observations from AFOEV and VSOLJ databases and some early moments were taken from [2].

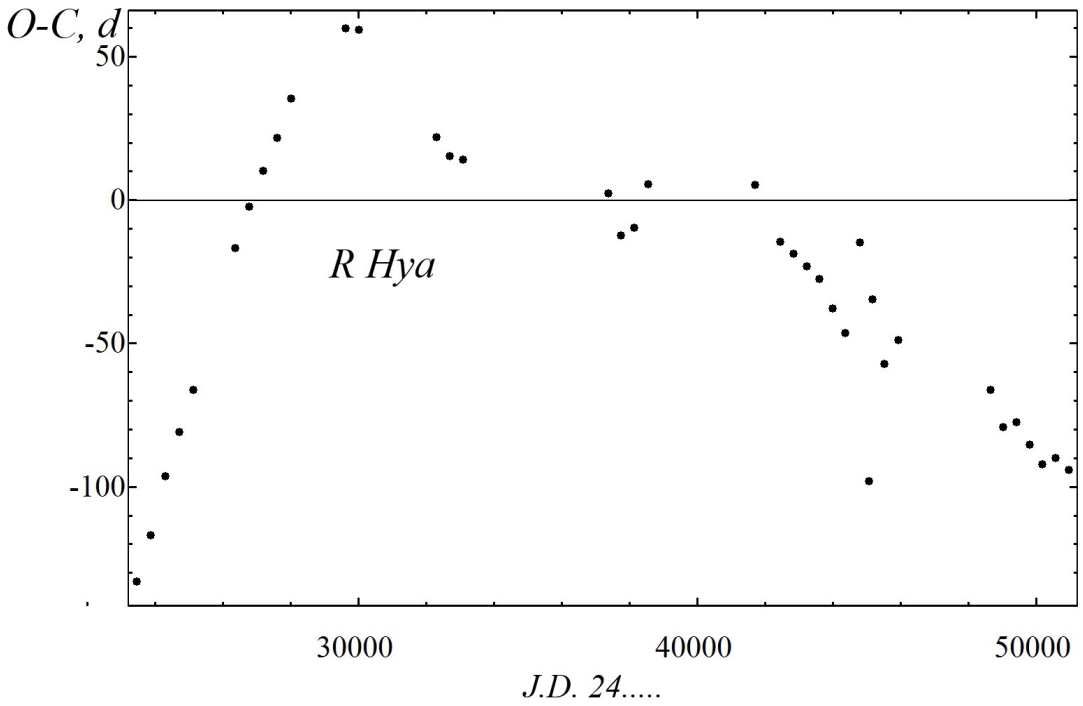


Fig. 2. O-C curve for R Hya by moments of maxima. Moments determined by amateur observations from AFOEV and VSOLJ databases.

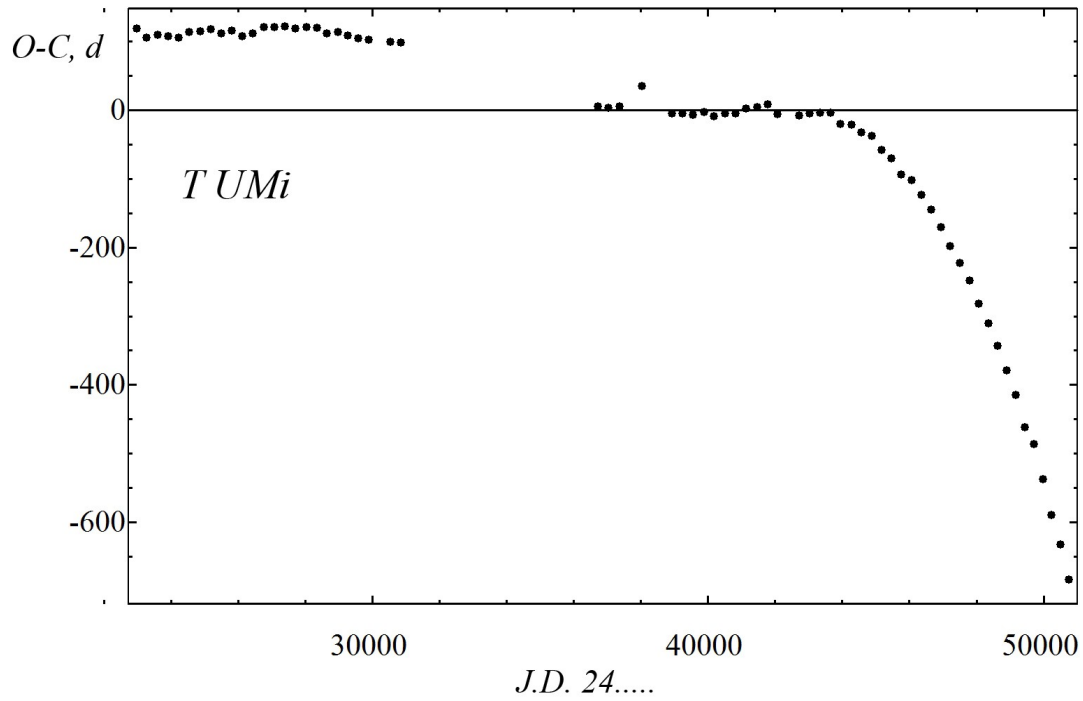


Fig. 3. O-C curve for T UMi by moments of maxima. Moments determined by amateur observations from AFOEV and VSOLJ databases.

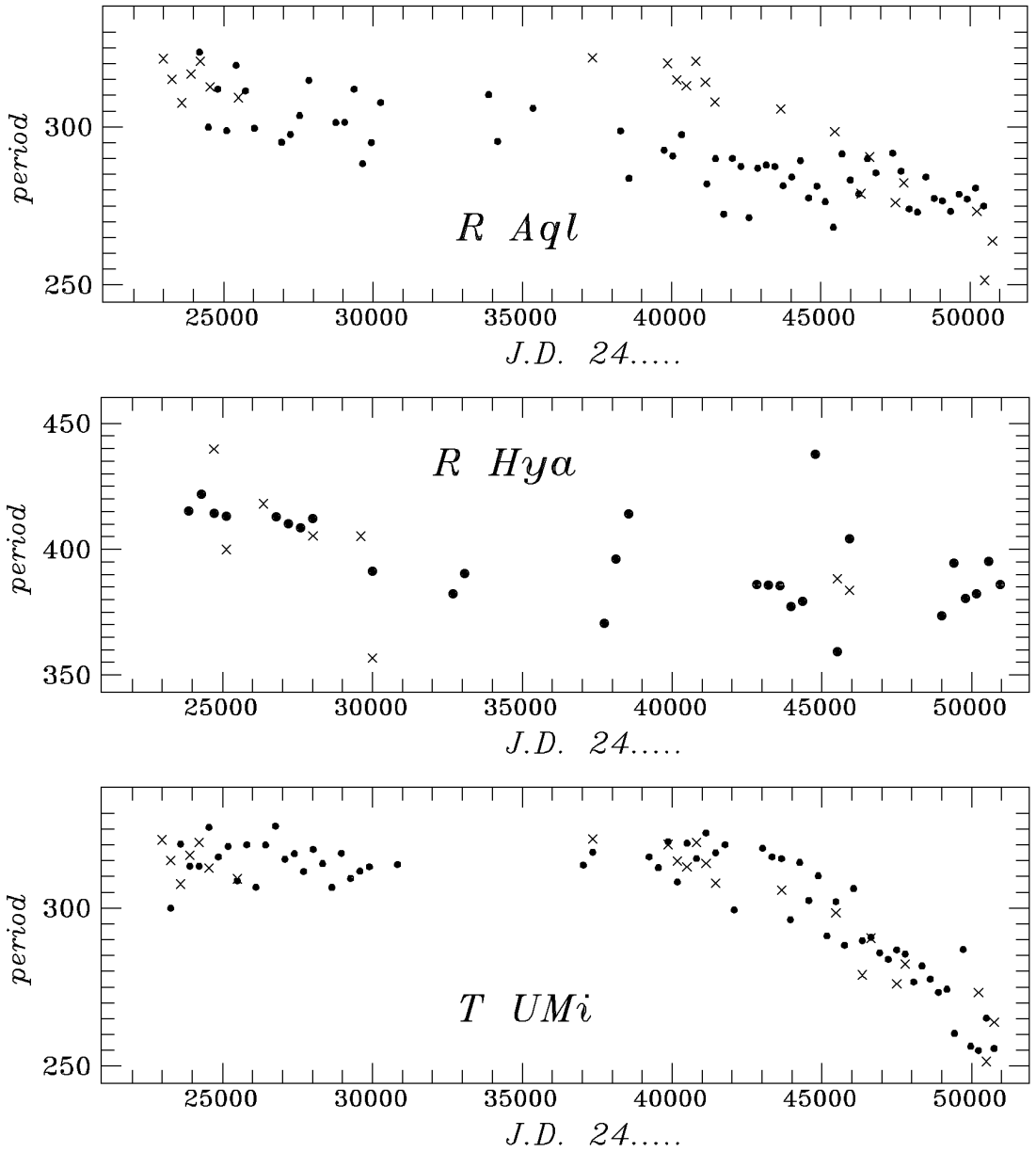


Fig. 4-6. Individual values of periods calculated by moments of maxima (dots) and minima (crosses). Moments determined by amateur observations from AFOEV and VSOLJ databases).

Numerical characteristics of periods decreasing have been discussed in [3]. They are shown in the Table 1. As it clear from the figures, T UMi shows rapid period decrease since about J.D. 2443000 and approximately stable period before that time.

Table 1. Characteristics of periods decreasing of three Mira-type stars.

	R Aql	R Hya	T UMi
Characteristic period P, days	300	390	300
Rate of change (-dP/dt), days per year	0.46±0.05	0.4±0.1	2.0±0.1
Timescale τ=(P/(-dP/dt), years	650	975	150

Supposed, that such a decrease occurs due to compression of outer layers of a star at constant luminosity. Compression is caused by the previous expansion of layers (going with an increase of the period) owing to what burning in a layer has stopped because of decrease of temperature. The convection as a result amplifies, and pulsations can fade or their regularity will be broken. There is a variability of stars of transitive type [4]. Then expansion allows a compression and lasts before renewal of burning of helium in a layer. Values of time-scale of decrease of the period of pulsations "down to zero", from the (O-C) diagram are calculated.

Assuming "free-fall" contraction of external layers of a star, we calculated characteristic timescales of radius decrease (and corresponding pulsation period) to zero, using the 3-rd Kepler's law. For a suggested range of masses of 0.9-1.5 solar masses, the estimates of initial radii (from which the contraction begins) were determined: T UMi - 20000, R Aql - 50000, R Hya -70000-80000 solar radii.

This study is a part of the projects "Inter-Longitude Astronomy" [5] and "Ukrainian Virtual Observatory" [6].

References

[1] Kudashkina L.S.: 2003, Kinem. Phys. Celest. Bodies, **19**, 193
[2] Karnashov A.N.: 1983, Master Thesis, Odessa State Universiry, 71 p.
[3] Marsakova V.I., Andronov I.L.: 1998, *Ap&SS* **257**, 49.
[4] Kudashkina L. S.: 2012, *Odessa Astronomical Publications,* vol. **25**/1, 18.
[5] Andronov I.L. et al.: 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8,
[6] Vavilova I.B., et al.: 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies* **28**, 85.

Współczesne przeglądy radioastronomiczne
Co projekt LOFAR może dać astronomii?

Elżbieta Kuligowska

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

LOFAR (Low Frequency Array for Radioastronomy) to jeden z najnowocześniejszych interferometrów radiowych. Obecnie jest w fazie konstrukcji, ale produkuje już teraz imponujące wyniki naukowe. Jego celem jest badanie nieba na bardzo niskich częstotliwościach (50 ~300 MHz) przy wykorzystaniu kilkudziesięciu stacji rozmieszczonych w różnych krajach Europy. Pojedyncza stacja sieci składa się z kilkudziesięciu niewielkich, prostych technicznie anten. Zbiór wszystkich stacji może pracować niezależnie lub na zasadzie interferometrii fazowej. Sygnał odbierany przez należące do stacji anteny jest przetwarzany na impulsy elektryczne i przy pomocy wysoko przepustowego łącza wysyłany do superkomputera, gdzie następnie koreluje się go z uzyskanymi w tym samym czasie sygnałami odebranymi przez pozostałe stacje. Elementy tej sieci są na tyle od siebie odległe, że można w ten sposób uzyskać mapy wielokrotnie przewyższające zdolnością rozdzielczą obrazy tych samych obiektów zmierzone przy pomocy największych nawet, pojedynczych radioteleskopów.

Rys. 1: Proponowane rozmieszczenie stacji LOFAR w Europie. (*źródło: GoogleMaps*)

Centralna część sieci interferometrycznej znajduje się w Holandii (okolice Dwingeloo). Kolejne ukończone już stacje znajduje się w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Francji i Szwecji. Już teraz – przy wykorzystaniu kilkunastu z kilkudziesięciu planowanych stacji – z powodzeniem uzyskuje się pierwsze obrazy radioźródeł. Rozważa się budowę najbardziej wysuniętych na wschód elementów LOFAR na terenie Polski. Ukończony interferometr ma pracować w zakresie niskich częstotliwości, w zakresie widma elektromagnetycznego najsłabiej dotychczas zbadanym przez astronomów. Z przewidywaną czułością i zdolnością rozdzielczą kilkadziesiąt razy lepszą w porównaniu z największymi obecnie radioteleskopami, LOFAR ma szanse nie tylko umożliwić dokonanie spektakularnych odkryć, ale wręcz całkowicie zrewolucjonizować naszą wiedzę o Kosmosie. Obserwacje wykonane tym interferometrem obejmą zresztą bardzo szeroki zakres zagadnień współczesnej astrofizyki, w tym kosmologię wczesnego Wszechświata, problem formowania się planet, ewolucję gwiazd i galaktyk, oraz badanie właściwości ośrodka międzygalaktycznego i jonosfery.

Astronomiczne znaczenie obserwacji na niskich częstotliwościach

Wykorzystanie niskich częstotliwości radiowych pozwoli na rozwój wielu różnych dziedzin astronomii, w tym tych, w które od lat zaangażowane są najważniejsze ośrodki astronomiczne w Polsce. Programy te obejmują obserwacje aktywności Słońca i jej wpływu na otoczenie Ziemi, studia nad polem magnetycznym w galaktykach, grupach i gromadach galaktyk, oraz badania ewolucji galaktyk aktywnych.

Badanie jonosfery stanowi wspólny obszar zainteresowań astronomów i specjalistów od technik satelitarnych. Aktywność słoneczna rządzi większością procesów w zewnętrznych warstwach atmosfery Ziemi, takich jak jonosfera czy magnetosfera. Chwilowy stan jonosfery jest zawsze funkcją aktualnej aktywności Słońca. Wynikające z jej zmian, szczególnie rozbłysków, gwałtowne zaburzenia plazmy okołoziemskiej mogą zakłócić pracę urządzeń satelitarnych. Interferometr LOFAR jest w stanie systematycznie monitorować stanowiące potencjalne zagrożenie rozbłyski słoneczne. Może to pomóc w ich przewidywaniu.

LOFAR umożliwi również obserwacje galaktyk. Ich emisja synchrotronowa na długich falach radiowych związana jest z elektronami relatywistycznymi o stosunkowo małych energiach. Tracą 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 dla typowych warunków w przestrzeni międzygalaktycznej elektrony takie mogą wyświecać się w polach magnetycznych do odległości około 100 kpc. Otwiera to nowe możliwości badań rozciągłych koron plazmowych wokół galaktyk, detekcji międzygalaktycznych pól magnetycznych i badań ewolu-

cji 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-a 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 to ma miejsce w Naszej Galaktyce. Wykorzystanie stacji europejskich LOFAR-a 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 przesłonięte przez międzygwiazdowe obłoki gazu i pyłu.

LOFAR umożliwi też poszerzenie naszej wiedzy o własnościach plazmy w ekstremalnie rzadkich ośrodkach (pojedyncze atomy na setki cm3), takich jak rozległe korony galaktyk, halo galaktyk, protogalaktyki, środowiska wewnątrz grup i gromad galaktyk, czy rozciągłe płaty promieniowania radiowego 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 niemożliwe. Jednak skrajnie niskoczęstotliwościowe (do granicy obcięcia jonosferycznego) obserwacje LOFAR pozwoliłyby nie tylko na zbadanie struktur znanych już obszarów radiowych o stromym widmie, ale i na odkrycie wielu nowych obiektów tego typu.

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 rosnąć mogą najprawdopodobniej dalej, aż do osiągnięcia etapu tzw. radiogalaktyk gigantycznych (o rozmiarach większych niż 1 Mpc). Są one największymi pojedynczymi

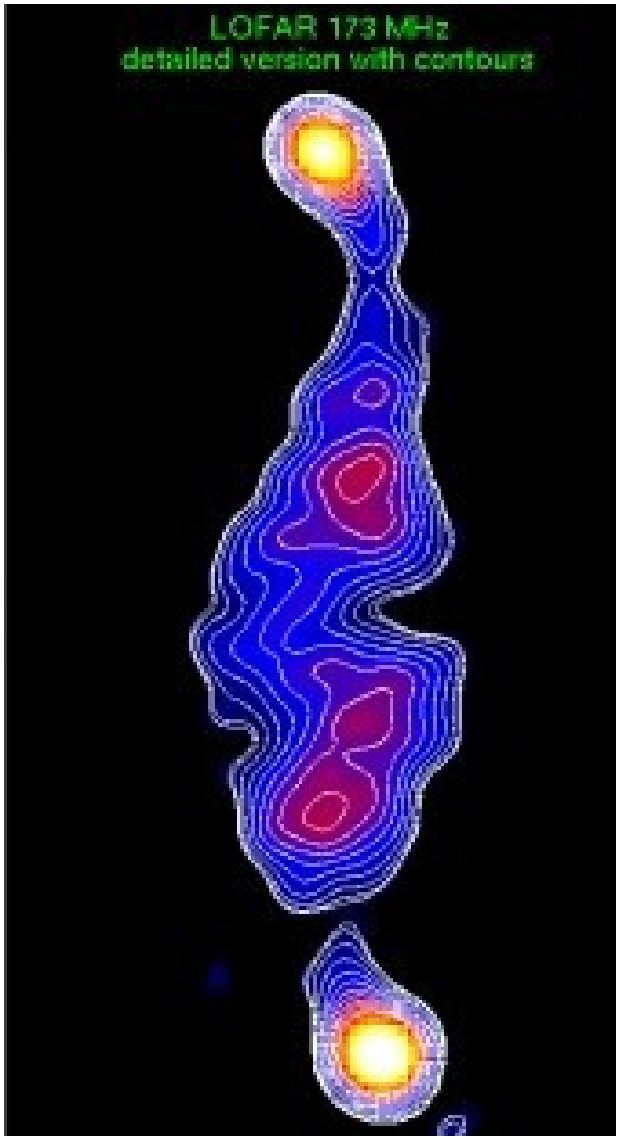
obiektami we Wszechświecie. Jak dotąd natura fizyczna radiogalaktyk gigantycznych jest niezbyt dobrze znana, ponieważ ilość znanych obiektów tej klasy pozostaje niewielka. Powodem tego są pewne niedoskonałości współczesnych radioteleskopów (nie wystarczająca czułość i zdolność rozdzielcza na obserwacje stosunkowo słabych radiowo obiektów o strukturze rozciągłej). Te niedogodności obserwacyjne nie będą jednak miały miejsca w przypadku pracującego na niskich częstościach interferometru LOFAR.

