

Częstochowski
Kalendarz Astronomiczny
2015

Rok XI

Redakcja
Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmich

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org
www.ptma.ajd.czyst.pl

Podstawową formą książki jest wersja drukowana

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2015

Redakcja

Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Ivan L. Andronov
Karolina Bąkowska
Marek Biesiada
Lidia L. Chinarova
Mateusz Daszuta
Filip Ficek
Andreas Gernoth
Włodzimierz Godłowski
Dominik Gronkiewicz
Adam Grzesiczak
Benjamin Hochheimer
Marek Jamrozy
Mikołaj Karawacki
Tomasz Kisiel
Jerzy Knopik
Agata Kołodziejczyk
Piotr Koperski

Magdalena Kowalińska
Larisa S. Kudashkina
Aleksander Kurek
Agnieszka Kuźmicz
Vladyslava I. Marsakova
Krzysztof Maślanka
Nicolaos Perakis
Krzysztof Piecuch
Aleksandra Piórkowska
Remigiusz Pospieszyński
Mieszko Rutkowski
Stefan Schlechtriem
Virginia Trimble
Lukas Werling
Bogdan Wszolek
Magdalena Wszolek
Zong-Hong Zhu



Stowarzyszenie Astronomia Nova

oraz

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Częstochowa 2014

Zespół recenzentów

Ivan L. Andronov, Marek Biesiada, Krzysztof Maślanka

Redakcja naukowa

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmich

Korektorzy

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmich

Redakcja techniczna

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmich

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmich, Bogdan Wszolek

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

Rzepiennicki radioteleskop (RFT-5.4) pochodzący z Komorowa

© Copyright by Astronomia Nova oraz Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978-83-7455-398-8

ISSN 1895-0787

Wydanie niniejszego tomu było współfinansowane przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
42-200 Częstochowa, ul. Waszyngtona 4/8
tel. (34) 378-43-29, faks (34) 378-43-19
www.ajd.czyst.pl
e-mail: wydawnictwo@ajd.czyst.pl

Spis treści

Słowo wstępne (<i>B. Wszolek</i>)	7
Część pierwsza (tabelaryczna)	
Kalendarz na rok 2015 (<i>A. Kuźmich</i>)	9
W roku 2015 (<i>A. Kuźmich, B. Wszolek</i>)	21
VII Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova”	22
XII Konkurs Astronomiczny URANIA	23
V Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”	24
IV Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii	25
Tabele astronomiczne (<i>B. Wszolek</i>)	27
Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie	27
Świty i zmierny w Częstochowie	33
Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie	39
Czas gwiazdowy	45
Część druga (dydaktyczno informacyjna)	
Częstochowska aktywność astronomiczna w roku 2014 (<i>B. Wszolek</i>)	51
Someone you have met only half a dozen times ... (<i>V. Trimble</i>)	75
U boku Mistrza (<i>B. Wszolek</i>)	77
Space Station II (<i>B. Wszolek</i>)	81
Kosmolog/The Cosmologist (<i>K. Maślanka</i>)	87
Odesskie Koło AN: МАН-Астро-Одесса-2014 (<i>I. L. Andronov</i>).....	97
Misja astrobiologiczna w stratosferze (<i>A. Kołodziejczyk</i>)	101
Konferencja Meet The Space II (<i>A. Kołodziejczyk</i>)	103
80-ta rocznica urodzin Jurija Gagarina obwieszczona przez ISS (<i>K. Piecuch</i>) ..	121
Część trzecia (artykuły popularnonaukowe)	
Projekt kosmiczny SSK (<i>A. Grzesiczak</i>)	125
Rewitalizacja EC-1 a popularyzacja astronomii (<i>T. Kisiel</i>)	127
RFT-5.4 w rzepiennickim obserwatorium (<i>B. Wszolek</i>)	131
Odłotowo w Rzepienniku Biskupim (<i>B. Wszolek</i>)	137
Centrum Edukacji Astron. Astronautycznej w Cieszęcinie (<i>B. Wszolek</i>)	143
Rola planetarium w nauczaniu astronomii (<i>B. Wszolek</i>)	159
Maria Kunicka (<i>M. Wszolek</i>)	163
Część czwarta (przyczynki naukowe)	
The analysis of the light curves of the cataclysmic variables – application for HT Cassiopeiae (<i>K. Bąkowska</i>)	169
The influence of astronomy on the development of technology (<i>M. Biesiada</i>) ..	175
Modeling radio scattering phenomena in the galaxy (<i>M. Daszuta</i>)	179
Propagacja fali radiowej w ośrodku międzygwiazdowym (<i>M. Daszuta, M. Kowalińska</i>)	183
Akrecja Bondiego w czasoprzestrzeni Reissnera-Nordströma-(anty-) de Sittera (<i>F. Ficek</i>)	187
Metody selekcji modeli kosmologicznych (<i>W. Godłowski i in.</i>)	193
Niewypały w koronie słonecznej, czyli o zatrzymanych erupcjach (<i>D. Gronkiewicz</i>)	199
Recurrent jet activity in radio galaxies (<i>M. Jamrozy</i>)	203

Podstawy fizyczne detekcji i charakteryzacji planet pozasłonecznych (<i>M. Karawacki</i>).....	213
Energetyczne metody dowodzenia stabilności (<i>J. Knopik</i>)	221
Tematy naukowe oraz wyzwania dla projektu księżycowego „Spełnienie Snu Keplera” (<i>P. Koperski</i>)	225
Statistical Studies of Long – Period Variable Stars in Odessa (<i>L.S. Kudashkina at al.</i>)	237
Nowe pomiary zaświecenia nocnego nieba w Krakowie i okolicach (<i>A. Kurek</i>)	247
Period variations of Mira-type stars (<i>V.I. Marsakova</i>)	251
Development of an experimental demonstrator unit using Nitrous Oxide/Ethylene Premixed Bipropellant for satellite applications (<i>N. Perakis at al.</i>)	255
Testowanie kwantowej grawitacji na obiektach pozagalaktycznych (<i>A. Piórkowska</i>)	265
Natura czasu (<i>R. Pospieszyński</i>)	277
Aktywne jądra galaktyk a zielona dolina (<i>M. Rutkowski</i>)	283

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 2015. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Zawiera dziewięć artykułów, w tym kronikę zdarzeń o wydźwięku astronomicznym i astronautycznym za rok 2014, oraz relacje ważniejszych wydarzeń, w których uczestniczyli członkowie Astronomii Novej lub częstochowscy miłośnicy astronomii. Część trzecia zawiera siedem przyczynków popularnonaukowych. Część czwarta zawiera osiemnaście przyczynków naukowych, prezentowanych podczas VI Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”, oraz podczas II Konferencji „Meet The Space”.