LOFAR może okazać się przydatny w programach poszukiwania nowych gigantycznych radiogalaktyk. Celem takich 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 pozwoli też najprawdopodobniej na identyfikację radioźródeł wygasających, w których dżet nie jest już zasilany plazmą, a elektrony zgromadzone w płatach radiowych wyświecają energię w procesie synchrotronowym. Takie stare radiowo 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.

LOFAR posłuży wreszcie do 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 pulsa-

rów. Równie interesujące wydaje się użycie danych z LOFAR-a do badań promieniowania dochodzącego do nas z otoczenia karłowatych gwiazd, wykazujących aktywność podobną do słonecznej. W pobliżu takich gwiazd coraz częściej znajdowane są 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 na podstawie takich badań wnioskować o własnościach plazmy w sąsiedztwie planet pozasłonecznych i ich wpływie na ich środowisko.



Rys. 2. 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*)

Kolejnym zastosowaniem 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 Wszechświat składa się głównie z pewnego rodzaju powolnych, nie emitujących fal elektromagnetycznych cząstek. Materiał taki może być obserwowany jedynie na drodze jego oddziaływań grawitacyjnych ze zwyczajną 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 rekombinacja - powszechne łączenie się jonów i elektronów w atomy neutralnego wodoru. Doszło następnie do oddzielenia się fotonów (promieniowania) od materii. Rozpoczęły się tzw. Ciemne Wieki – najsłabiej 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 rola zwykłej materii barionowej w formowaniu się struktur kosmicznych. Badanie rozkładu i gęstości materii w tej epoce, jak również w okresie bezpośrednio ją poprzedzającym, 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 ekspansji Wszechświata, mają dla współczesnego obserwatora na Ziemi długości metrowe. Przykładowo, dla redshiftu z=9, odpowiadającego czasowi 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. Dowiemy się być może też, czym były pierwotne źródła promieniowania jonizującego (gwiazdy III populacji, kwazary?) i jaki był ich rozkład.

Laserowa gwiazda do diagnozy frontu falowego w obrazowaniu astronomicznym

Aleksander Kurek[1] Adam Popowicz[2]

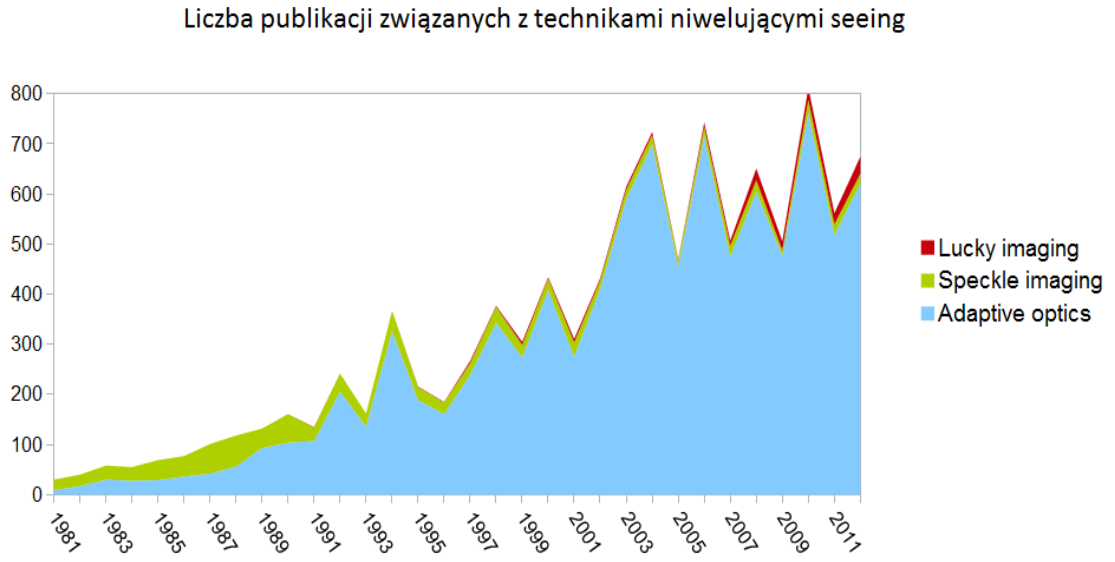
[1]Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego
[2]Politechnika Śląska, Instytut Elektroniki

Abstrakt

Opisujemy wyniki testów rozwinięcia techniki *Lucky Imaging* (LI) [1] [2] pozwalającej wykonywać zdjęcia z większą rozdzielczością kątową, niż wynika to z ograniczenia *seeingiem* atmosferycznym. LI wymaga względnie jasnej gwiazdy w polu widzenia, na której podstawie diagnozuje się jakość mających nastąpić krótkich (10 ms ~ 1/6 s) ekspozycji. Tym samym LI działa tylko na obszarach sąsiedztwa (do 60") jasnych gwiazd. Przetestujemy czy możliwe jest używanie tej techniki z wykorzystaniem gwiazdy wygenerowanej laserem (LGS), tak jak się to robi w optyce adaptywnej (GLAO).

Wstęp

Często większość zaburzeń atmosferycznych powodujących degradację jakości zdjęć obiektów niebieskich występuje tuż przy powierzchni Ziemi (GL) [3-11]. Powstał nawet specjalny typ optyki adaptywnej nastawionej na korekcję tylko powierzchniowych warstw turbulencji atmosferycznych (GLAO) [12]. Używa się przy niej albo prawdziwych gwiazd porównania (NGS), albo laserowych (LGS). Te ostatnie wykorzystują zjawisko rozpraszania Rayleigha na atmosferze. Wymaga relatywnie tanich laserów, które muszą być widoczne przez teleskop (≥ 150 fotonów / klatkę) na wysokościach zwykle mniejszych, niż 20 km. Obserwując kształt krótkiego pulsu lasera (widocznego z powierzchni Ziemi jako plamka / „gwiazda") uzyskuje się informację o kształcie zaburzenia atmosferycznego w pewnym oddaleniu od gwiazdy porównania i poprzez krótki czas. Nie jest możliwe uzyskanie w ten sposób informacji o przesunięciu centroidu obserwowanego obiektu (*tip-tilt*), co bardzo utrudnia obserwacje z optyką adaptywną. Jendak w LI poszczególne klatki wyrównuje się do centroidu software`owo, już po właściwych obserwacjach.



Rys. 1. Stabilny wzrost w czasie liczby publikacji związanych z technikami niwelowania *seeingu* atmosferycznego. Uwzględniliśmy publikacje o rozwoju technik oraz te przedstawiające rezultaty astrofizyczne dzięki nim otrzymane. *Lucky Imaging* to względnie nowa technika; jej użycie do celów naukowych stało się możliwe pod koniec lat 90-tych wraz z wejściem na rynek kamer typu EMCCD (*Electron Multiplying CCD*).

LGS LI – nasza metoda

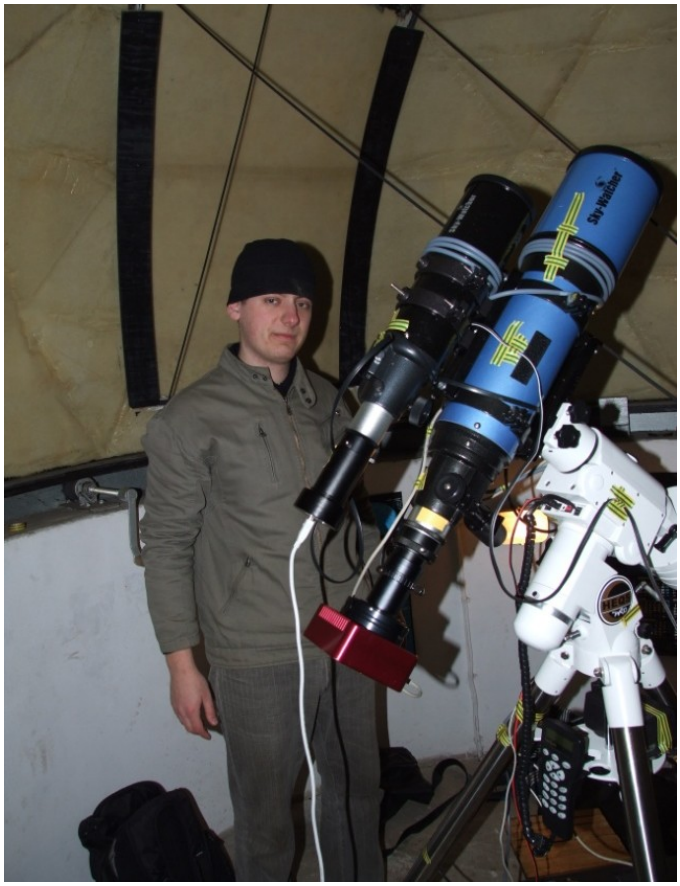
Wzbogacenie LI o LGS ma na celu umożliwienie stosowania tej techniki na niemal całym niebie, a nie tylko – jak do tej pory – w pobliżu naturalnych gwiazd. Wprawdzie LGS nie daje takich możliwość przy optyce adaptywnej (AO), gdyż brak jest bieżących informacji o *tip-tilt* i przez to wciąż w pewnym (ale już znacznie większym) oddaleniu kątowym wymagana jest naturalna gwiazda odniesienia, mimo obecności laserowej. Jednakże w naszym projekcie ten komponent *seeingu* ma być niwelowany podczas kosmetyki danych i nie spodziewamy się tu żadnych problemów, gdyż w „klasycznym" LI udaje się to z powodzeniem robić od ponad dwóch dekad.

Przeprowadziliśmy badania wykorzystując gwiazdę laserową stworzoną za pomocą układu teleskop - laser półprzewodnikowy. Ze względu na ich dostępność, w pierwszych próbach zastosowaliśmy diodę laserową zieloną o mocy wyjściowej 5mW (rys. 2). Dioda została obudowana odpowiednim radiatorem umożliwiającym odprowadzanie ciepła oraz elektroniką zasilającą.

Rys. 2. Typowa dioda laserowa. W naszym doświadczeniu użyto diody o świetle zielonym i mocy 5mW.

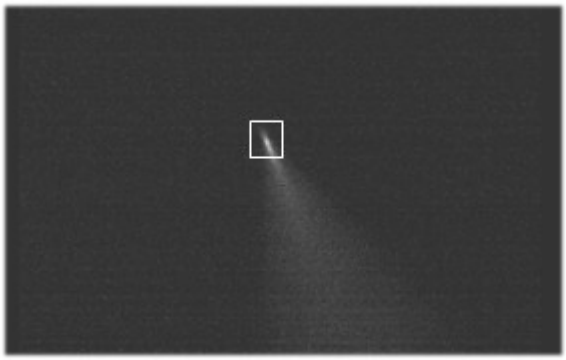
W badaniach wykorzystaliśmy refraktor SYNTA o średnicy soczewki 12 cm (główny teleskop) oraz refraktor SYNTA o aperturze 8 cm (teleskop pomocniczy, tzw. *Beam Launch Telescope*, BLT; rys. 2). Układ z diodą laserową został umieszczony w ognisku teleskopu pomocniczego (dotychczas wykorzystywanego jako tzw. *Guider*), natomiast w ognisku drugiego – głównego teleskopu – umieszczono kamerę QHY5 za układem Barlowa zwiększającego dwukrotnie ogniskową (efektywnie 1200mm). Kamera ta umożliwia odczyt około 30 fps; stąd uznano, iż będzie dobrze nadawać się do szybkiej rejestracji rozpraszanego w atmosferze światła laserowego powracającego do teleskopu głównego.

Dla naszego układu pikselowi na matrycy odpowiadało około 0.8" łuku. Teleskop główny oraz teleskop pomocniczy zostały ze sobą odpowiednio skolimowane, tak aby uzyskany został obraz "słupa światła" od wiązki laserowej, tak jak na rys. 3. Początkowo ustawiono odpowiednią ostrość obrazu teleskopu głównego poprzez użycie maski Bahtinova wykorzystując bardzo jasną gwiazdę, a następnie dostrajając wyciąg teleskopu pomocniczego ogniskowano wiązkę laserową tak, aby uzyskać jak najostrzejszy obraz w teleskopie głównym. Kolimowanie światła laserowego przy wykorzystaniu teleskopu pomocniczego o aperturze 8 cm – zamiast bardzo małych soczewek, w które wyposażane są typowo lasery dostępne komercyjnie – zwiększyło dokładność skupienia wiązki w atmosferze. Badając zasięg wiązki na obiektach naziemnych stwierdziliśmy, że nie przekracza on 2 km.



Rys. 3. Sprzęt wykorzystany podczas badań w obserwatorium Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w Kamieńcu (50º23’53”N, 18º42’50”E).

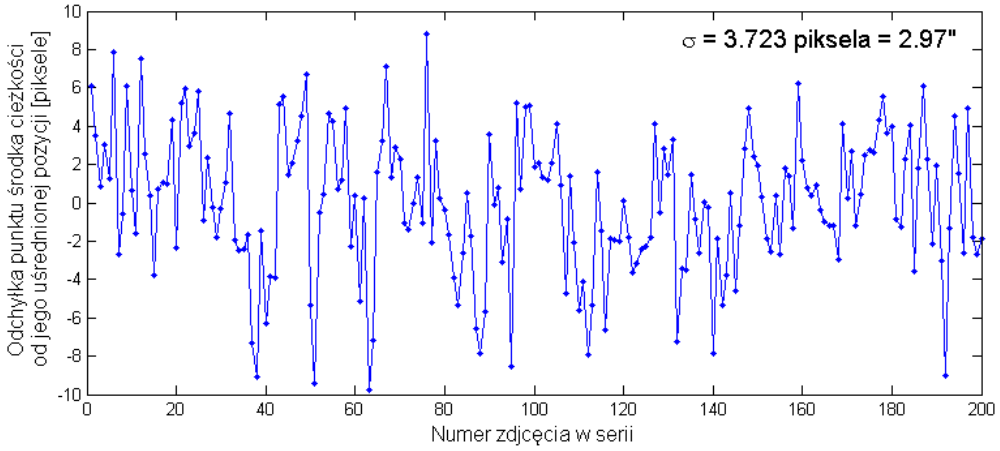
Podczas badań obserwowaliśmy zachowanie się wiązki na obrazie. Zauważyliśmy, iż momentami, mimo wyraźnej widoczności gwiazd, wiązka zdawała się skupiać w punkcie (rys. 5). Jak sądzimy było to efektem przechodzenia cienkiej warstwy chmur, które to powodowały silniejsze rozpraszanie wiązki laserowej, stąd widoczny silny punkt.



Rys. 4. Fragment obrazu wiązki laserowej uzyskiwanego w ognisku teleskopu głównego (rejestracja kamerą QHY5) - brak obecności chmur. Zaznaczono obszar badania pozornego ruchu wiązki w wyniku zjawiska *seeingu*.

Rys. 5. Fragment obrazu wiązki laserowej skupiającej się na cienkiej warstwie chmur niskich oraz znajdująca się w okolicy jasna gwiazda.

Przebadaliśmy również w serii zdjęć ruch pozorny wiązki wynikający z niestabilności atmosfery (*seeingu*). W kolejnych zdjęciach serii wyznaczaliśmy środek ciężkości obszaru badanego (widoczny na rys. 4). Następnie wyznaczyliśmy średni punkt ciężkości oraz wyznaczyliśmy jak zmienia się środek ciężkości w kolejnych zdjęciach serii.



Rys. 6. Zależność położenia środka ciężkości obrazu wiązki laserowej.

Jak przedstawiono na rys. 6, rozrzut punktu środka ciężkości jest na poziomie 3.7 piksela, co po przeliczeniu na miarę kątową daje 2.97". Wartość ta może być również interpretowana jakoś średni *FWHM* dla lokali-

zacji obserwatorium w czasie pomiarów. Jest to typowa wartość, jaką osiągaliśmy podczas innych pomiarów prowadzonych w obserwatorium - np. obserwacje fotometryczne.

Wnioski

Podsumowując, udało się z wykorzystaniem stosunkowo taniego zestawu teleskopu oraz dostępnej komercyjne diody laserowej podejść do problemu tworzenia laserowej sztucznej gwiazdy w celu diagnozowania wpływu dolnych warstw atmosfery na jakość obrazów. Wiedząc, iż nasz zestaw pozwala na obserwację wiązki laserowej o zasięgu nie większym niż 2 km, wnosimy, iż dla lokalizacji naszego obserwatorium podczas badań znaczący udział w degradacji rozdzielczości obrazu miały właśnie badane dolne warstwy atmosfery. Zgadza się to również z ogólną wiedzą odnośnie wertykalnego rozkładu turbulencji atmosferycznych: im „gorsza" lokacja obserwatorium, tym większy procent zaburzeń jest nisko nad powierzchnią Ziemi [13 i tamtejsze referencje]. Prowadzone prace stanowią wstęp do dalszych eksperymentów mających na celu wykorzystania niedrogich laserów w celu poprawienia rozdzielczości obrazów uzyskiwanych w złych warunkach atmosferycznych.

Bibliografia

[1] Dantowitz R. F., 1998, Sky and Telescope, 6, 48
[2] Smith A. et al., 2009, MNRAS, 398, Issue 4, str. 2069-2073
[3] Andersen D. et al., 2006, PASP 118, 1574-1590
[4] Avila R. et al., 2004, PASP 116, 682-692
[5] Egner S. et al., 2006, *G-SCIDAR measurements on Mt. Graham – recent results*, *Proc. SPIE Advances in Adaptive Optics* II, eds. B. Ellerbroek & D. B. Calia, 6272
[6] Lloyd-Hart M. et al., 2005, AJ 634, 679-686
[7] Lloyd-Hart M. et al., 2006, Opt. Express 14, 7541-7551
[8] Tokovinin A. & Travouillon T., 2006, MNRAS, 65, 1235-1242
[9] Tokovinin A. et al, 2005, PASP 117, 395-400
[10] Velur et al., *Multiple guide star tomography demonstration at Palomar Observatory*, 2006, *Proc. SPIE Advances in Adaptive Optics* II, eds. B. Ellerbroek & D. B. Calia, 6272
[11] Verin J. et al., 2000, "Gemini site testing campaign. Cerro Pachon and Cerro Tololo," Gemini RPT-AO-G0094, http://www.gemini.edu/
[12] Andersen D. R. et al., 2006, PASP, 118, Issue 849, pp. 1574-1590
[13] Catala L. et al., 2012, African Skies, 16, 95

Od lewej: Agnieszka Kuźmicz, Agnieszka Dymarek i Agata Kołodziejczyk.
(*archiva Astronomii Novej*)

Aktywne jądra galaktyk gigantycznych radioźródeł

Agnieszka Kuźmicz

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

cygnus@oa.uj.edu.pl

Radioźródła są jednym z typów aktywnych jąder galaktyk (AGNów). Niektóre z nich posiadają bardzo duże rozmiary struktur radiowych, przekraczające 0.7 Mpc, co sprawia, że są one największymi pojedynczymi obiektami we Wszechświecie. Nazywane są one gigantycznymi radioźródłami. Rozważa się kilka hipotez tłumaczących przyczyny powstawania ogromnych struktur radiowych gigantów. Mówią one, że: (1) giganty mogą być bardzo starymi radioźródłami, (2) mogą ewoluować w ośrodku międzygalaktycznym o niższej gęstości, (3) procesy powtarzającej się aktywności radiowej odpowiadają za powstawanie gigantycznych struktur radiowych, oraz (4) centralne galaktyki macierzyste mają specyficzne własności AGNu. We wcześniejszych pracach rozważałam ostatnią hipotezę dla gigantycznych radiokwazarów (Kuźmicz i Jamrozy 2012, Kuźmicz 2013). W wyniku przeprowadzonych analiz nie znalazłam takich własności AGNu, które odróżniały by gigantyczne radioźródła od radioźródeł o mniejszych rozmiarach. Przedstawione tutaj wyniki są kontynuacją wcześniejszych badań, lecz prowadzone są dla innej próbki obiektów. Wcześniej do moich rozważań wykorzystałam gigantyczne radiokwazary, natomiast w tej pracy zamieszczone są wyniki dla gigantycznych radiogalaktyk.