Bogdan Wszolek

* * *

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

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

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 2015 obowiązuje od 29 marca do 24 października

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

Kalendarz na rok 2015

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

Styczeń			
W dniach Międzynarodowego Roku Światła, czymkolwiek by ono nie było dla nas i czymkolwiek by nie było w swej istocie, pokłońmy się Światłu!			
Bogdan Wszolek			
DM	DT	DR	Uwagi (Zjawiska/święta/rocznice/zdarzenia) godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT)
1	czwartek	1	
2	piątek	2	
3	sobota	3	
4	niedziela	4	Pluton w koniunkcji ze Słońcem (0), Ziemia w peryhelium (7)
5	poniedziałek	5	Pełnia Księżyca (5)
6	wtorek	6	
7	środa	7	
8	czwartek	8	Jowisz 5° N od Księżyca (8)
9	piątek	9	Księżyc w apogeum (18)
10	sobota	10	
11	niedziela	11	Westa w koniunkcji ze Słońcem (6)
12	poniedziałek	12	
13	wtorek	13	Ostatnia kwadra Księżyca (10)
14	środa	14	Maksymalna (19° E) elongacja Merkurego (20)
15	czwartek	15	
16	piątek	16	Saturn 1°.9 S od Księżyca (12)
17	sobota	17	
18	niedziela	18	
19	poniedziałek	19	Mars 0°.2 S od Neptuna (21)
20	wtorek	20	Nów Księżyca (13)
21	środa	21	Merkury 3° S od Księżyca (18), Księżyc w perygeum (20)
22	czwartek	22	Wenus 6° S od Księżyca (5)
23	piątek	23	Neptun 4° S od Księżyca (1), Mars 4° S od Księżyca (5)
24	sobota	24	
25	niedziela	25	Uran 0°.6 S od Księżyca (12)
26	poniedziałek	26	
27	wtorek	27	Pierwsza kwadra Księżyca (5)
28	środa	28	
29	czwartek	29	Aldebaran 1°.2 S od Księżyca (18), opozycja Juno (23)
30	piątek	30	Dolna koniunkcja Merkurego (14)
31	sobota	31	

Luty

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

Galileusz

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

Marzec

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

Stephen Hawking

DM	DT	DR	Uwagi
1	niedziela	60	
2	poniedziałek	61	
3	wtorek	62	Jowisz 5° N od Księżyca (8)
4	środa	63	Wenus 0°.1 N od Urana (20)
5	czwartek	64	Księżyc w apogeum (8), pełnia Księżyca (18)
6	piątek	65	
7	sobota	66	
8	niedziela	67	
9	poniedziałek	68	
10	wtorek	69	
11	środa	70	Mars 0°.3 N od Urana (20)
12	czwartek	71	Saturn 2° S od Księżyca (8)
13	piątek	72	Ostatnia kwadra Księżyca (18)
14	sobota	73	
15	niedziela	74	
16	poniedziałek	75	
17	wtorek	76	
18	środa	77	
19	czwartek	78	Neptun 4° S od Księżyca (2), Merkury 5° S od Księżyca (5), Księżyc w perygeum (20)
20	piątek	79	Nów Księżyca (10), początek wiosny astronomicznej (22:45)
21	sobota	80	Uran 0°.1 S od Księżyca (11), Mars 0°.1 N od Księżyca (22)
22	niedziela	81	Wenus 3° N od Księżyca (20)
23	poniedziałek	82	
24	wtorek	83	
25	środa	84	Aldebaran 0°.9 S od Księżyca (7)
26	czwartek	85	
27	piątek	86	Pierwsza kwadra Księżyca (8)
28	sobota	87	
29	niedziela	88	<i>Niedziela palmowa</i>
30	poniedziałek	89	Jowisz 6° N od Księżyca (10)
31	wtorek	90	

Kwiecień

Mógłbym przemierzać kosmos bez końca

Jurij Gagarin

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

Maj

Astronomia muzyką inteligencji

Juliusz Słowacki

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

Czerwiec

Praca naukowa formą oddawania czci Bogu

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	poniedziałek	152	Saturn 1°.9 S od Księżyca (20)
2	wtorek	153	Pełnia Księżyca (16)
3	środa	154	
4	czwartek	155	<i>Boże Ciało</i>
5	piątek	156	
6	sobota	157	Maksymalna (45° E) elongacja Wenus (18)
7	niedziela	158	
8	poniedziałek	159	Otwarcie Obserwatorium Astronomicznego im. Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim
9	wtorek	160	Neptun 3° S od Księżyca (3), ostatnia kwadra Księżyca (16)
10	środa	161	Księżyc w perygeum (5)
11	czwartek	162	Uran 0°.5 N od Księżyca (20)
12	piątek	163	Opozycja Pallas (1)
13	sobota	164	
14	niedziela	165	Mars w koniunkcji ze Słońcem (16)
15	poniedziałek	166	Merkury 0°.04 N od Księżyca (2), Aldebaran 1°.0 S od Księżyca (12)
16	wtorek	167	Nów Księżyca (14)
17	środa	168	
18	czwartek	169	
19	piątek	170	
20	sobota	171	Wenus 6° N od Księżyca (11)
21	niedziela	172	Jowisz 5° N od Księżyca (0), początek astronomicznego lata (16:38)
22	poniedziałek	173	
23	wtorek	174	Księżyc w apogeum (17)
24	środa	175	Merkury 2° N od Aldebarana (8), pierwsza kwadra Księżyca (11), maksymalna (22° W) elongacja Merkurego (17)
25	czwartek	176	
26	piątek	177	
27	sobota	178	
28	niedziela	179	
29	poniedziałek	180	Jowisz 2° S od Księżyca (1)
30	wtorek	181	

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	środa	182	Wenus 0°.4 S od Jowisza (14)
2	czwartek	183	Pełnia Księżycyca (2)
3	piątek	184	
4	sobota	185	
5	niedziela	186	Księżyc w perygeum (19)
6	poniedziałek	187	Neptun 3° S od Księżycyca (8), opozycja Plutona (16), Ziemia w aphelium (20)
7	wtorek	188	
8	środa	189	Ostatnia kwadra Księżycyca (20)
9	czwartek	190	Uran 0°.8 S od Księżycyca (3)
10	piątek	191	Największa iluminacja Wenus (4)
11	sobota	192	
12	niedziela	193	Aldebaran 0°.9 S od Księżycyca (18)
13	poniedziałek	194	
14	wtorek	195	
15	środa	196	
16	czwartek	197	Nów Księżycyca (1)
17	piątek	198	
18	sobota	199	Jowisz 4° N od Księżycyca (18)
19	niedziela	200	Wenus 0°.4 N od Księżycyca (1)
20	poniedziałek	201	
21	wtorek	202	Księżyc w apogeum (11)
22	środa	203	
23	czwartek	204	Górna koniunkcja Merkurego (19)
24	piątek	205	Pierwsza kwadra Księżycyca (4)
25	sobota	206	Opozycja Ceres (8)
26	niedziela	207	Saturn 2° S od Księżycyca (8)
27	poniedziałek	208	
28	wtorek	209	
29	środa	210	
30	czwartek	211	
31	piątek	212	Pełnia Księżycyca (11), Wenus 3° S od Jowisza (20)

Sierpień

Niebiosa opowiadają chwałę Boga, a dzieła rąk Jego oznajmia firmament

Ps . 19.

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

Wrzesień

Żaden pesymista nigdy nie odkrył tajemnic gwiazd ...

ani nie żeglował po nieznanych wodach ...

ani nie otworzył przed człowiekiem nowego raję

Helen Keller

DM	DT	DR	Uwagi
1	wtorek	244	Opozycja Neptuna (4), Uran 1°.1 N od Księżyca (16)
2	środa	245	
3	czwartek	246	
4	piątek	247	Maksymalna (27° E) elongacja Merkurego (10)
5	sobota	248	Aldebaran 0°.5 S od Księżyca (6), ostatnia kwadra Księżyca (10)
6	niedziela	249	
7	poniedziałek	250	
8	wtorek	251	
9	środa	252	
10	czwartek	253	Wenus 3° S od Księżyca (6), Mars 5° N od Księżyca (23)
11	piątek	254	
12	sobota	255	
13	niedziela	256	Nów Księżyca (7), zaćmienie Słońca
14	poniedziałek	257	Księżyc w apogeum (11)
15	wtorek	258	Merkury 5° S od Księżyca (6)
16	środa	259	
17	czwartek	260	
18	piątek	261	
19	sobota	262	Saturn 3° S od Księżyca (3)
20	niedziela	263	
21	poniedziałek	264	Pierwsza kwadra Księżyca (9), największa iluminacja Wenus (15)
22	wtorek	265	
23	środa	266	Początek astronomicznej jesieni (8:21)
24	czwartek	267	Regulus 0°.8 N od Marsa (17)
25	piątek	268	
26	sobota	269	Neptun 3° S od Księżyca (10)
27	niedziela	270	Juno w koniunkcji ze Słońcem (4)
28	poniedziałek	271	Księżyc w perygeum (2), pełnia Księżyca (3), zaćmienie Księżyca
29	wtorek	272	Uran 1°.0 N od Księżyca (1), opozycja Westy (3)
30	środa	273	Dolna koniunkcja Merkurego (15)