Metody

W swoich badaniach wykorzystałam próbkę gigantycznych radiogalktyk (42 obiekty), dla których dostępne były widma optyczne w bazie SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Jako próbkę obiektów porównawczych wzięłam próbkę radiogalaktyk opisaną w pracy Kozieł-Wierzbowska i Stasińska 2012. Poprzez analizę widm optycznych zostały wyznaczone masy czarnych dziur znajdujących się w centralnych AGNach. Do ich wyznaczenia skorzystałam z metody bazującej na występowaniu korelacji pomiędzy masą czarnej dziury (M_{BH}) a dyspersją prędkości gwiazd (σ_*) w galaktyce (Ferrarese i Merrit 2000, Gebhardt i in. 2000). Wspomniana korelacja może być zapisana w postaci:

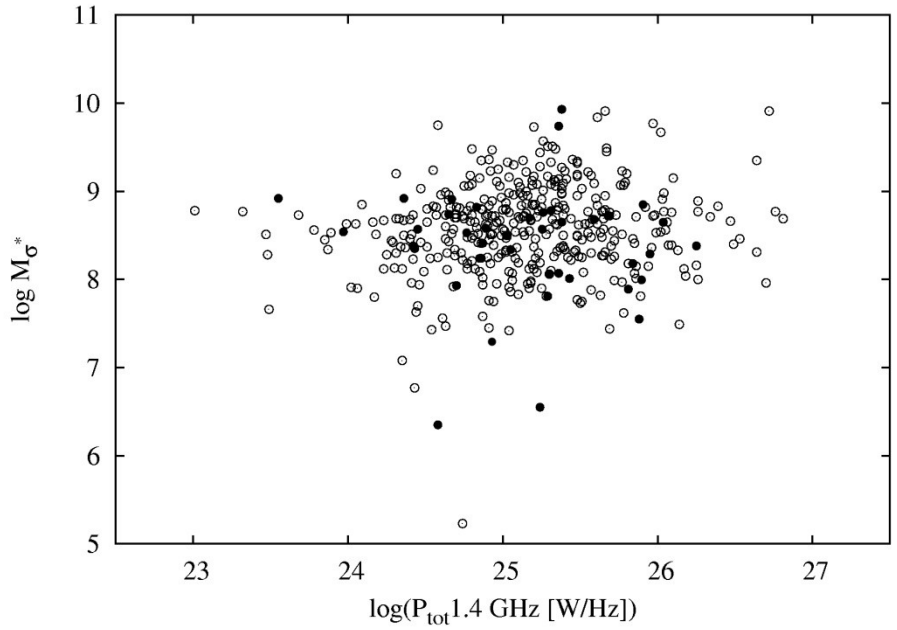
$$\mathrm{Log}(M_{BH}) = \alpha + \beta \log(\sigma_*/200 \text{ km s}^{-1}),$$

gdzie stałe α i β wynoszą odpowiednio 8.13±0.05 oraz 5.13±0.34 (Graham 2011). W celu wyznaczenia σ_* dla badanych radioźródeł użyłam programu Starlight Synthesies Code, który dopasowuje kontinuum gwiazdowe do

widma galaktyki. Jednym z parametrów, które można otrzymać w wyniku dopasowania jest wartość dyspersji prędkości.

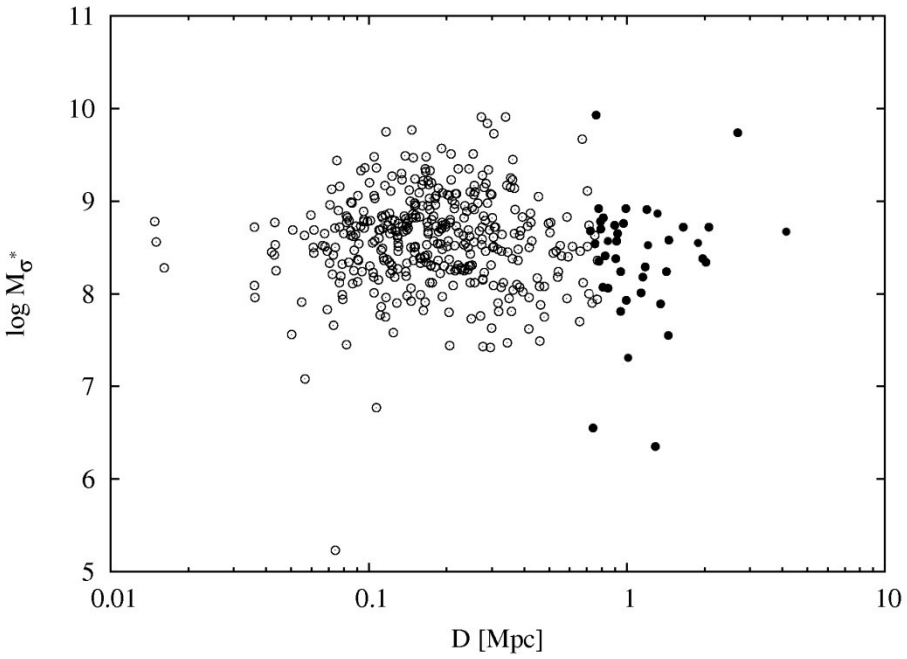
Wyniki

Otrzymane wartości mas czarnych dziur porównałam z całkowitą mocą radiową radioźródła oraz z jego rozmiarami. Na Rysunkach 1, 2 przedstawione są zależności pomiędzy tymi parametrami. Pełnymi kółkami zaznaczone są gigantyczne radiogalaktyki, natomiast pustyni kółkami – radiogalaktyki o mniejszych rozmiarach struktur radiowych.



Rys. 1. Zależność pomiędzy masą czarnej dziury a całkowitą mocą radiową w skali logarytmicznej.

Podobnie jak dla gigantycznych radiokwazarów nie znalazłam bezpośredniej relacji pomiędzy własnościami centralnego AGNu a parametrami struktur radiowych dla gigantycznych radiogalaktyk. Świadczy to o tym, że badane własności AGN nie mają znaczącego lub bezpośredniego wpływu na powstawanie wielkoskalowych struktur radiowych. Inne czynniki muszą zatem decydować o przyczynach powstawania gigantów. Nie koniecznie tylko te, które zostały podane we wstępie do tej pracy, ale być może również nowe, które nie były do tej pory jeszcze rozważane.



Rys. 2. Zależność pomiędzy masą czarnej dziury a rozmiarem liniowym struktury radiowej.

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/N/S00726.

Bibliografia

Graham A.W. et al., 2011, MNRAS, 412, 2211
Ferrarese L., Merritt D., 2000, ApJ, 539, 9
Gebhardt K. et al., 2000, ApJ, 539, 13
Kozieł-Wierzbowska D., Stasińska G., 2011, MNRAS, 415, 1013
Kuźmicz A., Jamrozy M., 2012, MNRAS, 426,851
Kuźmicz A., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013, 217-220

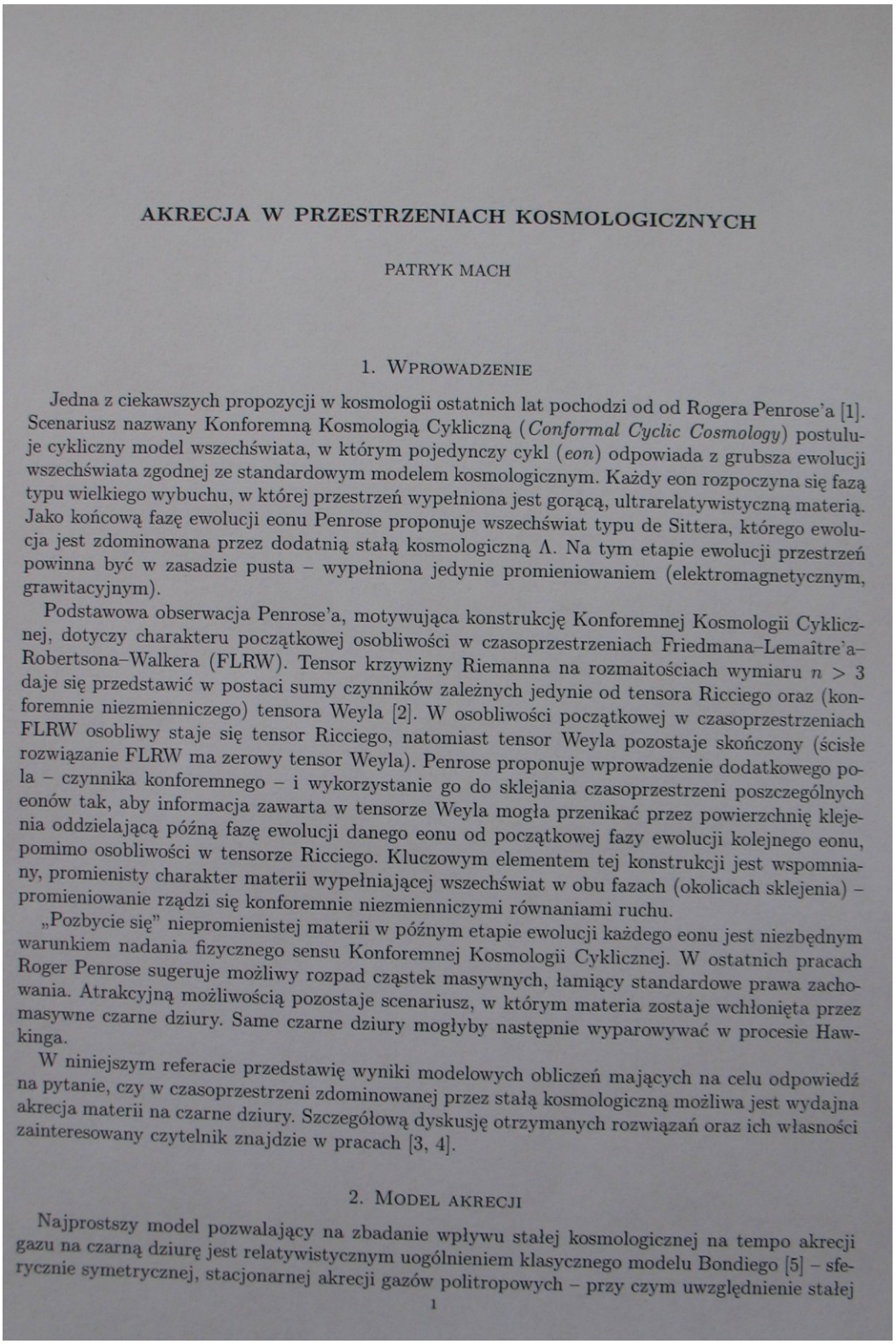
Patryk Mach podczas wykładu. (*archiva Astronomii Novej*)

Akrecja w przestrzeniach Kosmologicznych

Patryk Mach

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

(Autor i redakcja przepraszają czytelników za uciążliwość lektury)



AKRECJA W PRZESTRZENIACH KOSMOLOGICZNYCH

PATRYK MACH

1. Wprowadzenie

Jedna z ciekawszych propozycji w kosmologii ostatnich lat pochodzi od od Rogera Penrose'a [1]. Scenariusz nazwany Konforemną Kosmologią Cykliczną (*Conformal Cyclic Cosmology*) postuluje cykliczny model wszechświata, w którym pojedynczy cykl (*eon*) odpowiada z grubsza ewolucji wszechświata zgodnej ze standardowym modelem kosmologicznym. Każdy eon rozpoczyna się fazą typu wielkiego wybuchu, w której przestrzeń wypełniona jest gorącą, ultrarelatywistyczną materią. Jako końcową fazę ewolucji eonu Penrose proponuje wszechświat typu de Sittera, którego ewolucja jest zdominowana przez dodatnią stałą kosmologiczną Λ. Na tym etapie ewolucji przestrzeń powinna być w zasadzie pusta – wypełniona jedynie promieniowaniem (elektromagnetycznym, grawitacyjnym).

Podstawowa obserwacja Penrose'a, motywująca konstrukcję Konforemnej Kosmologii Cyklicznej, dotyczy charakteru początkowej osobliwości w czasoprzestrzeniach Friedmana–Lemaître'a–Robertsona–Walkera (FLRW). Tensor krzywizny Riemanna na rozmaitościach wymiaru $n > 3$ daje się przedstawić w postaci sumy czynników zależnych jedynie od tensora Ricciego oraz (konforemnie niezmienniczego) tensora Weyla [2]. W osobliwości początkowej w czasoprzestrzeniach FLRW osobliwy staje się tensor Ricciego, natomiast tensor Weyla pozostaje skończony (ścisłe rozwiązanie FLRW ma zerowy tensor Weyla). Penrose proponuje wprowadzenie dodatkowego pola – czynnika konforemnego – i wykorzystanie go do sklejania czasoprzestrzeni poszczególnych eonów tak, aby informacja zawarta w tensorze Weyla mogła przenikać przez powierzchnię klejenia oddzielającą późną fazę ewolucji danego eonu od początkowej fazy ewolucji kolejnego eonu, pomimo osobliwości w tensorze Ricciego. Kluczowym elementem tej konstrukcji jest wspomniany, promienisty charakter materii wypełniającej wszechświat w obu fazach (okolicach sklejenia) – promieniowanie rządzi się konforemnie niezmienniczymi równaniami ruchu.

„Pozbycie się" niepromienistej materii w późnym etapie ewolucji każdego eonu jest niezbędnym warunkiem nadania fizycznego sensu Konforemnej Kosmologii Cyklicznej. W ostatnich pracach Roger Penrose sugeruje możliwy rozpad cząstek masywnych, łamiący standardowe prawa zachowania. Atrakcyjną możliwością pozostaje scenariusz, w którym materia zostaje wchłonięta przez masywne czarne dziury. Same czarne dziury mogłyby następnie wyparowywać w procesie Hawkinga.

W niniejszym referacie przedstawię wyniki modelowych obliczeń mających na celu odpowiedź na pytanie, czy w czasoprzestrzeni zdominowanej przez stałą kosmologiczną możliwa jest wydajna akrecja materii na czarne dziury. Szczegółową dyskusję otrzymanych rozwiązań oraz ich własności zainteresowany czytelnik znajdzie w pracach [3, 4].

2. Model akrecji

Najprostszy model pozwalający na zbadanie wpływu stałej kosmologicznej na tempo akrecji gazu na czarną dziurę jest relatywistycznym uogólnieniem klasycznego modelu Bondiego [5] – sferycznie symetrycznej, stacjonarnej akrecji gazów politropowych – przy czym uwzględnienie stałej

1

kosmologicznej sprowadza się do analizy relatywistycznego przepływu gazu w czasoprzestrzeni Schwarzschilda–de Sittera ($\Lambda > 0$) lub Schwarzschilda–anty de Sittera ($\Lambda < 0$).

Proponowana konstrukcja bazuje na modelu Einsteina–Strausa [6, 7]. Sferycznie symetryczny obszar z metryką Schwarzschilda–(anty) de Sittera (dziura Einsteina–Strausa) jest sklejany z zewnętrznym rozwiązaniem FLRW. Szczegóły takiego sklejenia zostały opracowane w pracy [8]. W centrum takiego obszaru umieszczona jest czarna dziura o masie m, otoczona sferycznym, nieważkim obłokiem akrecyjnym. W przedstawionych rozważaniach zakładamy, że efektywny promień obłoku akrecyjnego jest mniejszy od promienia dziury Einsteina–Strausa.

W ramach analogicznej konstrukcji można również rozważać bardziej skomplikowany model, uwzględniający własną grawitację gazu. Numeryczne wyniki uzyskane w ten sposób zostały zaprezentowane przez Karkowskiego i Malca w [10].

3. Przykładowe rozwiązania

Metryka Schwarzschilda–(anty) de Sittera w cechowaniu polarnym ma postać

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)dt^2 + \frac{dr^2}{\left(1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)} + r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right),$$

gdzie (t, r, θ, ϕ) oznaczają współrzędne sferyczne (używamy układu jednostek, w którym $c = G = 1$). Miejsca zerowe wyrażenia $1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2$ odpowiadają horyzontom w powyższej metryce. Dla $0 < \Lambda < \frac{1}{9m^2}$ są one dane przez

$$\begin{aligned} r_a &= \frac{2}{\sqrt{\Lambda}}\cos\left[\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\arccos\left(3m\sqrt{\Lambda}\right)\right], \\ r_b &= \frac{2}{\sqrt{\Lambda}}\cos\left[\frac{\pi}{3} - \frac{1}{3}\arccos\left(3m\sqrt{\Lambda}\right)\right]. \end{aligned}$$

Łatwo pokazać, że $0 < 2m < r_a < 3m < \frac{1}{\sqrt{\Lambda}} < r_b < \frac{3}{\sqrt{\Lambda}}$. Promień r_a odpowiada horyzontowi czarnej dziury (w dalszej części wykładu promień horyzontu czarnej dziury będzie oznaczany symbolem r_h); promień r_b odpowiada horyzontowi kosmologicznemu. Dla $\Lambda < 0$ metryka Schwarzschilda–anty de Sittera ma tylko jeden horyzont (czarnej dziury) o promieniu

$$r_h = \frac{2}{\sqrt{|\Lambda|}}\sinh\left[\frac{1}{3}\operatorname{ar\,sinh}\left(3m\sqrt{|\Lambda|}\right)\right].$$

Osobliwości układu współrzędnych na horyzoncie czarnej dziury można uniknąć wprowadzając nowe współrzędne typu Eddingtona–Finkelsteina. Określamy nowy czas t_{EF} wzorem

$$dt = dt_{\mathrm{EF}} - \frac{\frac{2m}{r} + \frac{\Lambda}{3}r^2}{1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2}dr.$$

W nowych współrzędnych metrykę Schwarzschilda–(anty) de Sittera można zapisać jako

$$\begin{aligned} ds^2 &= -\left(1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)dt_{\mathrm{EF}}^2 + 2\left(\frac{2m}{r} + \frac{\Lambda}{3}r^2\right)dt_{\mathrm{EF}}dr \\ &\quad + \left(1 + \frac{2m}{r} + \frac{\Lambda}{3}r^2\right)dr^2 + r^2\left(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2\right). \end{aligned}$$

Ruch płynu (gazu) opisany jest standardowymi prawami zachowania

$$\nabla_\mu(\rho u^\mu) = \frac{1}{\sqrt{-g}}\partial_\mu\left(\sqrt{-g}\rho u^\mu\right) = 0, \tag{1}$$

$$\nabla_\mu\left((e + p)u^\mu u^\nu + p g^{\mu\nu}\right) = 0. \tag{2}$$

W powyższym wzorze u^μ oznacza czteroprędkość płynu, ρ jest gęstością barionową, p ciśnieniem, a e gęstością energii. Wprowadzamy również entalpię właściwą $h = (e+p)/\rho$ oraz lokalną prędkość dźwięku a.