Październik

Poszukiwanie jest esencją ludzkiego ducha

Frank Borman

DM	DT	DR	Uwagi
1	czwartek	274	
2	piątek	275	Aldebaran 0°.5 S od Księżycy (13)
3	sobota	276	
4	niedziela	277	Ostatnia kwadra Księżycy (21)
5	poniedziałek	278	
6	wtorek	279	
7	środa	280	
8	czwartek	281	Wenus 0°.7 N od Księżycy (21),
9	piątek	282	Mars 3° N od Księżycy (17), Regulus 3° S od Wenus (17)
10	sobota	283	Jowisz 3° N od Księżycy (0)
11	niedziela	284	Merkury 0°.9 N od Księżycy (12), Księżyc w apogeum (13)
12	poniedziałek	285	Opozycja Urana (4)
13	wtorek	286	Nów Księżycy (0)
14	środa	287	
15	czwartek	288	
16	piątek	289	Maksymalna (18° W) elongacja Merkurego (3), Saturn 3° S od Księżycy (13)
17	sobota	290	Mars 0°.4 N od Księżycy (14)
18	niedziela	291	
19	poniedziałek	292	
20	wtorek	293	Pierwsza kwadra Księżycy (21)
21	środa	294	
22	czwartek	295	
23	piątek	296	Neptun 3° S od Księżycy (19)
24	sobota	297	
25	niedziela	298	
26	poniedziałek	299	Maksymalna (46° W) elongacja Wenus (7), Wenus 1°.1 S od Jowisza (8), Uran 0°.9 N od Księżycy (10), Księżyc w perygeum (13)
27	wtorek	300	Pełnia Księżycy (12)
28	środa	301	Merkury 4° N od Spiki (19)
29	czwartek	302	Aldebaran 0°.6 S od Księżycy (23)
30	piątek	303	
31	sobota	304	

Listopad

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

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	wtorek	335	
2	środa	336	
3	czwartek	337	Ostatnia kwadra Księżyca (8)
4	piątek	338	Jowisz 1°.8 N od Księżyca (6)
5	sobota	339	Księżyc w apogeum (15)
6	niedziela	340	Mars 0°.1 N od Księżyca (3)
7	poniedziałek	341	Wenus 0°.7 S od Księżyca (17)
8	wtorek	342	
9	środa	343	
10	czwartek	344	
11	piątek	345	Nów Księżyca (10)
12	sobota	346	
13	niedziela	347	
14	poniedziałek	348	
15	wtorek	349	
16	środa	350	
17	czwartek	351	Neptun 3° S od Księżyca (8)
18	piątek	352	Pierwsza kwadra Księżyca (15)
19	sobota	353	
20	niedziela	354	Uran 1°.2 N od Księżyca (1)
21	poniedziałek	355	Księżyc w perygeum (9), Mars 4° N od Spiki (12)
22	wtorek	356	Początek astronomicznej zimy (04:48)
23	środa	357	Aldebaran 0°.7 S od Księżyca (20)
24	czwartek	358	
25	piątek	359	Pełnia Księżyca (11) <i>Boże Narodzenie</i>
26	sobota	360	
27	niedziela	361	
28	poniedziałek	362	
29	wtorek	363	Maksymalna (20° E) elongacja Merkurego (3)
30	środa	364	
31	czwartek	365	Jowisz 1°.5 S od Księżyca (15)

W roku 2015

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

Ziemia w peryhelium: 4 styczeń (7)

Ziemia w aphelium: 6 lipiec (20)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (22:45)

Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (16:38)

Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (08:21)

Początek astronomicznej zimy: 22 grudzień (04:48)

Data juliańska (JD) = 2457022.5 + 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

$$(\epsilon) = 23^{\circ}.438109 - 0.00000036d \text{ (d - dzień roku)}$$

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 kątowna ruchu wirowego Ziemi (ω) = $7.292115 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$

Zaćmienia:

20 III całkowite zaćmienie Słońca (Grenlandia, Islandia, Europa,
Pn. Afryka, Pn-Zach Azja)

4 IV całkowite zaćmienie Księżyca (Zach. Ameryki Północnej, Oceania,
Australia, Wsch. Azja)

13 IX częściowe zaćmienie Słońca (Pd. Afryka, Pd. Madagaskar,
Pd. Ocean Indyjski, Wsch. Antarktyka)

28 IX całkowite zaćmienie Księżyca (Zach. Azja, Afryka, Europa,
Pn. oraz Pd. Ameryka z wyjątkiem Alaski)

VII Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Częstochowa, 8-9 maja 2015

Organizatorzy:

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Stowarzyszenie Astronomia Nova

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD, AN)

Dr Agata Kołodziejczyk (INOSŹ UJ, AN)

Dr Agnieszka Kuźmich (OA UJ, AN)

Zapraszamy zwłaszcza młodych uczonych (magistrantów, doktorantów) do udziału w konferencji i zaprezentowania wyników swoich pierwszych zmagania 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. Przyczyńki zostaną opublikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2016.

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 poniższy adres do dnia **20 kwietnia** 2015 roku.

Dr Bogdan Wszolek
Instytut Fizyki AJD
Al. Armii Krajowej 13/15
42-200 Częstochowa

bogdan@ajd.czyst.pl
bogdan.wszolek@gmail.com

Konkurs URANIA

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Instytut Fizyki AJD w Częstochowie organizują w roku 2015

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

Konkurs jest 2-etapowy. W etapie I uczniowie rozwiązują co najmniej dwa (najlepiej wszystkie) spośród zawartych w zestawie zadań o tematyce astronomicznej. Rozwiązania I etapu (parafowane pieczęcią szkoły, do której uczęszcza uczeń) należy dostarczyć do **30 kwietnia 2015** na adres:

Dr Bogdan Wszolek, 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 **3.06.2015 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. Przepuszczając światło słoneczne przez maleńki otwór pomierzyć średnicę obrazu tarczy słonecznej na ekranie ustawionym w odległości 1 i 2 m od otworu.
2. Oblicz siłę przyciągania grawitacyjnego pomiędzy człowiekiem o masie 50 kg i:
a) Księżycem oddalonym o 400000 km, b) Słońcem oddalonym o 1 j.a.
3. Ciało rzucone pionowo do góry na Księżycu spadło po 10 sekundach. Jaką osiągnęło wysokość?
4. Możliwie najdokładniej pomierzyć odległość kątową od Polluxa do Castora.
5. Sfotografować Wielki Wóz.

Do etapu II warto 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 2014 i 2015.

J.Kreiner, Astronomia z astrofizyką, PWN, 1988.

K.Rudnicki, Astronomia, dawniejszy podręcznik dla klas maturalnych, WSiP (wiele wydań).

B.Wszolek, Wprowadzenie do astronomii, Wyd. AJD w Częstochowie, 2005.

B.Wszolek (red.), Częstochowski Kalendarz Astronomiczny.

(wersje elektroniczne trzech ostatnich pozycji są do pobrania ze stron:

www.astronomianova.org i www.ptma.ajd.czyst.pl)

V 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 2015** roku na adres:

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

Oficjalne ogłoszenie wyników konkursu, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się **3 czerwca 2015** 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 różnorodnych celów propagujących astronomię w społeczeństwie. Nie gwarantuje się wydania dyplomów i nagród osobom, które zgłoszą się po odbiór po 3 czerwca. W przypadku niemożności osobistego udziału w uroczystości ogłoszenia wyników należy wysłać kogoś w zastępstwie (nauczyciel, członek rodziny, kolega).

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

IV 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 2015** roku na adres:

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

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

Ogłoszenie wyników, połączone z wręczaniem dyplomów i nagród, odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie w dniu 18 listopada 2015 o godzinie 17:00.

Informacje o konkursie są zamieszczone na stronie:

www.astronomianova.org



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



C/2014 E2 Jacques 2014-08-03 Paweł Górka

Zdjęcie komety nadesłane na III 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	47	(s16)	15	49	(233)
3	7	46	(127)	11	48	(s16)	15	50	(233)
4	7	45	(126)	11	48	(s17)	15	51	(234)
5	7	45	(126)	11	49	(s17)	15	53	(234)
6	7	45	(126)	11	49	(s17)	15	54	(234)
7	7	45	(126)	11	50	(s17)	15	55	(234)
8	7	44	(126)	11	50	(s17)	15	56	(234)
9	7	44	(125)	11	50	(s17)	15	58	(235)
10	7	43	(125)	11	51	(s17)	15	59	(235)
11	7	43	(125)	11	51	(s17)	16	00	(235)
12	7	42	(125)	11	52	(s18)	16	02	(236)
13	7	41	(124)	11	52	(s18)	16	03	(236)
14	7	41	(124)	11	52	(s18)	16	05	(236)
15	7	40	(124)	11	53	(s18)	16	06	(236)
16	7	39	(123)	11	53	(s18)	16	08	(237)
17	7	38	(123)	11	53	(s18)	16	09	(237)
18	7	37	(123)	11	54	(s19)	16	11	(238)
19	7	36	(122)	11	54	(s19)	16	12	(238)
20	7	35	(122)	11	54	(s19)	16	14	(238)
21	7	34	(121)	11	55	(s19)	16	16	(239)
22	7	33	(121)	11	55	(s20)	16	17	(239)
23	7	32	(121)	11	55	(s20)	16	19	(239)
24	7	31	(120)	11	56	(s20)	16	21	(240)
25	7	30	(120)	11	56	(s20)	16	22	(240)
26	7	28	(119)	11	56	(s20)	16	24	(241)
27	7	27	(119)	11	56	(s21)	16	26	(241)
28	7	26	(119)	11	56	(s21)	16	28	(242)
29	7	24	(118)	11	57	(s21)	16	29	(242)
30	7	23	(118)	11	57	(s22)	16	31	(243)
31	7	22	(117)	11	57	(s22)	16	33	(243)
Luty									
1	7	20	(117)	11	57	(s22)	16	35	(243)
2	7	19	(116)	11	57	(s22)	16	36	(244)
3	7	17	(116)	11	57	(s23)	16	38	(244)
4	7	16	(115)	11	57	(s23)	16	40	(245)
5	7	14	(115)	11	57	(s23)	16	42	(245)
6	7	12	(114)	11	58	(s24)	16	43	(246)
7	7	11	(114)	11	58	(s24)	16	45	(246)
8	7	09	(113)	11	58	(s24)	16	47	(247)
9	7	07	(113)	11	58	(s25)	16	49	(248)
10	7	06	(112)	11	58	(s25)	16	50	(248)
11	7	04	(112)	11	58	(s25)	16	52	(249)
12	7	02	(111)	11	58	(s25)	16	54	(249)
13	7	00	(111)	11	58	(s26)	16	56	(250)
14	6	58	(110)	11	58	(s26)	16	58	(250)
15	6	57	(109)	11	58	(s27)	16	59	(251)
16	6	55	(109)	11	58	(s27)	17	01	(251)
17	6	53	(108)	11	58	(s27)	17	03	(252)
18	6	51	(108)	11	57	(s28)	17	05	(253)
19	6	49	(107)	11	57	(s28)	17	06	(253)
20	6	47	(107)	11	57	(s28)	17	08	(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	(255)
24	6	39	(104)	11	57	(s30)	17	15	(256)
25	6	37	(104)	11	57	(s30)	17	17	(257)
26	6	35	(103)	11	56	(s30)	17	19	(257)
27	6	33	(102)	11	56	(s31)	17	20	(258)
28	6	31	(102)	11	56	(s31)	17	22	(258)

Marzec

1	6 29 (101)	11 56 (s32)	17 24 (259)
2	6 27 (101)	11 56 (s32)	17 26 (260)
3	6 25 (100)	11 56 (s32)	17 27 (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 (s33)	17 32 (262)
7	6 16 (98)	11 55 (s34)	17 34 (263)
8	6 14 (97)	11 54 (s34)	17 36 (263)
9	6 12 (96)	11 54 (s35)	17 38 (264)
10	6 09 (96)	11 54 (s35)	17 39 (265)
11	6 07 (95)	11 54 (s35)	17 41 (265)
12	6 05 (94)	11 53 (s36)	17 43 (266)
13	6 03 (94)	11 53 (s36)	17 44 (266)
14	6 01 (93)	11 53 (s37)	17 46 (267)
15	5 58 (93)	11 53 (s37)	17 48 (268)
16	5 56 (92)	11 52 (s37)	17 49 (268)
17	5 54 (91)	11 52 (s38)	17 51 (269)
18	5 52 (91)	11 52 (s38)	17 53 (270)
19	5 50 (90)	11 51 (s39)	17 54 (270)
20	5 47 (89)	11 51 (s39)	17 56 (271)
21	5 45 (89)	11 51 (s39)	17 57 (271)
22	5 43 (88)	11 51 (s40)	17 59 (272)
23	5 41 (88)	11 50 (s40)	18 01 (273)
24	5 38 (87)	11 50 (s41)	18 02 (273)
25	5 36 (86)	11 50 (s41)	18 04 (274)
26	5 34 (86)	11 49 (s41)	18 06 (275)
27	5 32 (85)	11 49 (s42)	18 07 (275)
28	5 29 (84)	11 49 (s42)	18 09 (276)
29	5 27 (84)	11 48 (s43)	18 11 (276)
30	5 25 (83)	11 48 (s43)	18 12 (277)
31	5 23 (83)	11 48 (s43)	18 14 (278)

Kwiecień

1	5 21 (82)	11 47 (s44)	18 15 (278)
2	5 18 (81)	11 47 (s44)	18 17 (279)
3	5 16 (81)	11 47 (s44)	18 19 (280)
4	5 14 (80)	11 47 (s45)	18 20 (280)
5	5 12 (80)	11 46 (s45)	18 22 (281)
6	5 10 (79)	11 46 (s46)	18 24 (281)
7	5 07 (78)	11 46 (s46)	18 25 (282)
8	5 05 (78)	11 45 (s46)	18 27 (283)
9	5 03 (77)	11 45 (s47)	18 28 (283)
10	5 01 (77)	11 45 (s47)	18 30 (284)
11	4 59 (76)	11 45 (s47)	18 32 (284)
12	4 57 (75)	11 44 (s48)	18 33 (285)
13	4 54 (75)	11 44 (s48)	18 35 (286)
14	4 52 (74)	11 44 (s49)	18 37 (286)
15	4 50 (74)	11 44 (s49)	18 38 (287)
16	4 48 (73)	11 43 (s49)	18 40 (287)
17	4 46 (72)	11 43 (s50)	18 41 (288)
18	4 44 (72)	11 43 (s50)	18 43 (288)
19	4 42 (71)	11 43 (s50)	18 45 (289)
20	4 40 (71)	11 43 (s51)	18 46 (290)
21	4 38 (70)	11 42 (s51)	18 48 (290)
22	4 36 (70)	11 42 (s51)	18 50 (291)
23	4 34 (69)	11 42 (s52)	18 51 (291)
24	4 32 (68)	11 42 (s52)	18 53 (292)
25	4 30 (68)	11 42 (s52)	18 54 (292)
26	4 28 (67)	11 41 (s53)	18 56 (293)
27	4 26 (67)	11 41 (s53)	18 58 (293)
28	4 24 (66)	11 41 (s53)	18 59 (294)
29	4 22 (66)	11 41 (s54)	19 01 (295)
30	4 20 (65)	11 41 (s54)	19 02 (295)