Równania (1) oraz (2) można łatwo scałkować w przypadku stacjonarnych, sferycznie symetrycznych przepływów. Otrzymujemy wtedy

$$r^2 \rho u^r = \text{const}, \tag{3}$$

$$h\sqrt{1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2 + (u^r)^2} = \text{const}. \tag{4}$$

Warto odnotować, że powyższe równania maja dokładnie tę samą postać, zarówno w cechowaniu polarnym, jak i we wprowadzonych współrzędnych typu Eddingtona–Finkelsteina.

Analityczne rozwiązania można znaleźć zakładając równania stanu $p = ke$, gdzie $k = 1/3, 1/2, 1$. W przypadku politropowych równań stanu $p = K\rho^\Gamma$ $(K, \Gamma = \text{const})$ rozwiązania można uzyskać w oparciu o proste metody numeryczne.

Zakładamy, że obłok płynu rozciąga się do promienia $r = r_\infty$ (skończonego), gdzie gęstość barionowa przyjmuje wartość ρ_∞, a lokalna prędkość dźwięku wynosi a_∞ (dla politrop). Dla politropowych równań stanu ustalamy wykładnik Γ. W przypadku „izotermicznych" równań stanu postaci $p = ke$ wygodniej jest ustalić brzegową wartość gęstości energii e_∞. Zadajemy również wartości m oraz Λ. Podobnie, jak w przypadku klasycznych prac [5, 9], będziemy poszukiwać rozwiązań przechodzących przez punkt dźwiękowy, dla którego $a = |u^r/u_t|$. Wartości odnoszące się do punktu dźwiękowego będą w dalszym ciągu oznaczane gwiazdką.

Jako przykład podajemy rozwiązanie dla równania stanu $p = e/3$. Analityczną postać pozostałych rozwiązań można znaleźć w [3]. Określamy

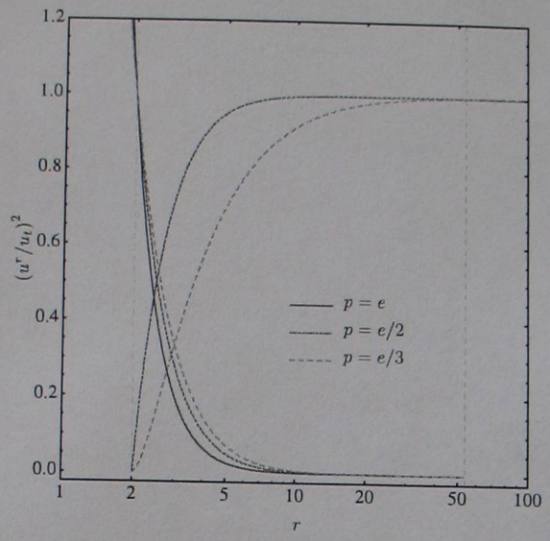
$$\begin{aligned} X_1 &= -1 + \frac{2m}{r} + \frac{\Lambda}{3}r^2 + \frac{(1 - 9\Lambda m^2)r^2}{(3m)^2} \\ &\quad \times \cos\left\{\frac{\pi}{3} - \frac{1}{3}\arccos\left[\frac{3^3 m^2\left(1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)}{(1 - 9\Lambda m^2)r^2}\right]\right\}, \\ X_2 &= -1 + \frac{2m}{r} + \frac{\Lambda}{3}r^2 + \frac{(1 - 9\Lambda m^2)r^2}{(3m)^2} \\ &\quad \times \cos\left\{\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3}\arccos\left[\frac{3^3 m^2\left(1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right)}{(1 - 9\Lambda m^2)r^2}\right]\right\}. \end{aligned}$$

Rozwiązania (dla $(u^r)^2$) można wtedy zapisać jako

$$(u^r)^2 = \begin{cases} X_2, & r \geqslant 3m, \\ X_1, & r < 3m, \end{cases} \quad (u^r)^2 = \begin{cases} X_1, & r \geqslant 3m, \\ X_2, & r < 3m. \end{cases}$$

Są one odpowiednio poddźwiękowe oraz naddźwiękowe na zewnątrz punktu dźwiękowego. Punkt dźwiękowy znajduje się w $r_* = 3m$, niezależnie od wartości Λ – jest to wyjątkowa cecha rozwiązań dla równania stanu $p = e/3$.

Przykładowe rozwiązania uzyskane dla równań stanu $p = ke$ z $k = 1/3, 1/2, 1$ zostały wykreślone na rysunkach 1 i 2. Uzyskanie rozwiązań dla politropowych równań stanu wymaga zastosowania prostych metod numerycznych. Przykłady takich rozwiązań dla dodatnich wartości stałych kosmologicznych przedstawia rysunek 3, przy czym wykreślone zostały jedynie rozwiązania o poddźwiękowym charakterze z dala od centrum obłoku. Pogrubionymi liniami zaznaczono wykresy funkcji $(u^r/u_t)^2$; cieńsze linie oznaczają wykresy kwadratu prędkości dźwięku a^2.



RYSUNEK 1. Rozwiązania dla „izotermicznych" równań stanu $p = ke$ z $k = 1/3, 1/2, 1$, $\Lambda = 1/1000$, $m = 1$. Pionowe, przerywane linie oznaczają położenie horyzontów.

Interesująca sytuację można zaobserwować na wykresie 4, analogicznym do rysunku 3, ale dotyczącym ujemnych wartości stałej kosmologicznej. W tym przypadku, wraz ze wzrostem modułu $|\Lambda|$ rośnie brzegowa wartość $(u^r/u_t)^2$. Istnieje pewna graniczna wartość $|\Lambda|$, dla której $(u^r/u_t)^2 = a^2$ na brzegu obłoku. Z formalnego punktu widzenia rozwiązanie przechodzi wtedy przez 2 punkty dźwiękowe. Taką sytuację obrazuje rysunek 5, przedstawiający obie gałęzie rozwiązań przechodzących przez wewnętrzny punkt dźwiękowy. Zamknięta pętla na rysunku 5 przypomina orbity homokliniczne w teorii układów dynamicznych. Rozwiązania tego typu zostały zaobserwowane wcześniej w przybliżonych modelach przepływów akrecyjnych z niewielkim krętem [11]. Rysunek 5 zawiera również wykresy rozwiązań o tych samych wartościach stałych całkowania w równaniach (3) i (4), ale różniących się wartościami stałej K w politropowym równaniu stanu.

4. ZALEŻNOŚĆ TEMPA AKRECJI OD WARTOŚCI STAŁEJ KOSMOLOGICZNEJ

W kontekście niniejszej pracy interesuje nas głównie wydajność procesu akrecji. Istnieją co najmniej dwie rozsądne miary tempa akrecji. Tempo akrecji zadane wzorem

$$\dot{m} = -4\pi r^2 \sqrt{1 - \frac{2m}{r} - \frac{\Lambda}{3} r^2 + (u^r)^2} u^r (e + p)$$

odpowiada masie kwazilokalnej

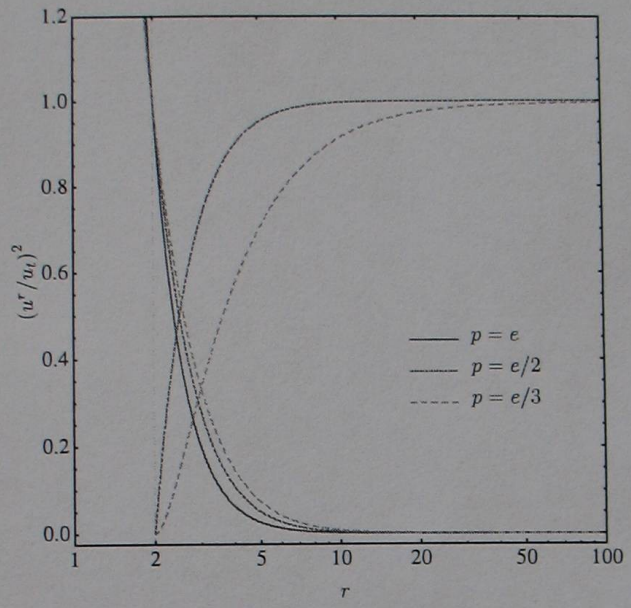
$$m(r) = 4\pi \int^r dr' r'^2 e.$$

Z masą barionową

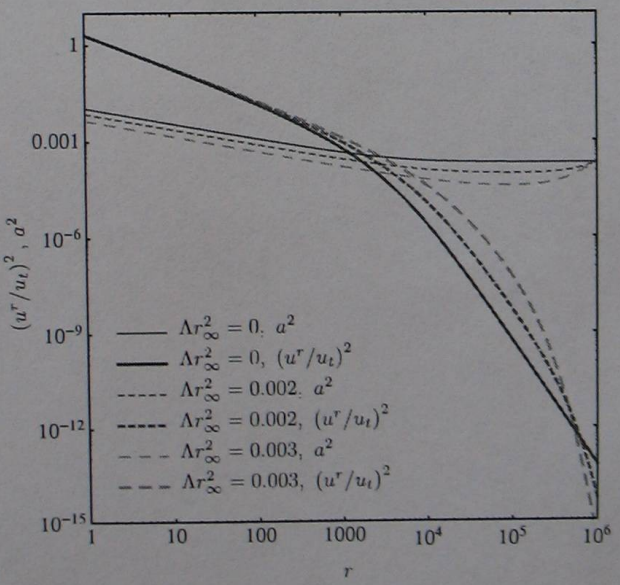
$$m_B(r) = 4\pi \int^r dr' r'^2 u^t \rho$$

związane jest tempo akrecji

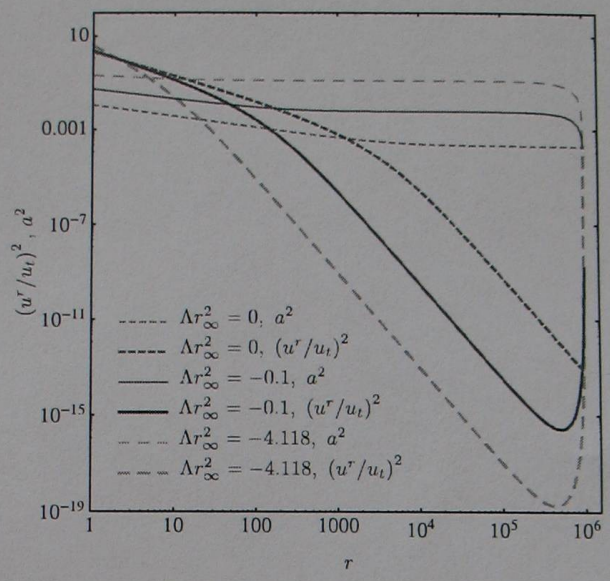
$$\dot{B} = -4\pi r^2 u^r \rho.$$



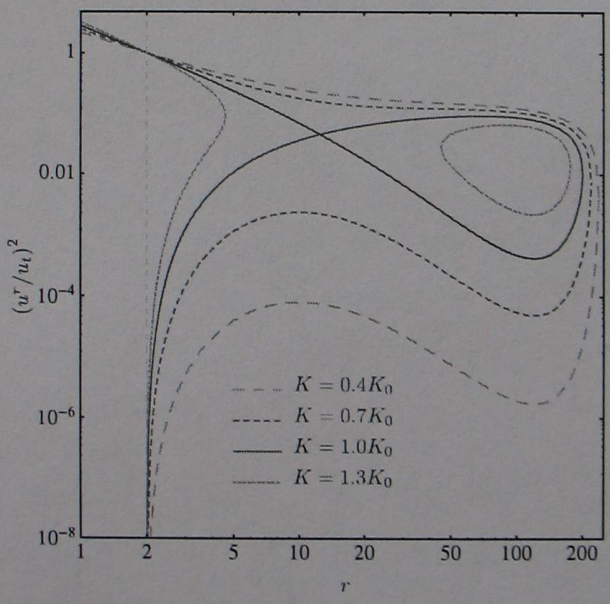
RYSUNEK 2. Rozwiązania dla „izotermicznych" równań stanu $p = ke$ z $k = 1/3, 1/2, 1$, $\Lambda = -1/1000$, $m = 1$. Pionowa linia oznacza położenie horyzontu czarnej dziury.



RYSUNEK 3. Rozwiązania uzyskane dla politropowego równania stanu z wykładnikiem $\Gamma = 4/3$, $m = 1$, $r_\infty = 10^6$, $a_\infty^2 = 2 \times 10^{-4}$. Rysunek przedstawia zarówno wykresy a^2, jak i $(u^r/u_t)^2$, dla trzech różnych wartości stałej kosmologicznej $\Lambda r_\infty^2 = 0, 2 \times 10^{-3}$ and 3×10^{-3}.



RYSUNEK 4. To samo, co na rysunku 3, ale dla $\Lambda r_\infty^2 = 0, -0.1$ and -4.118.



RYSUNEK 5. Rozwiązania dla politropowego równania stanu z $\Gamma = 4/3$. Poszczególne krzywe odpowiadają rozwiązaniom o różnych wartościach stałej politropowej K (różna entropia właściwa). Rozwiązanie „homoklinicznе" (stała $K = 0$) odpowiada wartości $a_\infty^2 = 1/100$ dla promienia $r_\infty = 200$. W powyższym przykładzie $m = 1$, $\Lambda \approx -0.3328$.

W przypadku równań stanu $p = ke$ z $k = 1/3, 1/2, 1$ oba tempa akrecji można obliczyć analitycznie. Dla przykładu, dla $p = e/3$ można otrzymać

$$\dot{m} = \frac{16\pi}{3\sqrt{3}\sqrt[3]{2m^2}} \left(1 - 9\Lambda m^2\right)^{\frac{1}{3}} \left(r_\infty^2 |u_\infty^r|\right)^{\frac{4}{3}} e_\infty,$$

gdzie

$$\begin{aligned} r_\infty^2 |u_\infty^r| &= r_\infty^2 \left\{ -1 + \frac{2m}{r_\infty} + \frac{\Lambda}{3} r_\infty^2 + \frac{(1 - 9\Lambda m^2) r_\infty^2}{(3m)^2} \right. \\ &\quad \left. \times \cos\left[\frac{\pi}{3} + \frac{1}{3} \arccos\left(\frac{3^3 m^2 \left(1 - \frac{2m}{r_\infty} - \frac{\Lambda}{3} r_\infty^2\right)}{(1 - 9\Lambda m^2) r_\infty^2} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

(u_∞^r oznacza wartość radialnej składowej czteroprędkości na brzegu obłoku). Pozostałe wyrażenia zainteresowany czytelnik znajdzie w [3].

Ponieważ warunki sklejania dziury Einsteina–Strausa z zewnętrzną przestrzenią kosmologiczną nakładają więzy na całkowitą masę dziury, warto rozważyć taką parametryzację rozwiązań, w której całkowita masa obłoku akrecyjnego pozostaje stała.

Definiujemy masę gazu zawartego w obłoku

$$m_f = 4\pi \int_{r_h}^{r_\infty} dr r^2 e.$$

Dla równań stanu postaci $p = ke$ masę m_f można zapisać jako

$$m_f = 4\pi e_\infty (r_\infty^2 |u_\infty^r|)^{1+k} \int_{r_h}^{r_\infty} \frac{dr'}{r'^{2k} |u^r|^{1+k}}.$$

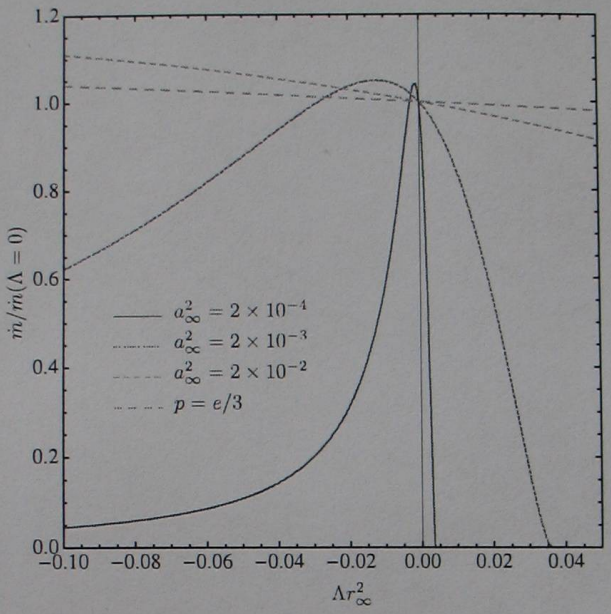
Prowadzi to do następującego wyrażenia na tempo akrecji

$$\dot{m} = \frac{1+k}{\sqrt{k} r_*^{2k}} \left(\frac{m}{2r_*} - \frac{\Lambda}{6} r_*^2\right)^{\frac{1-k}{2}} \left(\int_{r_h}^{r_\infty} \frac{dr'}{r'^{2k} |u^r|^{1+k}} \right)^{-1} m_f.$$

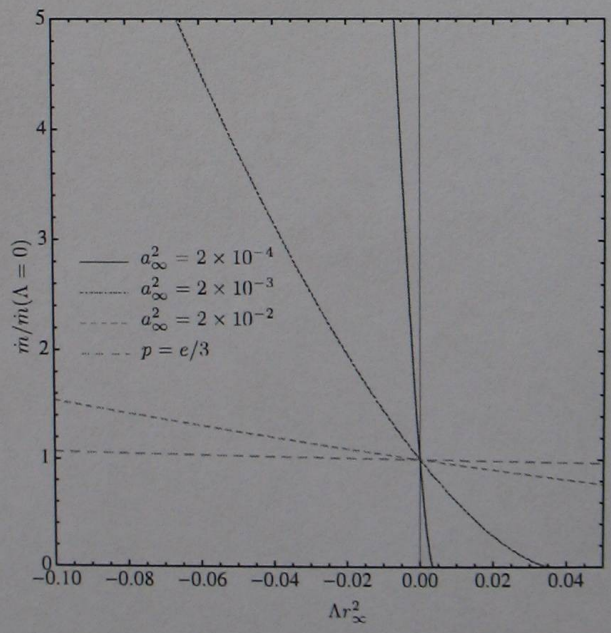
Analogiczne wzory można również uzyskać w przypadku politropowym. Podobnie łatwo jest otrzymać wzory wyrażające tempo akrecji masy barionowej $\dot{B}$.