Maj

1	4 18 (65)	11 41 (s54)	19 04 (296)
2	4 17 (64)	11 41 (s55)	19 06 (296)
3	4 15 (64)	11 40 (s55)	19 07 (297)
4	4 13 (63)	11 40 (s55)	19 09 (297)
5	4 11 (63)	11 40 (s55)	19 10 (298)
6	4 10 (62)	11 40 (s56)	19 12 (298)
7	4 08 (62)	11 40 (s56)	19 13 (299)
8	4 06 (61)	11 40 (s56)	19 15 (299)
9	4 04 (61)	11 40 (s57)	19 16 (299)
10	4 03 (60)	11 40 (s57)	19 18 (300)
11	4 01 (60)	11 40 (s57)	19 20 (300)
12	4 00 (59)	11 40 (s57)	19 21 (301)
13	3 58 (59)	11 40 (s58)	19 23 (301)
14	3 57 (59)	11 40 (s58)	19 24 (302)
15	3 55 (58)	11 40 (s58)	19 25 (302)
16	3 54 (58)	11 40 (s58)	19 27 (302)
17	3 52 (57)	11 40 (s58)	19 28 (303)
18	3 51 (57)	11 40 (s59)	19 30 (303)
19	3 50 (57)	11 40 (s59)	19 31 (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 35 (305)
23	3 45 (55)	11 40 (s60)	19 37 (305)
24	3 44 (55)	11 40 (s60)	19 38 (305)
25	3 42 (54)	11 40 (s60)	19 39 (306)
26	3 41 (54)	11 41 (s60)	19 40 (306)
27	3 40 (54)	11 41 (s60)	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 38 (53)	11 41 (s61)	19 45 (307)
31	3 37 (53)	11 41 (s61)	19 46 (308)

Czerwiec

1	3 36 (52)	11 41 (s61)	19 47 (308)
2	3 35 (52)	11 41 (s61)	19 48 (308)
3	3 34 (52)	11 42 (s61)	19 49 (308)
4	3 34 (52)	11 42 (s62)	19 50 (308)
5	3 33 (51)	11 42 (s62)	19 51 (309)
6	3 33 (51)	11 42 (s62)	19 52 (309)
7	3 32 (51)	11 42 (s62)	19 53 (309)
8	3 32 (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 55 (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 57 (310)
14	3 30 (50)	11 44 (s62)	19 58 (310)
15	3 30 (50)	11 44 (s62)	19 58 (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 45 (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 31 (50)	11 46 (s63)	20 01 (310)
27	3 32 (50)	11 47 (s63)	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 33 (50)	11 47 (s62)	20 01 (310)

Lipiec

1	3 34 (50)	11 47 (s62)	20 00 (310)
2	3 35 (50)	11 48 (s62)	20 00 (310)
3	3 35 (51)	11 48 (s62)	20 00 (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 58 (309)
8	3 40 (51)	11 49 (s62)	19 57 (308)
9	3 41 (52)	11 49 (s62)	19 56 (308)
10	3 41 (52)	11 49 (s61)	19 56 (308)
11	3 42 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
12	3 44 (52)	11 49 (s61)	19 54 (308)
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 50 (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 55 (55)	11 50 (s59)	19 44 (304)
23	3 57 (56)	11 50 (s59)	19 42 (304)
24	3 58 (56)	11 50 (s59)	19 41 (304)
25	3 59 (56)	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 36 (302)
29	4 05 (58)	11 50 (s58)	19 34 (302)
30	4 06 (58)	11 50 (s58)	19 33 (301)
31	4 08 (59)	11 50 (s57)	19 31 (301)

Sierpień

1	4 09 (59)	11 50 (s57)	19 30 (300)
2	4 11 (60)	11 50 (s57)	19 28 (300)
3	4 12 (60)	11 50 (s57)	19 26 (299)
4	4 14 (61)	11 50 (s56)	19 25 (299)
5	4 15 (61)	11 50 (s56)	19 23 (299)
6	4 17 (62)	11 49 (s56)	19 21 (298)
7	4 18 (62)	11 49 (s56)	19 20 (298)
8	4 20 (63)	11 49 (s55)	19 18 (297)
9	4 21 (63)	11 49 (s55)	19 16 (297)
10	4 23 (64)	11 49 (s55)	19 14 (296)
11	4 24 (64)	11 49 (s54)	19 12 (296)
12	4 26 (65)	11 49 (s54)	19 11 (295)
13	4 27 (65)	11 48 (s54)	19 09 (295)
14	4 29 (66)	11 48 (s54)	19 07 (294)
15	4 30 (66)	11 48 (s53)	19 05 (294)
16	4 32 (67)	11 48 (s53)	19 03 (293)
17	4 33 (67)	11 48 (s53)	19 01 (293)
18	4 35 (68)	11 47 (s52)	18 59 (292)
19	4 36 (68)	11 47 (s52)	18 57 (291)
20	4 38 (69)	11 47 (s52)	18 55 (291)
21	4 40 (69)	11 47 (s51)	18 53 (290)
22	4 41 (70)	11 47 (s51)	18 51 (290)
23	4 43 (70)	11 46 (s51)	18 49 (289)
24	4 44 (71)	11 46 (s50)	18 47 (289)
25	4 46 (72)	11 46 (s50)	18 45 (288)
26	4 47 (72)	11 45 (s50)	18 43 (288)
27	4 49 (73)	11 45 (s49)	18 40 (287)
28	4 50 (73)	11 45 (s49)	18 38 (286)
29	4 52 (74)	11 45 (s49)	18 36 (286)
30	4 53 (74)	11 44 (s48)	18 34 (285)
31	4 55 (75)	11 44 (s48)	18 32 (285)

Wrzesień

1	4 57 (76)	11 44 (s47)	18 30 (284)
2	4 58 (76)	11 43 (s47)	18 28 (284)
3	5 00 (77)	11 43 (s47)	18 25 (283)
4	5 01 (77)	11 43 (s46)	18 23 (282)
5	5 03 (78)	11 42 (s46)	18 21 (282)
6	5 04 (79)	11 42 (s46)	18 19 (281)
7	5 06 (79)	11 42 (s45)	18 17 (281)
8	5 07 (80)	11 41 (s45)	18 14 (280)
9	5 09 (80)	11 41 (s45)	18 12 (279)
10	5 10 (81)	11 41 (s44)	18 10 (279)
11	5 12 (82)	11 40 (s44)	18 08 (278)
12	5 13 (82)	11 40 (s43)	18 05 (278)
13	5 15 (83)	11 40 (s43)	18 03 (277)
14	5 17 (83)	11 39 (s43)	18 01 (276)
15	5 18 (84)	11 39 (s42)	17 59 (276)
16	5 20 (85)	11 39 (s42)	17 56 (275)
17	5 21 (85)	11 38 (s41)	17 54 (274)
18	5 23 (86)	11 38 (s41)	17 52 (274)
19	5 24 (86)	11 37 (s41)	17 50 (273)
20	5 26 (87)	11 37 (s40)	17 47 (273)
21	5 27 (88)	11 37 (s40)	17 45 (272)
22	5 29 (88)	11 36 (s40)	17 43 (271)
23	5 31 (89)	11 36 (s39)	17 41 (271)
24	5 32 (89)	11 36 (s39)	17 38 (270)
25	5 34 (90)	11 35 (s38)	17 36 (270)
26	5 35 (91)	11 35 (s38)	17 34 (269)
27	5 37 (91)	11 35 (s38)	17 32 (268)
28	5 38 (92)	11 34 (s37)	17 29 (268)
29	5 40 (93)	11 34 (s37)	17 27 (267)
30	5 42 (93)	11 34 (s36)	17 25 (267)

Październik

1	5 43 (94)	11 33 (s36)	17 23 (266)
2	5 45 (94)	11 33 (s36)	17 20 (265)
3	5 46 (95)	11 33 (s35)	17 18 (265)
4	5 48 (96)	11 32 (s35)	17 16 (264)
5	5 49 (96)	11 32 (s34)	17 14 (263)
6	5 51 (97)	11 32 (s34)	17 12 (263)
7	5 53 (97)	11 31 (s34)	17 09 (262)
8	5 54 (98)	11 31 (s33)	17 07 (262)
9	5 56 (99)	11 31 (s33)	17 05 (261)
10	5 58 (99)	11 31 (s33)	17 03 (260)
11	5 59 (100)	11 30 (s32)	17 01 (260)
12	6 01 (101)	11 30 (s32)	16 59 (259)
13	6 02 (101)	11 30 (s31)	16 56 (259)
14	6 04 (102)	11 30 (s31)	16 54 (258)
15	6 06 (102)	11 29 (s31)	16 52 (257)
16	6 07 (103)	11 29 (s30)	16 50 (257)
17	6 09 (103)	11 29 (s30)	16 48 (256)
18	6 11 (104)	11 29 (s30)	16 46 (256)
19	6 12 (105)	11 29 (s29)	16 44 (255)
20	6 14 (105)	11 28 (s29)	16 42 (254)
21	6 16 (106)	11 28 (s29)	16 40 (254)
22	6 17 (106)	11 28 (s28)	16 38 (253)
23	6 19 (107)	11 28 (s28)	16 36 (253)
24	6 21 (108)	11 28 (s28)	16 34 (252)
25	6 23 (108)	11 28 (s27)	16 32 (252)
26	6 24 (109)	11 28 (s27)	16 30 (251)
27	6 26 (109)	11 27 (s26)	16 28 (251)
28	6 28 (110)	11 27 (s26)	16 26 (250)
29	6 29 (110)	11 27 (s26)	16 24 (249)
30	6 31 (111)	11 27 (s25)	16 23 (249)
31	6 33 (111)	11 27 (s25)	16 21 (248)

Listopad

1	6 34 (112)	11 27 (s25)	16 19 (248)
2	6 36 (112)	11 27 (s25)	16 17 (247)
3	6 38 (113)	11 27 (s24)	16 16 (247)
4	6 40 (114)	11 27 (s24)	16 14 (246)
5	6 41 (114)	11 27 (s24)	16 12 (246)
6	6 43 (115)	11 27 (s23)	16 11 (245)
7	6 45 (115)	11 27 (s23)	16 09 (245)
8	6 46 (116)	11 27 (s23)	16 07 (244)
9	6 48 (116)	11 27 (s22)	16 06 (244)
10	6 50 (117)	11 27 (s22)	16 04 (243)
11	6 52 (117)	11 28 (s22)	16 03 (243)
12	6 53 (117)	11 28 (s22)	16 01 (242)
13	6 55 (118)	11 28 (s21)	16 00 (242)
14	6 57 (118)	11 28 (s21)	15 59 (241)
15	6 58 (119)	11 28 (s21)	15 57 (241)
16	7 00 (119)	11 28 (s21)	15 56 (241)
17	7 02 (120)	11 28 (s20)	15 55 (240)
18	7 03 (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 08 (121)	11 29 (s19)	15 50 (239)
22	7 10 (122)	11 30 (s19)	15 49 (238)
23	7 11 (122)	11 30 (s19)	15 48 (238)
24	7 13 (122)	11 30 (s19)	15 47 (237)
25	7 14 (123)	11 30 (s19)	15 46 (237)
26	7 16 (123)	11 31 (s18)	15 45 (237)
27	7 17 (123)	11 31 (s18)	15 44 (236)
28	7 19 (124)	11 31 (s18)	15 43 (236)
29	7 20 (124)	11 32 (s18)	15 43 (236)
30	7 22 (124)	11 32 (s18)	15 42 (236)

Grudzień

1	7 23 (125)	11 32 (s17)	15 41 (235)
2	7 24 (125)	11 33 (s17)	15 41 (235)
3	7 26 (125)	11 33 (s17)	15 40 (235)
4	7 27 (125)	11 34 (s17)	15 40 (234)
5	7 28 (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 38 (s16)	15 38 (233)
16	7 40 (127)	11 39 (s16)	15 38 (233)
17	7 41 (128)	11 39 (s16)	15 38 (232)
18	7 41 (128)	11 40 (s16)	15 39 (232)
19	7 42 (128)	11 40 (s16)	15 39 (232)
20	7 43 (128)	11 41 (s16)	15 39 (232)
21	7 43 (128)	11 41 (s16)	15 40 (232)
22	7 44 (128)	11 42 (s16)	15 40 (232)
23	7 44 (128)	11 42 (s16)	15 41 (232)
24	7 44 (128)	11 43 (s16)	15 41 (232)
25	7 45 (128)	11 43 (s16)	15 42 (232)
26	7 45 (128)	11 44 (s16)	15 43 (232)
27	7 45 (128)	11 44 (s16)	15 43 (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
Styczeń							
1	7	07	16	27	6	25	17 10
2	7	07	16	28	6	25	17 10
3	7	07	16	29	6	25	17 11
4	7	07	16	30	6	24	17 12
5	7	06	16	31	6	24	17 13
6	7	06	16	33	6	24	17 14
7	7	06	16	34	6	24	17 16
8	7	06	16	35	6	24	17 17
9	7	05	16	36	6	24	17 18
10	7	05	16	37	6	23	17 19
11	7	04	16	39	6	23	17 20
12	7	04	16	40	6	22	17 21
13	7	03	16	41	6	22	17 23
14	7	03	16	43	6	21	17 24
15	7	02	16	44	6	21	17 25
16	7	01	16	45	6	20	17 27
17	7	01	16	47	6	20	17 28
18	7	00	16	48	6	19	17 29
19	6	59	16	50	6	18	17 31
20	6	58	16	51	6	17	17 32
21	6	57	16	53	6	17	17 33
22	6	56	16	54	6	16	17 35
23	6	55	16	56	6	15	17 36
24	6	54	16	57	6	14	17 38
25	6	53	16	59	6	13	17 39
26	6	52	17	00	6	12	17 41
27	6	51	17	02	6	11	17 42
28	6	50	17	04	6	10	17 44
29	6	49	17	05	6	09	17 45
30	6	47	17	07	6	07	17 47
31	6	46	17	08	6	06	17 48
Luty							
1	6	45	17	10	6	05	17 50
2	6	43	17	12	6	04	17 51
3	6	42	17	13	6	02	17 53
4	6	40	17	15	6	01	17 54
5	6	39	17	17	6	00	17 56
6	6	37	17	18	5	58	17 58
7	6	36	17	20	5	57	17 59
8	6	34	17	22	5	55	18 01
9	6	33	17	23	5	54	18 02
10	6	31	17	25	5	52	18 04
11	6	29	17	27	5	51	18 06
12	6	28	17	28	5	49	18 07
13	6	26	17	30	5	48	18 09
14	6	24	17	32	5	46	18 10
15	6	23	17	33	5	44	18 12
16	6	21	17	35	5	42	18 14
17	6	19	17	37	5	41	18 15
18	6	17	17	39	5	39	18 17
19	6	15	17	40	5	37	18 19
20	6	13	17	42	5	35	18 20
21	6	12	17	44	5	33	18 22
22	6	10	17	45	5	32	18 23
23	6	08	17	47	5	30	18 25
24	6	06	17	49	5	28	18 27
25	6	04	17	50	5	26	18 28
26	6	02	17	52	5	24	18 30
27	6	00	17	54	5	22	18 32
28	5	58	17	55	5	20	18 33