Zależność tempa akrecji od wartości stałej kosmologicznej ilustrują wykresy 6 oraz 7. Dla dodatnich wartości stałej kosmologicznej tempo akrecji maleje wraz z rosnącą wartością Λ, przy czym powyżej pewnej granicznej wartości stałej kosmologicznej nie istnieją stacjonarne rozwiązania akrecyjne. W przypadku ujemnych wartości stałej kosmologicznej sytuacja jest złożona – relacja między tempem akrecji a stałą kosmologiczną zależy od parametryzacji rozwiązań. Politropowe konfiguracje o ustalonej masie osiągają maksimum $\dot{m}$ dla pewnej ustalonej, ujemnej wartości Λ. W przypadku parametryzacji z ustaloną wartością gęstości brzegowej tempo akrecji okazuje się malejącą funkcją Λ, również w sektorze $\Lambda < 0$. Dla „izotermicznych" równań stanu postaci $p = ke$ tempo akrecji jest malejącą funkcją w obu parametryzacjach. Wyjątek stanowi tzw. sztywne równanie stanu $p = e$, dla którego tempo akrecji masy barionowej osiąga maksimum dla pewnej ujemnej wartości Λ.

Warto dodać, że powyższe własności politropowych płynów testowych zgadzają się z numerycznymi wynikami uwzględniającymi własną grawitację gazu, uzyskanymi przez Karkowskiego i Malca w [10].



RYSUNEK 6. Zależność tempa akrecji $\dot{m}$ od Λ dla układów z ustaloną masą m_f. Poszczególne wykresy odpowiadają politropowym płynom z $\Gamma = 4/3$, $m = 1$, $r_\infty = 10^6$ oraz $a^2_\infty = 2 \times 10^{-4}, 2 \times 10^{-3}$ i 2×10^{-2}. Ostatni wykres odpowiada równaniu stanu $p = e/3$.



RYSUNEK 7. Zależność tempa akrecji $\dot{m}$ od Λ dla układów o ustalonej brzegowej gęstości energii e_∞. Wszystkie pozostałe parametry jak na rysunku 6.

5. Podsumowanie

Globalna ekspansja wszechświata może wpływać na lokalne, związane struktury poprzez stałą kosmologiczną, nawet w ramach wyjątkowo prostej konstrukcji przedstawionej powyżej. W późnych, zdominowanych przez stałą kosmologiczną etapach ewolucji wszechświata, stacjonarna akrecja na czarne dziury jest najprawdopodobniej wyjątkowo mało wydajnym procesem. W kontekście Konforemnej Kosmologii Cyklicznej jest to oczywiście zła wiadomość, przynajmniej na obecnym etapie badań.

Najciekawsze własności przedstawionego modelu dotyczą sektora z $\Lambda < 0$. W przypadku politropowych równań stanu pojawiają się rozwiązania „homokliniczne", natomiast relacja pomiędzy tempem akrecji a wartością stałej kosmologicznej zależy od przyjętej parametryzacji rozwiązań.

Osobnym problemem, który nie został poruszony w powyższym wykładzie, jest stabilność uzyskanych rozwiązań. Liniowa stabilność względem zaburzeń spełniających tak zwany warunek potencjalności została udowodniona w [4].

Literatura

[1] R. Penrose, Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe, Bodley Head 2010 polski przekład: Cykle czasu: Nowy niezwykły obraz Wszechświata, Prószyński i S-ka, Warszawa 2011
[2] S.W. Hawking, G.F.R. Ellis, The large scale structure of space-time, Cambridge University Press 1973
[3] P. Mach, E. Malec, J. Karkowski, arXiv:1309.1252 (2013)
[4] P. Mach, E. Malec, arXiv:1309.1546 (2013)
[5] H. Bondi, Mon. Not. R. Astron. Soc. 112, 192 (1952)
[6] A. Einstein, E.G. Straus, Review of Modern Physics 17, 120 (1945)
[7] A. Einstein, E.G. Straus, Review of Modern Physics 18, 148 (1946)
[8] R. Balbinot, R. Bergamini, A. Comastri, Phys. Rev. D38, 2415 (1988)
[9] F.C. Michel, Astrophys. Space Sci. 15, 153 (1972)
[10] J. Karkowski, E. Malec, Phys. Rev. D87, 04407 (2013)
[11] T.K. Das, B. Czerny, New Astronomy 17, 254 (2012)

Patryk Mach, Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Reymonta 4, 30-059 Kraków
E-mail address: Patryk.Mach@uj.edu.pl

Na wycieczce (od lewej): Vladislava Marsakova, Maria Tkachenko oraz Tayisia Shakun. (*archiva Astronomii Novej*)

Miras or SRa's – the transient type variables

Vladislava Marsakova[1], Ivan Andronov[2]

[1] Odessa National University named after I.I.Mechnikov, Odessa, *vmarsakova @ mail.ru*

[2] Department "High and Applied Mathematics", Odessa National Maritime University, Odessa, *tt_ari @ ukr.net*

The group of Mira-type and semi-regular variables with similar periodicity (multiperiodicty) is analyzed. They have periods of 230–260 days and 140–150 days and show intervals of periodical (Mira-type) variability with relatively high amplitude and "semi-regular" (SR-type) small-amplitude oscillations. Results of periodogram analysis are represented.

Several variables of M and SR types drew our attention due to similar properties of their photometric behavior: intervals of periodical (Mira-type) variability with relatively high amplitudes turns to "semi-regular" (SR-type) small-amplitude oscillations with not so prominent periodicity on their light curves. Some star s show secular amplitude decreasing (such as Y Per and V Boo at the Fig. 1) that is typically for semi-regular or transient type variables [1].

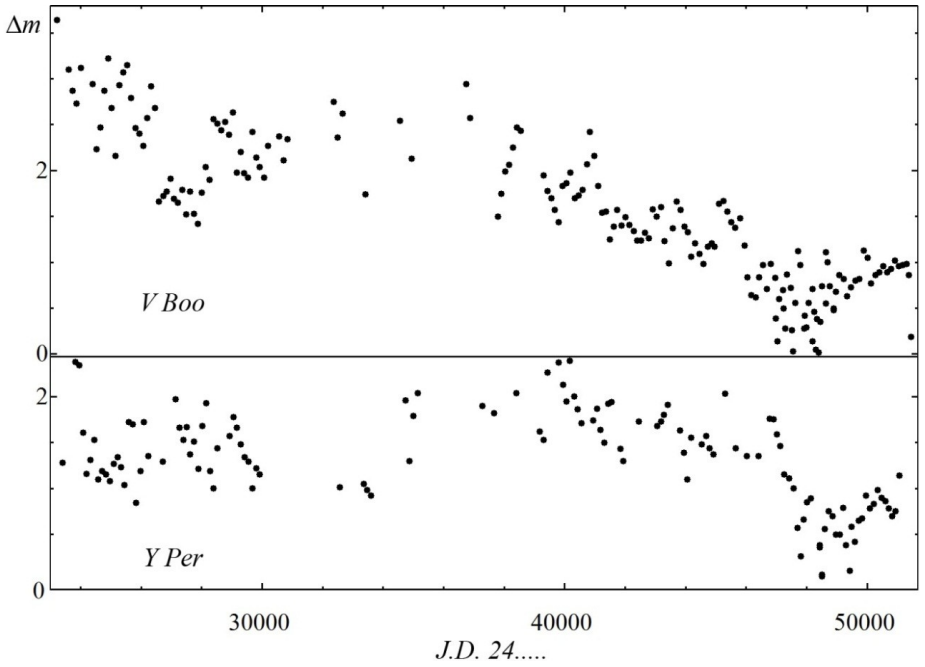


Fig. 1. Amplitude changes of V Boo and Y Per. Light curve for Y Per is shown in [2]. The amplitude is measured twice in cycle at ascending and descending branches.

For some of these variables, very similar periodicity (or multi-periodicity) was found. Four variables were carefully analyzed [3], [4]. The methodic [5] have been used. Such we have studied their by using different methods of time-series analysis, such as the periodogram analysis using trigonometric polynomial fit [6], wavelet analysis and individual cycle characteristics analysis us-

ing the running parabola fit [7]. We have used the amateur observations from AAVSO database. For other stars we give the results of preliminary periodogram analysis in the Table 1.

Several period values in the column P_1, may be caused by period changes during 100-years interval typical for long periodic variables. The values of test-function S are shown in the brackets. For peaks with similar height, several period ratios are given. S Aql shows an inversion of period sequence, but period ratio also is calculated as bigger-to-smaller.

Table 1. Results of periodogram analysis.

Variable	P_1, (S)	P_2, (S)	Period ratio	GCVS classification [8]	Spectral class [8]
T Col	226.1 (0.60) 229.8 (0.11)	139.6 (0.06)	1.62	M	M3e-M6e
DN Her	225.3 (0.52) 230.7 (0.18)	139.3 (0.13)	1.62	M	
EL Lyr	235.8 (0.57) 230.8 (0.31)	143.3 (0.20)	1.65 1.61	M	
S Tri	249.5 (0.16) 240.4 (0.08)	148.1 (0.07)	1.68 1.62	M	M2e
Y Per	253 (0.32). 245.3 (0.08)	149.4 (0.04)	1.70	M	C4,3e
S Sex	254.7 (0.32) 258.8 (0.26) 264.6 (0.20)	150 (0.15)	1.70 1.72 1.76	M	M2-M5e
UZ Hya	266.3 (0.59)	153.8 (0.2)	1.73	M	M4e
AN Peg	272.0 (0.6)	156.0 (0.26)	1.74	M	M5
S Aql	146.7(0.48)	245.2 (0.18)	1.67	SRa	M3-M5.5e
RU And	234.3 (0.08) 245.7 (0.07)	124,7 (0,03) 146,8 (0,02)	1.87 1.67	SRa	M5-M6e
V Boo	257.5(0.49) 260 (0.17)	151 (0.07)	1.70	SRa	M6e
X Mon	257.6 (0.37) 260.8 (0.07)	151.1 (0.06)	1.71	SRa	M1e-M6ep
RR Her	236.7 (0.24) 261.3 (0.05)	143.5 (0.05)	1.61	SRb	C5,7e-8,1e
ST Her	256.5 (0.07)	150.8 (0.06) 152.1 (0.06)	1.70 1.68	SRb	M6-M7
S Sct	268.6 (0.03)	151.3 (0.02)	1.77	SRb	C6,4

Typical periodograms are shown at the Fig. 2-3 for the Mira-type variable EL Lyr and semi-regular ST Her.

As the result, very similar multi-periodicities were detected: the periods 230–260 days are represented by all these stars as well as the periods 140–150 days. Period ratio 1,7 is typical for some long-periodic stars, but a bigger ratios also present [9]. So among SRa and M-variables they may form the separate group of "transient" variables (notable that all these semi-regular stars show intervals of "Mira-like" variability).

But there are some questions for further studies: Is this similar periodicity an evidence of close evolutionary stages? Is this stage long-lasting, if we observe many variables with these periods?

This study is a part of the projects "Inter-Longitude Astronomy" [10] and "Ukrainian Virtual Observatory" [11].

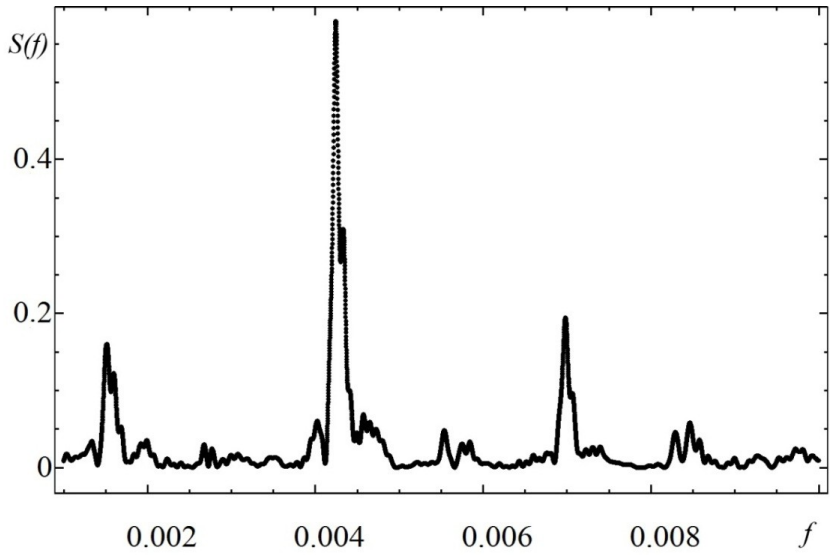


Fig. 2. Periodogram for EL Lyr.

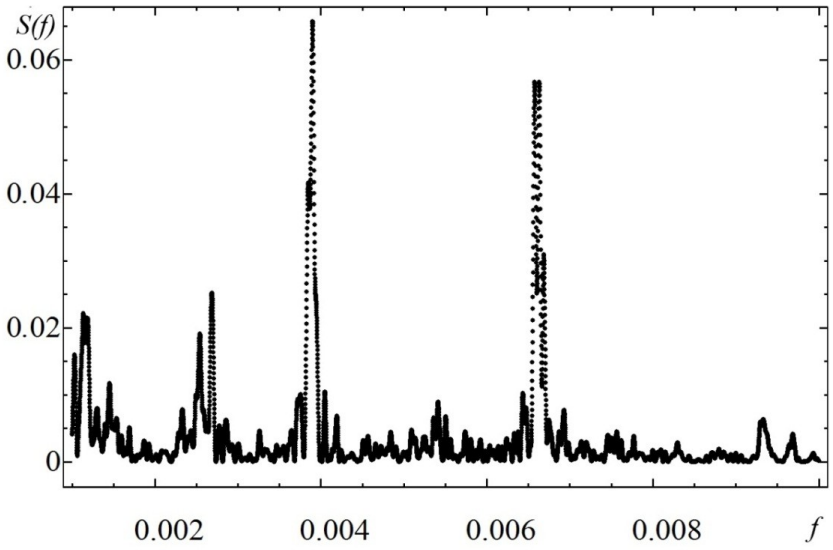


Fig. 3. Periodogram for ST Her.

References

[1] Marsakova V.I., Andronov I.L, 2006, *Astrophysics*, 49, 506
[2] Marsakova V.I., 1999, *Odessa Astron. Publ.,* 12, 205
[3] Marsakova V.I., Andronov I.L., 2012, *Odessa Astron. Publ.*, 25, 60
[4] Chinarova L.L., 2010, *Odessa Astron. Publ.,* 23, 25
[5] Andronov I.L, Marsakova V.I., 2006, *Astrophysics*, 49, 370.
[6] Andronov I.L., 1994, *Odessa Astron. Publ.*, 7, 49
[7] Andronov I.L., 1997, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 125,207
[8] Samus N.N., Durlevich O.V., Kazarovets E V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., Zharova A.V., et al. *General Catalog of Variable Stars* (GCVS database, Version 2012Jan), *http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/*
[9] Kudashkina L.S., 2003, *Kinem. Phys. Celest. Bodies*, 19, 193
[10] Andronov I.L. et al., 2010, *Odessa Astron. Publ.,* 23, 8
[11] Vavilova I.B. et al., 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies*, 28, 85

***

Piotr Flin i Joanna Popiela. (*archiva Astronomii Novej*)

Badanie funkcji świecenia gromad galaktyk

Joanna Popiela, Włodzimierz Godłowski

Instytut Fizyki Uniwersytetu Opolskiego

Streszczenie

W pracy omówiono problem badania funkcji świecenia dla gromad galaktyk. Problem ten nie był dotychczas przedmiotem badań, głównie z powodu braku wystarczającego materiału obserwacyjnego. Pokazano, że badanie funkcji świecenia struktur wielkoskalowych może być istotnym narzędziem weryfikowania scenariuszy formowania galaktyk i ich struktur. Nasze wstępne wyniki wskazują, że funkcja świecenia dla takich struktur jest istotnie różna od funkcji świecenia zarówno dla galaktyk optycznych jak i dla radiogalaktyk, co ma istotne znaczenie dla badań nad tworzeniem się wielkoskalowych struktur we Wszechświecie.

Wstęp

Jednym z najważniejszych zagadnień współczesnej astronomii pozagalaktycznej i kosmologii jest problem formowania się galaktyk i ich struktur. Prace teoretyczne przewidują wiele scenariuszy przebiegu tych procesów (Peebles 1969, Zeldovich 1970, Sunyaev & Zeldovich 1972, Doroshkevich 1973, Shandarin 1974, Dekel 1985, Wesson 1982, Efstathiou & Silk 1983, Bower et al. 2006).

W powszechnie przyjętym modelu ΛCDM, uważa się, iż Wszechświat jest przestrzennie płaski, izotropowy i jednorodny w odpowiednio wielkiej skali. Rozmiar tej „odpowiednio wielkiej skali" ulega zmianie wraz ze wzrostem naszej wiedzy o Wszechświecie. W tym modelu struktury formują się z pierwotnych, adiabatycznych, samoskalujących gaussowskich fluktuacji (Silk 1968, Peebles i Yu 1970, Sunyaev i Zeldovich 1970). Na tych założeniach oparty jest model hierarchicznego grupowania. Przeprowadzone symulacje numeryczne potwierdziły, że taki scenariusz powstawania struktur jest możliwy (Bond, Kofman i Pogosyan 1996, Springel et al. 2005; van de Weygaert & Bond 2008a, 2008b). Jednocześnie badania mikrofalowego promieniowania tła wykluczają znaczącą rotację Wszechświata jako całości.

Modele formowania struktur we Wszechświecie są ściśle związane z modelami formowania galaktyk. Podstawowym problemem jest rozróżnienie między różnymi modelami i szczegółowymi scenariuszami formowania galaktyk. Do tej pory zaproponowano wiele modeli formowania galaktyk. Modele te dają konkretne przewidywania obserwacyjne tak, że staje się możliwe ich obserwacyjne przetestowanie.

Podstawowymi scenariuszami formowania galaktyk i ich struktur są:

Model „pierwotnych turbulencji" (von Weizsacker 1951, Gamow 1952

rozwinięty przez Oziernoya 1978 oraz Efstathiou i Silka 1983) przewiduje, że moment pędu galaktyk jest pozostałością po pierwotnym wirze. Model ten przewiduje, że osie rotacji galaktyk są ustawione prostopadle do płaszczyzny głównej wielkoskalowej struktury, co jest sprzeczne z obecnymi wynikami obserwacyjnymi (patrz przykładowo przeglądowa praca Godłowski 2011a).

Model „hierarchicznego grupowania" (Peebles 1969, Doroshkevich 1970, Dekel 1985) przewiduje, że struktury wielkoskalowe we Wszechświecie tworzą się „od dołu do góry", jako wynik oddziaływań grawitacyjnych pomiędzy galaktykami. Oznacza to, iż w tym scenariuszu najpierw tworzą się galaktyki, zaś dopiero później coraz większe ich struktury. Scenariusz ten ma wiele sukcesów, przykładowo trafnie przewiduje rozmiary gromad galaktyk. Ma jednak trudności z wytłumaczeniem powstawania struktur większych, niż kilkadziesiąt megaparseków. W modelu tym moment pędu galaktyk powstaje w wyniku oddziaływania sąsiednich galaktyk.

Na odwrotnej zasadzie zbudowany jest model „naleśników" Zeldowicza („blinów", „pancake") (Sunayev i Zeldowich 1972, Doroshkevich 1973, Shandarin 1974, Zeldowich 1978). Scenariusz ten przewiduje, iż struktury we Wszechświecie tworzą się „od góry do dołu". W wyniku niesymetrycznego kolapsu dużej struktury pojawia się magnetohydrodynamiczna fala uderzeniowa, która powoduje z jednej strony fragmentację struktury, a z drugiej nadaje galaktykom moment pędu. W tym scenariuszu mechanizm nabywania momentu pędu przez galaktyki polega na uzyskiwaniu rotacji poprzez falę uderzeniową przechodzącą przez protostrukturę, co powoduje koherentną, nielosową orientację płaszczyzn galaktyk w przestrzeni.

Idea, że konsekwencją zasady zachowania momentu pędu w rotującym Wszechświecie jest to, iż galaktyki uzyskują moment pędu w trakcie swojego formowania, oryginalnie była rozważana przez Gamowa (1946), Goedela (1949), a następnie przez Colinsa i Hawkinga (1973). Jedną z jej słabości wydawał się fakt, że przewidywała ona występowanie uporządkowania osi rotacji galaktyk (alignment), co w tamtym czasie nie było potwierdzone przez obserwacje. W 1998 roku Li zaproponował model, w którym galaktyki formują się w rotującym Wszechświecie. Analizował on model jednorodnego, rotującego i ekspandującego wszechświata wypełnionego cieczą idealną, w którym spełniona jest dodatkowo zasada zachowana energii i momentu pędu. Li (1998) zwrócił uwagę na to, że w rotującym wszechświecie relacja między momentem pędu a masą $J \sim M^{5/3}$ jest prostą konsekwencją zasady zachowania pędu w przyjętym modelu.

Należy jednak zauważyć, iż badając korelację między momentem pędu a masą galaktyk spiralnych, Li (1998) oszacował wielkość rotacji wszechświata, znajdując wielkość zbliżoną do wcześniej otrzymanej przez Bircha (1982). Okazuje się jednak, że tak otrzymana, żądana wielkość rotacji Wszechświata byłaby zbyt duża w porównaniu do wykrytej anizotropii

promieniowania reliktowego. Model Li (1998) poza tym, że wymaga globalnej, a przynajmniej wielkoskalowej rotacji Wszechświata, ma jednak tę zasadniczą wadę, że obserwowana wielkość rotacji galaktyk spiralnych nie może być wyłącznie wynikiem rotacji Wszechświata, ponieważ wymagana wielkość rotacji Wszechświata byłaby zbyt duża w porównaniu do wykrytej anizotropii promieniowania reliktowego.

Podkreślić należy, iż taki prosty obraz, został później zakłócony. W zasadzie w każdym ze scenariuszy formowania struktur, z hierarchicznym grupowaniem włącznie, może zaistnieć faza występowania fali uderzeniowej, połączona z kolapsem struktury/podstruktury (np. Melott i Shandarin 1989, Sahni, Sathyaprakah i Shandarin 1994, Paulus i Melott 1995, Mo i in. 2005, Shandarin, Habit i Heitmann 2011), W szczególności w scenariuszu Bowera (Bower i in. 2005) nie mamy do czynienia z hierarchicznym grupowaniem we wszystkich skalach mas. Zamiast tego mamy anty-hierarchiczne grupowanie dla małej skali, ponieważ grawitacyjne efekty pływowe powodują powstanie raczej obiektów typu „naleśników" Zeldowicza (Zeldovich 1970), niż obiektów typu sferycznie kolapsującego halo. Występuje jednak zasadnicza różnica w stosunku do klasycznego scenariusza „naleśników", ponieważ efekt ten jest lokalny i zachodzi w małej skali.

Należy zaznaczyć, że w modelu hierarchicznego grupowania w naturalny sposób pojawia się scenariusz „oddziaływań pływowych". Główny mechanizm generowania rotacji galaktyk w modelu „grupowania hierarchicznego", to wzajemne oddziaływanie pływowe galaktyk - „tidial torque mechanism" (Wesson 1982 oraz White 1984 - bazując na ideach Hoyle'a 1951). Przeglądową dyskusję scenariusza oddziaływań pływowych przedstawił niedawno Schaefer (2009).

Model grupowania hierarchicznego jest jedynym, w którym w sposób jawny uwzględnia się występowanie ciemnej materii. W modelu Li rozpatruje się składową pyłową, choć można prosto wprowadzić, jako tło bezkolizyjną ciemną materię. Pozostałe dwa scenariusze, pierwotnych turbulencji i „naleśników" Zeldowicza zasadniczo dotyczą składowej pyłowej i nie ma jasnych, zakończonych sukcesem prób wprowadzenia ciemnej materii do tych modeli. Model „naleśników" Zeldowicza odżył jednak w postaci lokalnych „naleśników", ponieważ pokazano, iż grawitacyjne efekty pływowe powodują również powstanie lokalnych obiektów typu „naleśników" Zeldowicza. Wprowadzenie takich obiektów pozwoliło udoskonalić oryginalny scenariusz oddziaływań pływowych i wyjaśnić efekty, których wyjaśnienie w oryginalnym modelu było trudne lub niemożliwe.

Metody testowania scenariuszy formowania galaktyk i ich struktur

Istnieje kilka metod obserwacyjnego weryfikowania scenariuszy formowania galaktyk. Badanie orientacji galaktyk w przestrzeni jest standardo-

wym testem poprawności scenariuszy powstawania galaktyk i ich struktur. Jest to możliwe, ponieważ różne scenariusze powstawania i ewolucji struktur kosmicznych dają różne przewidywania odnośnie momentów pędów galaktyk (Peebles 1969, Doroshkevich 1973, Shandarin 1974, Efstathiou i Silk 1983, Catelan i Theuns 1996, Li 1998, Lee i Pen 2000, 2001, 2002, Navarro Abadi i Steinmetz 2004, Trujillio et al., 2006).

Inną metodą weryfikowania scenariuszy jest badanie grupowania galaktyk. Problem istnienia gromad galaktyk, czy istnienia indywidualnych struktur większych niż gromady galaktyk, ma długa historię. Nowoczesne badania zagadnienia galaktyk datują się od prac Abella (1958) i Zwicky'ego i in. (1961). W latach sześćdziesiątych dwudziestego wieku istniały tylko dwa katalogi gromad galaktyk, oba oparte o Palomar Sky Survey. Utworzone przez Abella (1958) i Zwicky'ego i in. (1961) katalogi dawały inne struktury, co wynikało z rożnych definicji obiektu nazywanego gromadą galaktyk. Przełom w badaniu zagadnienia grupowania galaktyk nastąpił wraz z serią prac Peeblesa, zaczynających się od prac Yu i Peebles (1969) i Peebles (1973), który wprowadził do badania tego problemu metodę spektrum mocy i funkcji autokorelacji.

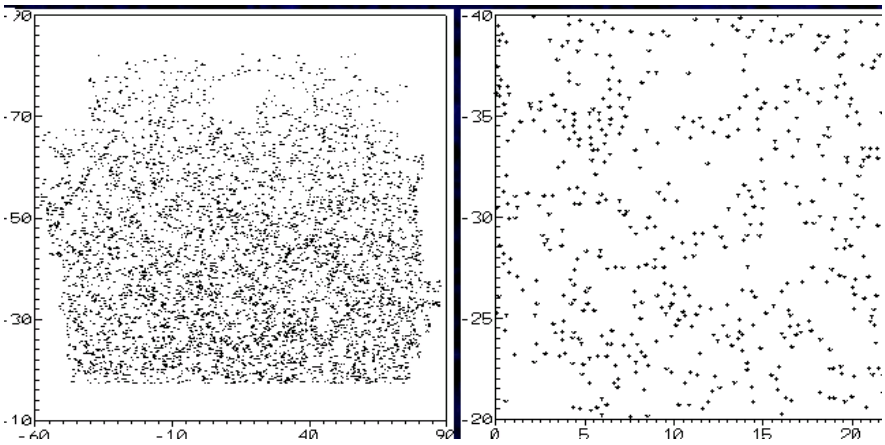
Dzisiaj powszechnie już przyjmuje się istnienie supergromad, w których mogą występować kondensacje galaktyk. Należy zwrócić jednak uwagę, że rozmiary takich struktur, dochodzące do 100 Mps, są znacznie większe od tych, które rozważano przed laty. Tak duże rozmiary wielkoskalowych struktur stanowią główne wyzwanie dla najbardziej obecnie popularnego scenariusza grupowania hierarchicznego, ponieważ nie przewiduje on powstawania aż tak wielkich struktur. W obecnej kosmografii przyjmuje się, że mamy cztery podstawowe składniki opisujące wielkoskalowy rozkład galaktyk. Przyjmuje się istnienie długich włóknistych struktur (ang. filament), płaskich struktur zwanych ścianami (ang. sheet, wall), gęstych zgrupowań zwanych gromadami (ang. clusters) oraz obszarów pustek (ang. voids) o bardzo małej liczbie galaktyk. Przy tym w miejscach łączenia się filamentów i ścian mamy często bardzo gęste obszary z dużą liczbą galaktyk.

Grupowanie galaktyk zwykle bada się za pomocą funkcji autokorelacji, która została wprowadzona do pomiaru, w celu zbadania, jak grupują się obiekty w porównaniu do przewidywań losowego rozkładu Poissona (Peebles 1980). Funkcja autokorelacji daje nam informację o nadwyżce prawdopodobieństwa znalezienia dwóch obiektów w danym obszarze w wyniku występowania efektu grupowania, (np. Peebles 1980, Godłowski 2011b). Peebles pokazał, iż trójwymiarowa funkcja autokorelacji jest opisywana zależnością potęgową $\xi(r) \propto r^{-\gamma}$. Dla galaktyk optycznych zasięg korelacji wynosi około 6.25 h^{-1}Mpc, a współczynnik nachylenia około $\gamma \sim -1.5$. (Tucker i in. 1997). Wynik ten można łatwo wyjaśnić na gruncie scenariusza grupowania hierarchicznego.

W praktyce funkcję autokorelacji wyznacza się tworząc katalog losowy, a następnie porównując liczbę par leżących w danych odległościach w obydwu katalogach. Katalog losowy musi posiadać wszystkie cechy katalogu rzeczywistego, jedynym wyjątkiem jest losowość położeń obiektów. Oznacza to, że w losowym katalogu musimy zasymulować te same efekty selekcyjne, jak te, które występują w katalogu rzeczywistym. Co więcej, jeśli badamy rozmieszczenie obiektów w przestrzeni, to obiekty w katalogu losowym muszą mieć takie same cechy fizyczne (głównie jasności absolutne) jak obiekty w rzeczywistym katalogu obserwacyjnym. Oznacza to, że do badania grupowania obiektów musimy znać ich funkcję świecenia, czyli rozkład ilości obiektów o różnych jasnościach absolutnych. Funkcja świecenia może być tez używana jako samodzielny test zgodności obserwacji z przewidywaniami scenariuszy tworzenia się struktur we Wszechświecie.

Dane obserwacyjne

Naszym podstawowym materiałem obserwacyjnym jest katalog gromad galaktyk zwany katalogiem PF (Panko & Flin 2006). Jest on wynikiem zastosowania metody Mozaiki Voronoy'a (Ramella et al. 1999, 2001) do katalogu około 5.5 miliona galaktyk położonych na obszarze prawie 5000 stopni kwadratowych na południowej półkuli, tzw. Muenster Red Sky Survey (Ungruhe et al. 2003) (Rys 1.). Katalog ten obejmujący obszar nieba ponad 5000 stopni kwadratowych na półkuli południowej. Podaje on współrzędne, eliptyczności, pola powierzchni, kąty pozycyjne oraz jasności w wyniku przeskanowania 217 klisz ESO. Aby zostać uznaną za strukturę i wejść do katalogu PF struktura winna mieć przynajmniej 10 galaktyk. Zastosowanie techniki mozaiki Voronoy'a pozwoliło na znalezienie 6168 struktur, zawierających, po uwzględnieniu galaktyk tła, przynajmniej 10 obiektów. Do tego momentu prace postępowały automatycznie. Następnie, osobno, wyznaczano dla każdej struktury jej kształt, tzn. eliptyczność i kąt pozycyjny dużej osi.



Rys. 1. Katalog gromad galaktyk PF(lewy rysunek)
i jego powiększony fragment (prawy rysunek).

Ponadto oceniono odległości do gromad galaktyk wykorzystując zależność postaci: $logz_{est} = a + b \times m_{10}$. Oznacza to iż odległości gromad są szacowane na podstawie jasności dziesiątej galaktyki w gromadzie. Porównano struktury z katalogu PF ze strukturami ACO (Abel, Corwin & Olowin 1989). Z NASA/IPAC Extragalaktic Database (NED) wzięto dla ACO prędkości radialne. Ponadto porównano gromady katalogu PF z gromadami APM (Dalton i in. 1997). Ostatecznie przyjęto szukaną zależność jako: $logz_{est} = -3.771 + 0.1660 \times m_{10}$, co pozwoliło przypisać prędkości radialne wszystkim strukturom. Maksymalne szacowane wielkości z_{est} są rzędu 0.2.

Analizując statystycznie jednorodny materiał różnych gromad galaktyk znaleziono (Flin i in 2011), że rozkład eliptyczności rzutowanych na sferę niebieską struktur zależy od liczebności struktury. Oznacza to, że struktury mało liczne i bogate, powstawały w odmienny sposób. Ponadto znaleziono, że stopień uporządkowania orientacji galaktyk w gromadzie (ang. alignment) wzrasta z ich liczebnością. Ponadto stwierdzono, iż stopień uporządkowania orientacji galaktyk zależy od przynależności (lub nie) gromad galaktyk do supergromad (Godłowski i in. 2010, 2011, Flin i in. 2011).

Należy zwrócić uwagę, iż katalog PF jest to pierwszy tak liczny katalog gromad galaktyk, który wyselekcjonowano metodą teselacji Voronoia. W katalogu tym również możemy przyjąć z dużą dozą prawdopodobieństwa, że nie występują tzw. „śmieci" (sygnały zakłócające, które obrazują fałszywy obraz nieistniejących obiektów w kosmosie) co oznacza że każdy obiekt w katalogu jest galaktyką. Jest tak, dlatego iż taką dokładną analizę realności katalogowych obiektów przeprowadzono w czasie przygotowywania bazowego (dla katalogu PF) katalogu Muenster Red Sky Survey (Ungruhe i in. 2003)

W naszej dalszej analizie funkcji świecenia brano pod uwagę tylko galaktyki z przedziału jasności m_3, $m_3 + 3m$, gdzie m_3 jest trzecią najjaśniejszą galaktyką w strukturze. Uczyniono tak, ponieważ kryterium m_3, $m_3 + 3m$ jest powszechnie uznanym kryterium badania przynależności galaktyk w gromadzie, w sytuacji, gdy nie znamy (jak w naszym przypadku) prędkości radialnych galaktyk. Jasności obserwowane gromad galaktyk obliczono sumując jasności wszystkich galaktyk w gromadzie spełniających kryterium m_3, $m_3 + 3m$. Ponieważ mamy oszacowaną odległość gromady (z jasności 10 galaktyki w gromadzie) to możemy teraz oszacować jasność absolutną gromady.

Badanie funkcji świecenia

Jeżeli chcemy zbadać jak wygląda rozkład ilości obiektów o różnych jasnościach emisyjnych to oczywiście nie można po prostu zrobić histogramu obiektów o różnych jasnościach obserwowanych, ponieważ znajdują się one w różnych odległościach, co powoduje, iż obiekt, który nam się wydaje być bardzo słaby może być naprawdę bardzo jasny i tylko znajdować się

bardzo daleko. Nie można też po prostu wyliczyć jasności absolutnej obiektów i zrobić ich prostej statystyki. Dzieje się tak, dlatego że praktycznie każdy katalog jest limitowany jasnościowo. Tym samym obiekty słabe (o małych absolutnych jasnościach) będą widziane tylko wtedy gdy są położone blisko nas, podczas gdy obiekty jasne (o dużych jasnościach absolutnych) będą widoczne nawet jeśli są daleko. Dlatego też, jeśli weźmiemy prosty histogram występowania obiektów o różnych jasnościach absolutnych to otrzymamy nadreprezentacje obiektów jasnych w porównaniu ze słabymi.

Istnieją różne sposoby rozwiązania tego problemu. Najbardziej popularne polegają albo na przypisaniu każdemu obiektowi odpowiedniej wagi albo na policzeniu prawdopodobieństwa zaobserwowania danego obiektu w katalogu a następnie wyliczenia funkcji świecenia metodą największej wiarygodności.

Pierwsza metoda omówiona na przykład w pracy Condona (1989) polega na przypisaniu każdemu obiektowi wagi związanej z gęstością jego występowania. Polega to na tym, że jeżeli w limitowanym jasnościowo katalogu mamy obiekt znajdujący się w odległości z o obserwowanej wielkości gwiazdowej m to można łatwo obliczyć jego absolutną wielkość gwiazdową M (albo jasność absolutną L). Wobec tego możemy obliczyć maksymalną odległość (redshift) z_{max} w której dany obiekt mógłby się znajdować by jeszcze być widocznym w naszym katalogu. Znając tą odległość z_{max} możemy wyliczyć odpowiadającą jej objętość V_{max} , w której może się znajdować dany obiekt, aby był widoczny w naszym katalogu. Odwrotność tej objętości $1/V_{max}$, którą można nazwać „gęstością występowania danego obiektu" jest, w najprostszym przypadku, właśnie wagą, z którą liczymy dany obiekt. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa, iż obiekt i będzie miał jasność absolutną L_m będzie dana wzorem

$$p(L_m) = \sum_m 1/V_{m,max} \Big/ \sum_i 1/V_{i,max}$$

gdzie sumowanie po i przebiega po wszystkich obiektach w próbce podczas gdy sumowanie po m dotyczy tylko obiektów o jasności L_m.

Oczywiście dokładna relacja miedzy obserwowanym przesunięciem ku czerwieni (redshiftem), odległością, jasnością obserwowaną i objętością zależy od modelu kosmologicznego. Jednakże, gdy jak w naszym przypadku, maksymalne przesunięcia ku czerwieni z_{est} są rzędu 0.2, to różnice między przewidywaniami poszczególnych modeli kosmologicznych nie są duże i możemy się posługiwać klasycznym modelem Einsteina-de Sittera (model pyłowy z parametrem hamowania q=0.5). Możemy więc, do wyznaczenia relacji między odległością jasnościową d_L a przesunięciem ku czerwieni, używać wzorów Mattiga w najprostszej postaci $d_L = 2c(1 + z - \sqrt{1+z}/H_0$, co bardzo ułatwia obliczenia.