Marzec

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

Kwiecień

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

Maj

1	3 41	19 42	2 53	20 30	1 55	21 29
2	3 39	19 43	2 51	20 32	1 52	21 32
3	3 37	19 45	2 48	20 34	1 48	21 35
4	3 35	19 47	2 46	20 36	1 45	21 38
5	3 33	19 49	2 44	20 39	1 42	21 42
6	3 31	19 50	2 41	20 41	1 38	21 45
7	3 29	19 52	2 39	20 43	1 35	21 49
8	3 27	19 54	2 36	20 45	1 31	21 52
9	3 25	19 56	2 34	20 48	1 27	21 56
10	3 24	19 57	2 32	20 50	1 24	21 59
11	3 22	19 59	2 30	20 52	1 20	22 03
12	3 20	20 01	2 27	20 54	1 16	22 07
13	3 18	20 03	2 25	20 56	1 12	22 11
14	3 17	20 04	2 23	20 59	1 09	22 15
15	3 15	20 06	2 21	21 01	1 04	22 19
16	3 13	20 08	2 18	21 03	1 00	22 23
17	3 12	20 09	2 16	21 05	0 56	22 28
18	3 10	20 11	2 14	21 07	0 52	22 32
19	3 08	20 13	2 12	21 10	0 47	22 37
20	3 07	20 14	2 10	21 12	0 42	22 42
21	3 05	20 16	2 08	21 14	0 37	22 48
22	3 04	20 17	2 06	21 16	0 32	22 54
23	3 03	20 19	2 04	21 18	0 26	23 01
24	3 01	20 21	2 02	21 20	0 20	23 08
25	3 00	20 22	2 00	21 22	0 12	23 18
26	2 59	20 23	1 58	21 24	0 02	// //
27	2 57	20 25	1 57	21 26	// //	// //
28	2 56	20 26	1 55	21 28	// //	// //
29	2 55	20 28	1 53	21 30	// //	// //
30	2 54	20 29	1 51	21 32	// //	// //
31	2 53	20 30	1 50	21 34	// //	// //

Czerwiec

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

Lipiec

1	2 48	20 46	1 40	21 54	// // // //
2	2 49	20 46	1 41	21 53	// // // //
3	2 50	20 45	1 42	21 53	// // // //
4	2 51	20 45	1 43	21 52	// // // //
5	2 52	20 44	1 45	21 51	// // // //
6	2 53	20 43	1 46	21 49	// // // //
7	2 54	20 43	1 47	21 48	// // // //
8	2 55	20 42	1 49	21 47	// // // //
9	2 56	20 41	1 51	21 46	// // // //
10	2 57	20 40	1 52	21 44	// // // //
11	2 58	20 39	1 54	21 43	// // // //
12	2 59	20 38	1 56	21 41	// // // //
13	3 01	20 37	1 57	21 40	// // // //
14	3 02	20 36	1 59	21 38	// // // //
15	3 03	20 35	2 01	21 36	// // // //
16	3 05	20 34	2 03	21 35	// // // //
17	3 06	20 32	2 05	21 33	// // 23 36
18	3 07	20 31	2 07	21 31	0 04 23 23
19	3 09	20 30	2 09	21 29	0 17 23 15
20	3 10	20 28	2 11	21 27	0 25 23 08
21	3 12	20 27	2 13	21 25	0 32 23 02
22	3 13	20 26	2 15	21 23	0 39 22 56
23	3 15	20 24	2 17	21 21	0 44 22 51
24	3 16	20 23	2 19	21 19	0 50 22 46
25	3 18	20 21	2 21	21 17	0 55 22 41
26	3 20	20 19	2 23	21 15	0 59 22 37
27	3 21	20 18	2 26	21 13	1 04 22 32
28	3 23	20 16	2 28	21 11	1 08 22 28
29	3 24	20 14	2 30	21 09	1 12 22 24
30	3 26	20 13	2 32	21 06	1 16 22 20
31	3 28	20 11	2 34	21 04	1 20 22 16

Sierpień

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

Wrzesień

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

Październik

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

Listopad

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

Grudzień

1	6 45	16 20	6 03	17 01	5 24	17 41
2	6 46	16 19	6 05	17 01	5 25	17 40
3	6 47	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 40
6	6 51	16 18	6 09	17 00	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 16	16 59	5 36	17 40
15	7 00	16 17	6 17	17 00	5 37	17 40
16	7 00	16 17	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 19	17 00	5 39	17 41
19	7 02	16 18	6 20	17 01	5 40	17 41
20	7 03	16 19	6 21	17 01	5 40	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 42	17 43
25	7 05	16 21	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 45
28	7 06	16 24	6 24	17 06	5 44	17 46
29	7 06	16 24	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 08	5 44	17 48

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							Luty						
1	13	21 (64)	21	00 (s56)	f 4	46 (298)	1	14	33 (62)	22	18 (s56)	f 5	58 (297)
2	14	02 (61)	21	52 (s57)	f 5	44 (300)	2	15	31 (65)	23	06 (s54)	f 6	32 (293)
3	14	50 (60)	22	43 (s58)	f 6	36 (300)	4	p16	32 (69)	p23	52 (s52)	7	02 (288)
4	15	43 (60)	23	34 (s57)	f 7	20 (298)	5	p17	33 (74)	0	36 (s48)	7	28 (283)
6	p16	40 (63)	0	23 (s56)	7	58 (295)	6	p18	35 (80)	1	19 (s45)	7	53 (277)
7	p17	40 (66)	1	10 (s53)	8	30 (291)	7	p19	37 (86)	2	01 (s41)	8	16 (271)
8	p18	42 (71)	1	55 (s50)	8	58 (286)	8	p20	39 (92)	2	44 (s37)	8	39 (265)
9	p19	44 (76)	2	39 (s47)	9	24 (281)	9	p21	41 (98)	3	26 (s33)	9	03 (259)
10	p20	45 (82)	3	22 (s43)	9	47 (275)	10	p22	44 (104)	4	10 (s30)	9	29 (254)
11	p21	47 (88)	4	04 (s39)	10	10 (269)	11	p23	47 (109)	4	56 (s27)	9	58 (249)
12	p22	50 (94)	4	46 (s36)	10	33 (263)	12	0	51 (114)	5	44 (s24)	10	32 (244)
13	p23	53 (100)	5	30 (s32)	10	58 (257)	13	1	54 (118)	6	35 (s22)	11	13 (241)
14	0	57 (106)	6	15 (s28)	11	26 (251)	14	2	55 (120)	7	29 (s21)	12	02 (240)
15	2	02 (112)	7	03 (s25)	11	58 (246)	15	3	52 (120)	8	26 (s21)	13	01 (240)
16	3	08 (116)	7	54 (s23)	12	36 (243)	16	4	44 (118)	9	24 (s22)	14	09 (243)
17	4	12 (119)	8	48 (s21)	13	22 (240)	17	5	29 (114)	10	23 (s25)	15	24 (248)
18	5	13 (120)	9	45 (s21)	14	18 (240)	18	6	08 (109)	11	21 (s29)	16	44 (254)
19	6	09 (120)	10	45 (s21)	15	24 (241)	19	6	43 (102)	12	19 (s33)	18	06 (262)
20	6	58 (116)	11	44 (s24)	16	37 (245)	20	7	15 (94)	13	15 (s38)	19	28 (270)
21	7	39 (111)	12	43 (s27)	17	56 (251)	21	7	46 (87)	14	10 (s43)	20	48 (277)
22	8	15 (105)	13	40 (s31)	19	16 (258)	22	8	17 (79)	15	05 (s47)	22	05 (285)
23	8	48 (98)	14	36 (s36)	20	36 (266)	23	8	49 (73)	15	58 (s51)	23	19 (291)
24	9	17 (90)	15	30 (s40)	21	54 (274)	24	9	24 (67)	16	52 (s54)	f 0	28 (295)
25	9	47 (83)	16	22 (s45)	23	10 (281)	25	10	03 (63)	17	44 (s56)	f 1	31 (298)
26	10	16 (76)	17	14 (s49)	f 0	23 (287)	26	10	47 (61)	18	36 (s57)	f 2	27 (300)
27	10	48 (70)	18	05 (s53)	f 1	33 (293)	27	11	36 (60)	19	27 (s57)	f 3	16 (299)
28	11	23 (65)	18	57 (s55)	f 2	38 (297)	28	12	29 (61)	20	16 (s57)	f 3	58 (297)
29	12	03 (62)	19	48 (s57)	f 3	38 (299)							
30	12	48 (60)	20	39 (s58)	f 4	32 (300)							
31	13	38 (60)	21	30 (s57)	f 5	18 (299)							