Drugą metodą jest metoda SWLM (Efstathiou i in 1988, Lin i in 1996). W tej metodzie rozważamy obiekt astronomiczny (np. galaktykę) obserwo-

wany na redshifcie z_i w limitowanym jasnościowo katalogu. Jeśli teraz $\phi(M)$ jest różniczkową funkcją świecenia, to prawdopodobieństwo p_i, że dany obiekt ma absolutną wielkość gwiazdową M jest dane wzorem:

$$p_i \equiv p(M_i|z_i) = \phi(M_i) / \int_{M_{min}(z_i)}^{M_{max}(z_i)} \phi\,(m)dM$$

Gdzie M_{min} i M_{max} oznaczają minimalną i maksymalną absolutną wielkość gwiazdową, którą musi mieć nasz obiekt astronomiczny znajdujący się na redshifcie z_i , aby znaleźć się w naszym limitowanym jasnościowo katalogu. Tym samym funkcja największej wiarygodności jest dana wzorem

$$L = p(M_1 \ldots M_i|p_1 \ldots p) = \prod p_i$$

Oczywiście najlepszą funkcją świecenia jest funkcja, która maksymalizuje funkcję największej wiarygodności. Można ja znaleźć numerycznie szukając maksimum funkcji największej wiarygodności.

Wyniki obserwacyjne

Funkcja świecenia dla galaktyk optycznych jak i dla radiogalaktyk była wyznaczana wielokrotnie, brak jest jednak danych o funkcjach dla gromad galaktyk. Wobec tego w naszej pracy postanowiliśmy wyznaczyć funkcję świecenia dla radiogalaktyk. Badaliśmy funkcję świecenia dla 6168 gromad galaktyk z katalogu PF(Panko & Flin 2006). Osobno analizujemy gromady galaktyk (516) o jasności trzeciej galaktyki w gromadzie m_3<15.3. Postąpiono tak dlatego, iż katalog MRSS i w konsekwencji katalog PF są limitowane do wielkości 18.3^m . Przyjęcie więc kryterium 15.3 gwarantuje, że wszystkie galaktyki należące do gromady, i mające jasności obserwowane w przedziale m_3, $m_3 + 3m$, znajdą się w katalogu. Tak próbka gromad powinna więc być kompletna i jednorodna. Pierwszym krokiem w naszych badaniach było wyznaczenie histogramu jasności absolutnych dla naszych gromad (rys. 2). Często zakłada się, iż trzecie pod względem jasności galaktyki w gromadzie mają tą samą jasność absolutną. Gdyby to założenie było dokładnie spełnione, to z powodu wspomnianej wyżej kompletności i jednorodności próbki, już histogram gromad o m_3<15.3 dawałby nam szukaną funkcję świecenia (rys. 2 po prawej).

Funkcję świecenia dla galaktyk można opisać funkcją Schechtera (np. Schechter 1976, Eftathiou i in 1988, Lin i in 1996). Funkcja świecenia dla radiogalaktyk trochę się od niej różni i jest opisywana jej modyfikacją, tzw. funkcją Saundersa (Saunders 1990, Machalski i Godłowski 2000). Fukcja Schechtera jest opisywana wzorem

$$\phi(M)=(0.4\ln 10)\phi^*[10^{0.4(M^*-M)1+\alpha}\exp[-10^{0.4(M^*-M)}]$$

albo

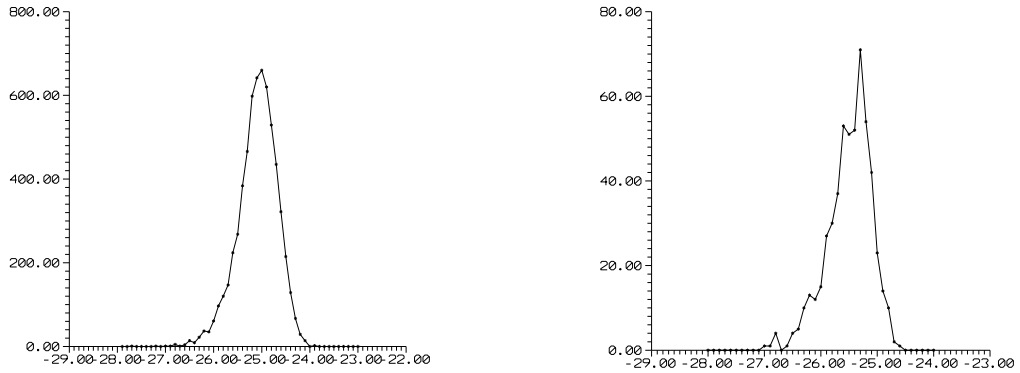
$$\phi(L)= \phi^*(L/L^*)^{\alpha}\exp(L/L^*)(1/L^*)$$

w zależności od tego czy rozważamy jasności czy odpowiadające im absolutne wielkości gwiazdowe. Jak widać, funkcja Schechtera jest więc faktycznie funkcją Gamma. Typowe wartości współczynnika α dla galaktyk optycznych zawierają się między -1 a -0.5.

Dla radiogalaktyk, jeśli chcielibyśmy dla nich dopasowywać funkcję Schechtera, są one nawet mniejsze (co wymaga przedłużenia analitycznego funkcji gamma). Analityczną postać funkcji świecenia można dopasować do danych obserwacyjnych na przykład nieliniową metodą najmniejszych kwadratów. Jednak w przypadku funkcji Schechtera, Eftathiou i in. (1998) podali analityczną procedurę umożliwiającą analityczne dopasowanie parametrów funkcji Schechtera na podstawie jasności poszczególnych obiektów astronomicznych, należących do analizowanej próbki (metoda EREP).

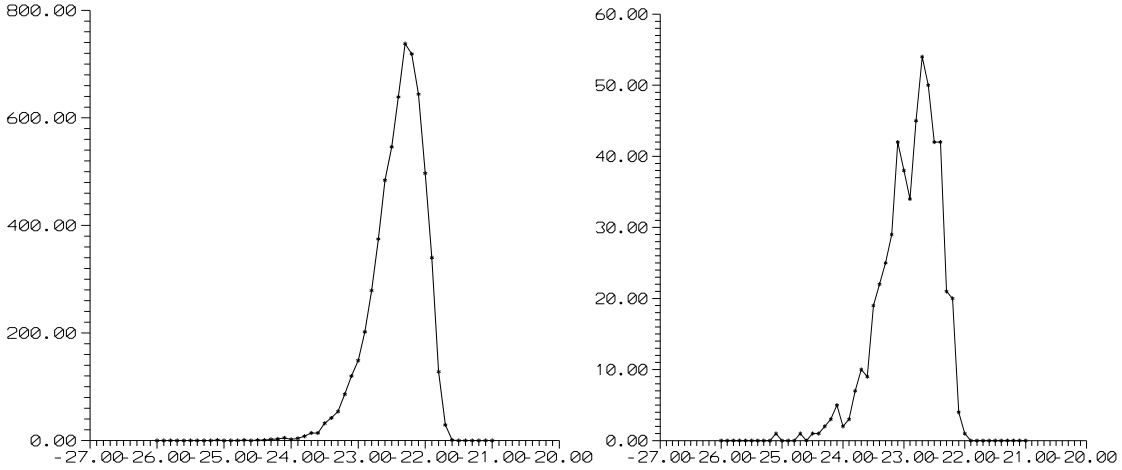
W wyniku formalnego dopasowania danych z rys. 2 funkcją Schechtera, otrzymujemy wartości M*=-23.152 i α = 4.26, w przypadku całej próbki (lewy rysunek), oraz M*=-23.483 i α = 4.7, w przypadku jednorodnej próbki z m_3<15.3 (prawy rysunek). Jak widać otrzymana w ten sposób funkcja świecenia dla gromad galaktyk (prawy rysunek) bardzo rożni się zarówno od funkcji świecenia dla galaktyk optycznych jak i dla radiogalaktyk. Otrzymana funkcja świecenia jest bardzo „wypikowana" w porównaniu do funkcji dla galaktyk i radiogalaktyk i przypomina raczej funkcję Gaussa.

Należy zwrócić uwagę, że założenie, iż trzecie pod względem jasności galaktyki w gromadzie mają taką samą jasność absolutną, choć często stosowane w badaniach pozagalaktycznych, nie jest dokładnie spełnione. Na rysunku 3 przedstawiono histogramy dla absolutnych wielkości gwiazdowych dla trzecich najjaśniejszych galaktyk w gromadzie. Jak łatwo zauważyć, różnice w absolutnych wielkościach gwiazdowych są dość duże i przewyższają dwie wielkości gwiazdowe, co oznacza, że nie możemy traktować założenia, iż trzecie pod względem jasności galaktyki w gromadzie mają taką samą jasność absolutną, za wystarczające.



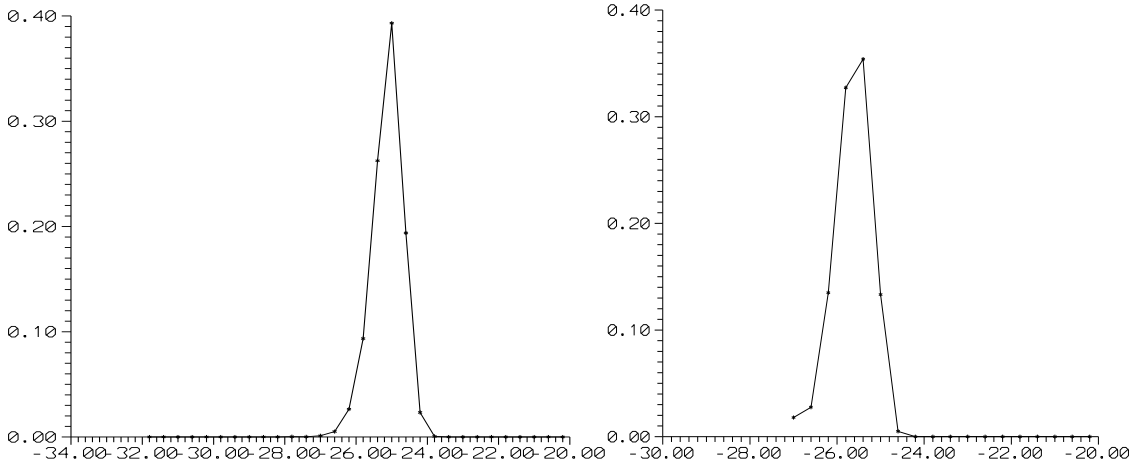
Rys. 2. Histogram ilości gromad o poszczególnych absolutnych wielkościach gwiazdowych dla całej próbki gromad (lewy rysunek) i w przypadku, gdy jasność trzeciej galaktyki w gromadzie m_3<15.3 (prawy rysunek).

W tej sytuacji konieczne są dalsze badania. Posłużymy się w nich metodą Condona, przypisując każdej gromadzie wagę wynikającą z odwrotności objętości $1/V_{max}$, w której może się znajdować dana gromada, aby mogła się znaleźć się w naszym katalogu. Oznacza to, że wagami są odwrotności objętości wynikające z z_{max} dla trzeciej, co do jasności, galaktyki w gromadzie. W tym przypadku wartości współczynnika α są nawet większe, niż w przypadku poprzednim i sięgają wartości około 10. Jak można zauważyć na rysunku 4, rozkłady są jeszcze bardziej „wypikowane" i jeszcze bardziej przypominają rozkład Gaussa.



Rys. 3. Histogram absolutnych wielkości gwiazdowych dla trzecich najjaśniejszych galaktyk w gromadzie dla całej próbki gromad (lewy rysunek) i w przypadku, gdy jasność trzeciej galaktyki w gromadzie $m_3<15.3$ (prawy rysunek).

Nasz wynik jednoznacznie pokazuje, że funkcja świecenia dla gromad galaktyk jest istotnie różna od opisywanych funkcji (Schechtera lub Saundersa) świecenia dla galaktyk optycznych lub radiogalaktyk.



Rys. 4. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa funkcji świecenia gromady dla całej próbki gromad (lewy rysunek) i w przypadku, gdy jasność trzeciej galaktyki w gromadzie $m_3<15.3$ (prawy rysunek).

Przyczyny tego stanu rzeczy mogą być następujące. Po pierwsze, faktycznie tak może wyglądać funkcja świecenia dla gromad galaktyk. Jednakże przed wyciagnięciem ostatecznych konkluzji konieczne będzie wykonanie dodatkowych badań i testów. Jedną z kwestii, które zamierzamy przebadać w przyszłych pracach jest wpływ wyznaczania odległości gromad z jasności dziesiątej najjaśniejszej galaktyki w gromadzie, a nie z przesunięć ku czerwieni. Niestety problemem będzie to, że tylko dla około czterystu z gromad z katalogu PF mamy wyznaczone prędkości radialne, co spowoduje znaczne zawężenie rozpatrywanej próbki.

Podsumowanie

W przeciwieństwie do funkcji świecenia dla galaktyk optycznych czy radiogalaktyk, funkcja świecenia dla gromad galaktyk nie była dotąd badana, głównie ze względu na brak odpowiedniego materiału obserwacyjnego. Posiadane przez nas dane obserwacyjne umożliwiają nam przebadanie tego problemu. W naszej pracy badaliśmy funkcję świecenia dla próbki 6188 gromad galaktyk pochodzących z katalogu PF (Panko & Flin 2006). Nasze wstępne wyniki pokazują, iż funkcja świecenia dla gromad galaktyk jest istotnie różna od funkcji świecenia dla galaktyk optycznych czy radiogalaktyk i jest opisywana raczej zwykłą funkcją Gaussa, niż funkcją Schechtera lub Saundersa. Wynik ten może mieć duże znaczenie dla testowania scenariuszy formowania wielkoskalowych struktur we Wszechświecie, ponieważ zdaje się świadczyć o tym, iż za formowanie się galaktyk odpowiada inny mechanizm niż za formowanie gromad galaktyk.

Nasz wynik jest też istotny z punktu widzenia badania grupowania wielkoskalowych struktur we Wszechświecie. Wiemy, że galaktyki, również radiogalaktyki, mają tendencję do grupowania. Otwarte natomiast pozostaje pytanie, jak wygląda kwestia grupowania gromad galaktyk. Do studiowania przestrzennych korelacji położeń gromad galaktyk i wyznaczenia ich funkcji autokorelacji, niezbędna jest właśnie znajomość funkcji świecenia dla gromad galaktyk, którą wyznaczamy w naszych badaniach.

W przyszłych pracach planujemy rozszerzyć nasze badania o metodę SWLM opartą o wyznaczenie funkcji świecenia na podstawie funkcji największej wiarygodności. Planujemy również szczegółowe przebadanie możliwych efektów selekcyjnych i systematycznych.

Podziękowania

Autorzy dziękują prof. Piotrowi Flinowi, dr Elenie Panko i dr Katarzynie Bajan za zgodę na wykorzystanie danych obserwacyjnych pochodzących z katalogu PF i opracowywanych następnie w trakcie wspólnych badań. Używano w nich również NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) oraz NASA Astrophysics Data System (ADS).

Bibliografia

Abell G.O., 1958, ApJS, 3, 211
Abell G., Corwin H. & Olowin R., 1989, ApJSS., 70, 1
Birch P., 1982, Nature, 298, 451
Bond J. R., Kofman L., Pogosyan D., 1996, Nature, 380, 603
Bower R. G., i in. 2006, MNRAS, 370, 645
Catelan P., Theuns T., 1996, MNRAS, 282 436
Collins C.B., Hawking S.W., 1973, MNRAS., 162, 307
Condon J.J., 1989, ApJ, 338, 13
Dalton G.B., Maddox S.J., Sutherland W.J., Efstathion G., 1997, MNRAS, 289,263
Dekel A., 1985, Astrophys. J., 298, 461
Doroshkevich A.G., 1970, Astrofizika, 6, 581
Doroshkevich A.G., 1973, Astroph. Lett., 14, 11
Efstathiou G., Ellis R.S., Peterson B.A., 1988, MNRAS, 232, 431
Efstathiou G.A., Silk J., 1983, The Formation of Galaxies, Fundamentals of Cosm. Phys., 9, 1
Flin P., Biernacka M., Godłowski W., Panko E., Piwowarska P., 2011, Baltic Astronomy, 20, 251
Gamow G., 1946, Nature, 158, No 4016, 549
Gamow G., 1952, Phys. Rev., 86, 251
Goedel K., 1949, Rev. Mod. Phys., 21, 447; 2000 GRG 32, 1409
Godłowski W., Piwowarska P., Panko E., Flin P., 2010, ApJ, 723, 985
Godłowski W., 2011a, IJMPD, Volume: 20, Issue: 9, 1643
Godłowski W., 2011b, w "Astronomia - Nauka i Wiara", Częstochowa 2009, ed. B. Wszołłek Wydawnictwo AJD im Stanisława Podobińskiego Częstochowa, 167
Godłowski W., Panko E., Flin P., 2011, Acta Physica Polonica B 42, p.2313
Hoyle F., 1951, in: Problems of Cosmological Areodynamics: Proceedings of a Symposium on Motion of Gaseous Masses of Cosmical Dimensions Paris 1949, eds. J. J.M. Burgeres, H.C. van de Hulst, 195
Lee J., Penn, U., 2000, Ap J., 532, L5
Lee J., Penn, U., 2001, ApJ., 555, 106
Lee J., Penn, U., 2002, ApJ., 567, L111
Li, Li-Xin., 1998, Gen. Rel. Grav., 30, 497
Lin H., et al., 1996, ApJ., 464, 60
Machalski J., Godlowski W., 2000, A&A, 360, 463
Melott, A. L., Shandarin, S.F., 1989, ApJ., 343, 26
Mo H. J., Yang X.,van den Bosch F. C., Katz N., 2005, MNRAS, 363, 1155
Navarro J.F., Abadi M.G., Steinmetz M., 2004, ApJ., 613, L41
Ozernoy, L.M.: 1978, in: The Large Scale Structure of the Universe, IAU-Symp. No. 79, D.Reidel, Dordrecht, 427

Panko E., Flin P. 2006, Journal Astron. Data, 12, 1
Paulus J., Melott A., 1995, MNRAS, 274, 99
Peebles P.J.E., 1969, ApJ., 155, 393
Peebles P.J.E., 1973, ApJ., 185, 413
Peebles P.J.E., 1980, The Large-Scale Structure of the Universe / Princeton Univ. Press
Peebles P. J. E., Yu J. T., 1970, ApJ., 162, 815
Ramella M., Nonino M., Boschin W., Fadda D., 1999, in: ASP Conf. Ser. 176, Observational Cosmology: The Development of Galaxy Systems, ed. G. Giuricin, M. Mezzetti & P. Salucci (San Francisco: ASP), 108
Ramella M., Boschin W., Fadda D., Nonino M., 2001, A&A, 368, 776
Sahni V., Sathyaprakah B. S., Shandarin S F., ApJ., 431, 20
Saunders W., Rowan-Robinson M., Lawrence A. et al., 1990, MNRAS, 242, 318
Schaefer B.M., 2009, International Journal of Modern Physics D, 18, 173
Schechter P., 1976, ApJ., 203, 297
Shandarin S.F., 1974, Sov. Astr., 18, 392
Shandarin S.F., Habib S., Heitmann K., 2011, arXiv:1111.2366
Silk J., 1968, ApJ., 151, 459
Springel V., et al., 2005, Nature, 435, 629
Sunyaev R.A., & Zeldovich Ya. B. 1970, Astroph. Sp. Sci., 7, 3
Sunyaev R.A. Zeldovich Ya.B., 1972 A&A, 20, 198
Trujillo I., Carretero C., Patri G., 2006, ApJ., 640, L111
Tucker D. L., et al., 1997, MNRAS, 285, L5
Ungruhe R., Saiter W.C., Durbeck H.W.., 2003, Journal Astronomical Data, 9, 1
van deWeygaert R., & Bond J. R. 2008a, in A Pan-Chromatic View of Clusters of Galaxies and the Large-Scale Structures, ed. M. Plionis, O. Lopez-Cruz & D. Hughes (Dordrecht: Springer), 335
van deWeygaert R. &Bond J. R., 2008b, in A Pan-Chromatic View of Clusters of Galaxies and the Large-Scale Structures, ed. M. Plionis, O. Lopez-Cruz & D. Hughes (Dordrecht: Springer), 409
von Weizsaeker C.F., 1951, ApJ, 114, 165
Wesson P. S., 1982, Vistas Astron., 26, 225
White S.D.M., 1984, ApJ., 286, 38
Yu J.T., Peebles P.J.E., 1969, ApJ, 158, 103
Zeldovich B.Ya., 1970, A&A, 5, 84
Zeldovich B.Ya., 1978, in: The Large Scale structure of the Universe eds. M.S. Longair, J.Einasto , D.Reidel, Dordrecht, (IAU Symp. 79), p.409
Zwicky F., Herzog E., Wild P., Karpowicz M., Kowal C., 1961–1968, Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies, CalTech, Pasadena

Remigiusz Pospieszyński w czasie wykładu. (*archiva Astronomii Novej*)

Śmieci kosmiczne – śmiertelne zagrożenie na orbicie

Remigiusz Pospieszyński

Obserwatorium Astronomiczne UAM w Poznaniu

Streszczenie

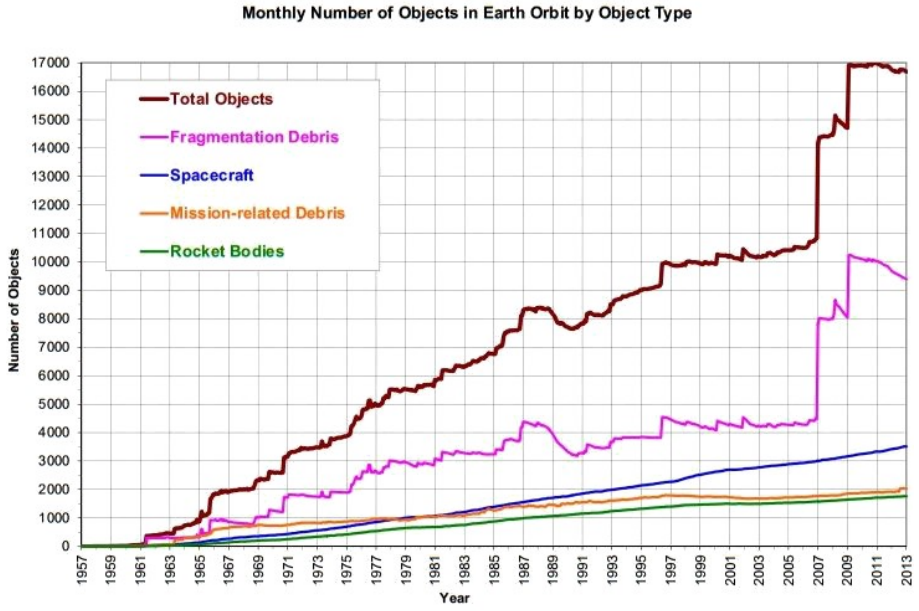
Śmieci kosmiczne (space debris) stają się dzisiaj coraz bardziej niebezpiecznymi obiektami, które można spotkać na orbicie okołoziemskiej. W przeciągu ostatniego półwiecza ich ilość zwiększała się praktycznie z roku na rok, jednak dopiero w XXI wieku nastąpił skokowy przyrost związany z dwoma istotnymi wydarzeniami, a dokładniej zderzeniami na orbicie. Problemu nie można bagatelizować z uwagi na rosnącą wagę wykorzystywania przestrzeni kosmicznej już nie tylko do badań naukowych, ale również z uwagi na stosowanie satelitów w coraz to nowych dziedzinach życia. Również przyszłość turystyki kosmicznej wiąże się z zapewnieniem bezpieczeństwa przyszłym „prywatnym astronautom". Niniejsza praca ma za zadanie przybliżyć szeroko pojętą tematykę śmieci kosmicznych, obecny stan badań oraz naszkicować przyszłość tych zagadnień.

Wprowadzenie

Od pierwszego wystrzelenia sztucznego satelity Ziemi (SSZ) minęło już ponad pół wieku. W tym czasie liczba obiektów na orbicie okołoziemskiej zwiększyła się drastycznie. Szacuje się, że cała populacja śmieci kosmicznych liczy około 600 000 obiektów i rośnie ona z roku na rok. Ogólnodostępny katalog TLE (Two/Three Line Elements set) zawiera zaledwie ~17 000 obiektów, z których większość jest rozmiarów znacznie przewyższających 1 cm. Przy użyciu obecnych technik obserwacyjnych jest bardzo trudno wykryć małe obiekty. W przypadku obiektów poniżej 1 cm obiekt musi zostać oświetlony wiązką o bardzo dużym natężeniu, aby odbite promieniowanie było wykrywalne dla odbiorników na ziemi. Wykres 1 przedstawia wzrost ilości śmieci kosmicznych od roku 1957 do czasów obecnych. W latach 2007 oraz 2009 nastąpił skokowy przyrost ilości obiektów. Związane to było ze zderzeniem satelitów COSMOS i Iridium oraz z testem chińskiej broni antysatelitarnej.

Śmieci kosmiczne stają się coraz większym problemem dla lotów na orbitę okołoziemską. Dotyczy to zwłaszcza orbity niskiej (Low Earth Orbit – LEO), gdzie umieszcza się najwięcej satelitów, zarówno komercyjnych, jak i naukowych [2]. Z uwagi na stosunkowo niskie prędkości orbitalne, proces wynoszenia satelitów na LEO jest stosunkowo łatwy. Również z tego powodu loty kosmiczne z udziałem ludzi odbywają się tylko na niskiej orbicie. Tam również znajduje się najwięcej śmieci pochodzących od zderzeń pomiędzy obiektami. Obecnie nie ma jednolitego programu optycznego

poszukiwania takich obiektów [3]. Proponowane jest wykorzystanie małego teleskopu (zwierciadło o średnicy 35 cm), przy użyciu którego obserwowano by potencjalnie niebezpieczne obiekty oraz wykrywano nowe. Analogiczne obserwacje wykonano w 2000 roku przez Nakajima, et al. [5]. Wykorzystano w nich teleskop o średnicy zwierciadła 40 cm dzięki czemu udało się zaobserwować obiekty o stosunkowo niskiej jasności.



Rys. 1. Przyrost śmieci kosmicznych od początku ery lotów w kosmos do dzisiaj [1].

Detekcja

Wszystkie obiekty na orbicie okołoziemskiej poruszają się z wysokimi prędkościami, w porównaniu do tego, co znamy z powierzchni Planety. O ile w atmosferze potrafimy wystrzelić kulę karabinową z prędkością rzędu 1-2 km/s, o tyle w kosmosie nie ma żadnych ograniczeń związanych z tarciem. Biorąc pod uwagę, że na orbicie LEO prędkości przekraczają 7 km/s, bardzo trudno jest uchwycić takie obiekty jako punkty, np. na ramce CCD. W związku z tym stosuje się detekcję łuków na ramkach (tzw. orbital trails) oraz oświetlanie wiązką lasera.

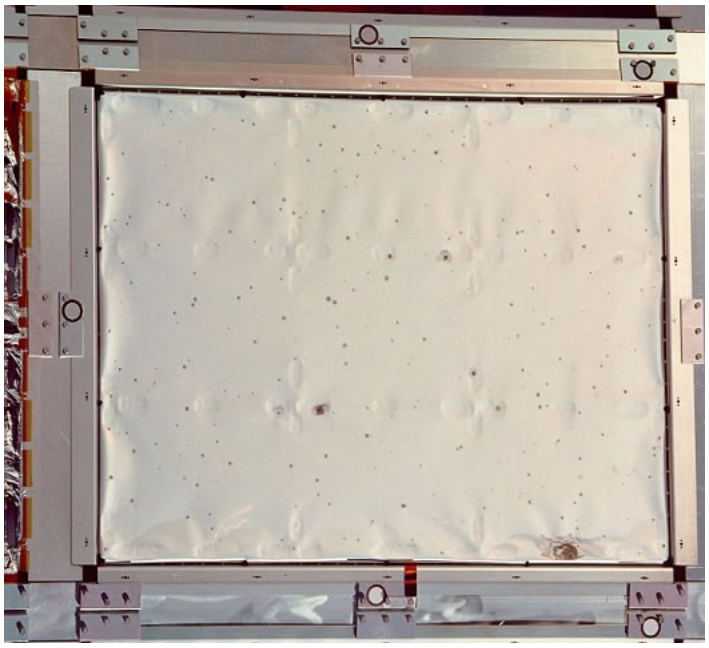
Detekcję optyczną wykonuje głównie Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) przy pomocy teleskopu zlokalizowanego na Teneryfie (Wyspy Kanaryjskie). Przy użyciu tego sprzętu następuje wykrywanie obiektów zlokalizowanych przede wszystkim na orbicie geostacjonarnej (Geostationary Earth Orbit – GEO). Tutaj jednak technika obserwacji jest inna niż mogłoby się wydawać. Dzieje się tak ponieważ satelity GEO znajdują się w niezmiennej pozycji względem obserwatora naziemnego. Dzięki temu, na ramkach CCD pojawiają się jako punkty, a gwiazdy zostawiają łuki związane z ruchem dobowym.

Obserwacje radarowe są ważną domeną Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA). Amerykanie korzystają z radarów, które głównie są wypożyczane od wojska. Samo wojsko amerykańskie również jest zainteresowane znajomością obiektów na orbicie.

Obserwacje radarowe są jednak dużo droższe od optycznych. W przeciwieństwie do teleskopu, radar musi mieć znacznie większą średnicę „zwierciadła" oraz sam musi generować wiązkę oświetlającą obiekt. Z uwagi na emisję wymagającą dużej mocy, sam proces obserwacji jest kosztowny. Rys. 2 przedstawia radar w Cobra Dane na Wyspie Shemya.

Rys. 2. Radar Cobra Dane umiejscowiony na Wyspie Shemya, USA. [2]

Najbardziej kosztownym, ale jednocześnie najbardziej skutecznym i najlepiej miarodajnym sposobem badania śmieci orbitalnych, jest badanie skutków zderzeń z nimi. W roku 1984 NASA wysłała na orbitę satelitę Long Duration Exposure Facility (LDEF), którego celem było zbadanie długofalowego wpływu przestrzeni kosmicznej na różne materiały. Satelita miał rozmiar autobusu, który przez prawie 6 lat krążył na orbicie i był celem dla, wówczas jeszcze nie poznanych, obiektów. Po zakończeniu misji, LDEF został sprowadzony na Ziemię w kabinie wahadłowca, a następnie dokładnie przebadany. Rys. 3 przedstawia jeden z paneli, który był wystawiony na działanie mikrometeoroidów. Jak widać, początkowo idealnie gładka ściana została drastycznie podziurawiona przez różne obiekty. Rozmiar uszkodzeń jest proporcjonalny zarówno do rozmiarów obiektu jak i do prędkości, z jaką się poruszał.

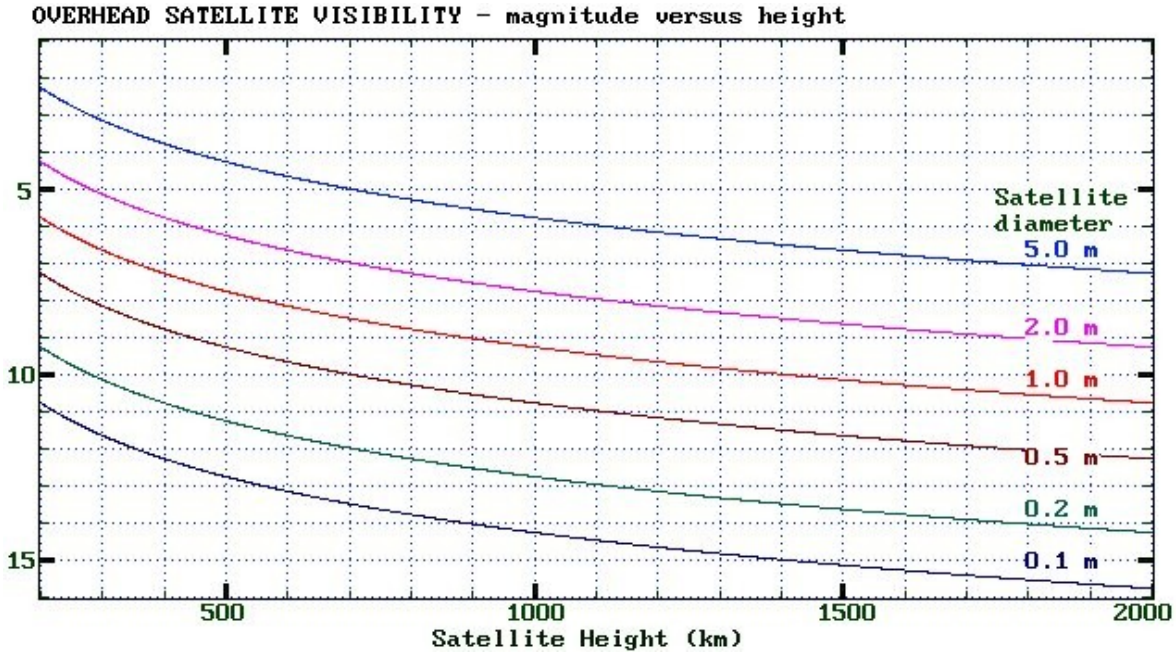


Rys. 3. Jedna ze ścian Long Duration Exposure Facility uszkodzona przez zderzenia z mikrometeoroidami. [3]

Charakterystyka

Podstawowy podział można zacząć od rozdziału między śmieciami pochodzenia naturalnego oraz sztucznego. Do naturalnych zaliczyć możemy wszelkiego rodzaju roje meteoroidów oraz nawet większe obiekty. W takim przypadku należy jednak pamiętać, że obiekty te rzadko znajdują się na orbicie okołoziemskiej. Najczęściej przecinają ją kilka razy do roku, jak np. Perseidy. Natomiast większe obiekty natychmiast wywołują zainteresowanie mediów, jak np. przelot planetoidy w lutym 2013 roku. Warto pamiętać, że prędkości orbitalne takich obiektów mogą sięgać i 40 km/s.

Śmieć kosmiczny sztucznego pochodzenia to zarówno niedziałający satelita, jak i odłamek lakieru, który odpadł od jakiejś maszyny. Rozmiar ma tu podstawowe znaczenie ponieważ w zależności od wielkości, może on dokonać szkód na niewyobrażalne rozmiary. Z drugiej strony patrząc, obiekty kilku metrowe, jak satelity, jest nam znacznie łatwiej śledzić niż małe odłamki. Rysunek 4 przedstawia wykres zależności jasności obiektu od jego rozmiaru i wysokości dla wysokości do 2000 km. Jak widać, satelita o średnicy 5 m będzie widoczny gołym okiem nawet na wysokości 1100 km. Należy jednak wziąć pod uwagę takie warunki jak jego pozycja względem Słońca, odległość od cienia, a także albedo. Oczywistym jest, że kawałek srebrnej folii termicznej ma wyższą odbijalność światła niż ciemny odłamek żelaza. Z drugiej strony, nawet doskonałe albedo obiektu o rozmiarach kilku milimetrów na niskiej orbicie spowoduje, że będzie on niewidoczny dla teleskopu czy radaru.



Rys. 4. Zależność jasności obiektu [mag] od jego rozmiaru [m] oraz wysokości orbity [km]. [4]

Zagrożenia

O ile duże śmieci kosmiczne jesteśmy w stanie śledzić bez większych problemów, o tyle małe potrafią stanowić śmiertelne zagrożenie, z uwagi na brak wcześniejszego ostrzeżenia. Przykładowo, za każdym razem gdy orbita Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (International Space Station – ISS) jest przecinana przez orbitę śmiecia, nawet niewielkich rozmiarów, następuje proces przesunięcia stacji, aby można było w bezpieczny sposób kontynuować normalne operacje. Jeśli by nie przeprowadzono takiego manewru, wówczas mogłoby nastąpić zderzenie obiektu z ISS, co by mogło prowadzić do tragicznych skutków. Rys. 5. pokazuje rękawicę skafandra kosmicznego, która została uszkodzona przez mikrometeoroid. Było to o tyle niebezpieczne zdarzenie, że miało miejsce w trakcie spaceru kosmicznego (Extra Vehicular Activity – EVA). Z tego powodu, EVA musiało zostać natychmiast zakończone.

Mówiąc o zagrożeniach nie sposób nie wspomnieć o zagrożeniu dla satelitów. Ruch na orbicie okołoziemskiej staje się coraz większy, a wówczas nietrudno o zderzenie dwóch obiektów. W takim momencie powstaje ogromna ilość małych odpadków, które mogą zderzać się ze sobą, tworząc kolejne, coraz mniejsze śmiecie. Te z kolei stanowią zagrożenie dla kolejnych satelitów, itd. Uważa się, że gdyby obecnie zaprzestać lotów kosmicznych, same powyższe zderzenia wtórne, uniemożliwiłyby wykonywanie lotów w kosmos w ciągu najbliższego półwiecza.

Rys. 5. Rękawica skafandra kosmicznego uszkodzona przez mikrometeoroid.

Podsumowanie

Śmieci kosmiczne zaczynają stanowić coraz większy problem w lotach kosmicznych. Dotyczy to zarówno tych z ludźmi na pokładzie, jak typowo związanych z wynoszeniem sprzętu na orbitę. Należy się zastanowić, w jaki sposób zapobiec rozprzestrzenianiu się zagrożenia zarówno obecnie, jak i w przyszłości, gdyż ilość obiektów zagrażających wytworom człowieka będzie rosła. Można proponować zajęcie się tą sprawom ogólnoświatowym organizacjom takim jak np. Organizacja Narodów Zjednoczonych. Wiadomym jest, że sprawą muszą się zająć wszyscy korzystający z przestrzeni kosmicznej, gdyż jedna agencja kosmiczna nie jest w stanie zapewnić wszystkim bezpieczeństwa. Jest również niemoralnym, aby tylko np. ESA zajmowała się czyszczeniem kosmosu w trakcie, gdy inne instytucje będą zajęte jego wykorzystywaniem i "zaśmiecaniem".

Bibliografia

[1] National Aeronautics and Space Administration, Orbital Debris Quarterly News, Volume 16, Issue 2, April 2012

[2] http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photogallery/gallarypage/cobradane.jpg (dostęp: 30.09.2013)

[3] http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photogallery/gallarypage/ldefpanel.jpg (dostęp: 30.09.2013)

[4] http://www.spaceacademy.net.au/watch/debris/gsd/gsd.htm (dostęp: 07.05.2013)

[5]http://www.nasa.gov/images/content/186482main_081507_boehm_01.jpg (dostęp: 30.09.2013)