Marzec

1	13 26 (64)	21 03 (s55)	f 4 34 (294)
2	14 25 (68)	21 49 (s52)	f 5 05 (290)
3	15 26 (72)	22 34 (s49)	f 5 32 (285)
4	16 27 (78)	23 17 (s46)	f 5 57 (279)
6	p17 29 (84)	p24 00 (s42)	6 21 (273)
7	p18 31 (90)	0 42 (s39)	6 44 (267)
8	p19 33 (96)	1 25 (s35)	7 08 (261)
9	p20 36 (102)	2 09 (s31)	7 33 (256)
10	p21 38 (107)	2 53 (s28)	8 01 (251)
11	p22 41 (112)	3 40 (s25)	8 33 (246)
12	p23 44 (116)	4 29 (s23)	9 11 (243)
13	0 44 (119)	5 21 (s21)	9 55 (241)
14	1 41 (120)	6 14 (s21)	10 48 (240)
15	2 33 (119)	7 09 (s22)	11 49 (242)
16	3 19 (116)	8 06 (s24)	12 59 (245)
17	4 00 (112)	9 03 (s27)	14 14 (251)
18	4 36 (105)	10 00 (s31)	15 33 (258)
19	5 10 (98)	10 56 (s35)	16 55 (265)
20	5 41 (91)	11 52 (s40)	18 16 (273)
21	6 12 (83)	12 48 (s45)	19 37 (281)
22	6 45 (76)	13 44 (s49)	20 55 (288)
23	7 20 (70)	14 39 (s53)	22 09 (293)
24	7 58 (65)	15 34 (s55)	23 17 (297)
25	8 42 (62)	16 28 (s57)	f 0 18 (299)
26	9 30 (61)	17 21 (s57)	f 1 11 (299)
27	10 23 (61)	18 11 (s57)	f 1 56 (298)
28	11 19 (63)	19 00 (s55)	f 2 34 (295)
29	12 18 (66)	19 47 (s53)	f 3 07 (291)
30	13 18 (71)	20 32 (s50)	f 3 36 (286)
31	14 19 (76)	21 15 (s47)	f 4 01 (281)

Kwiecień

1	15 21 (82)	21 58 (s44)	f 4 25 (275)
2	16 23 (88)	22 41 (s40)	f 4 49 (269)
3	17 25 (94)	23 23 (s36)	f 5 13 (263)
5	p18 28 (100)	0 07 (s32)	5 37 (258)
6	p19 31 (106)	0 51 (s29)	6 05 (252)
7	p20 34 (111)	1 38 (s26)	6 36 (247)
8	p21 37 (115)	2 26 (s23)	7 11 (244)
9	p22 38 (118)	3 17 (s22)	7 53 (241)
10	p23 35 (120)	4 09 (s21)	8 43 (240)
11	0 28 (120)	5 03 (s21)	9 40 (241)
12	1 15 (117)	5 57 (s23)	10 44 (244)
13	1 56 (114)	6 52 (s25)	11 55 (248)
14	2 33 (108)	7 47 (s29)	13 10 (254)
15	3 06 (102)	8 41 (s33)	14 27 (262)
16	3 38 (95)	9 36 (s38)	15 47 (269)
17	4 08 (87)	10 31 (s42)	17 07 (277)
18	4 39 (80)	11 26 (s47)	18 26 (284)
19	5 13 (73)	12 22 (s51)	19 43 (291)
20	5 50 (67)	13 18 (s54)	20 56 (295)
21	6 32 (63)	14 14 (s56)	22 02 (298)
22	7 19 (61)	15 09 (s57)	23 01 (300)
23	8 11 (60)	16 02 (s57)	23 51 (299)
24	9 08 (62)	16 53 (s56)	f 0 32 (296)
25	10 07 (65)	17 42 (s54)	f 1 08 (293)
26	11 08 (69)	18 28 (s52)	f 1 38 (288)
27	12 09 (74)	19 12 (s48)	f 2 05 (283)
28	13 11 (79)	19 55 (s45)	f 2 30 (277)
29	14 12 (85)	20 38 (s41)	f 2 53 (272)
30	15 14 (91)	21 20 (s37)	f 3 16 (266)

Maj

1	16 17 (98)	22 03 (s34)	f 3 41 (260)
2	17 21 (104)	22 48 (s30)	f 4 07 (254)
3	18 25 (109)	23 34 (s27)	f 4 37 (249)
5	p19 29 (114)	0 22 (s24)	5 11 (245)
6	p20 31 (117)	1 13 (s22)	5 51 (242)
7	p21 31 (120)	2 05 (s21)	6 39 (240)
8	p22 26 (120)	2 59 (s21)	7 34 (240)
9	p23 15 (118)	3 54 (s22)	8 36 (243)
10	p23 58 (115)	4 48 (s24)	9 44 (247)
11	0 35 (110)	5 41 (s27)	10 56 (252)
12	1 08 (104)	6 35 (s31)	12 11 (259)
13	1 39 (97)	7 27 (s36)	13 27 (266)
14	2 08 (90)	8 20 (s40)	14 44 (274)
15	2 38 (83)	9 13 (s45)	16 02 (281)
16	3 09 (76)	10 08 (s49)	17 19 (288)
17	3 43 (70)	11 03 (s53)	18 33 (293)
18	4 22 (65)	11 59 (s56)	19 43 (297)
19	5 07 (62)	12 55 (s57)	20 46 (299)
20	5 57 (60)	13 49 (s58)	21 41 (300)
21	6 53 (61)	14 42 (s57)	22 28 (298)
22	7 52 (63)	15 33 (s55)	23 06 (295)
23	8 54 (67)	16 21 (s53)	23 39 (291)
24	9 56 (71)	17 07 (s50)	f 0 08 (286)
25	10 58 (77)	17 51 (s47)	f 0 33 (280)
26	12 00 (83)	18 34 (s43)	f 0 57 (274)
27	13 02 (89)	19 16 (s39)	f 1 20 (268)
28	14 04 (95)	19 59 (s35)	f 1 44 (262)
29	15 07 (101)	20 42 (s31)	f 2 09 (256)
30	16 11 (107)	21 28 (s28)	f 2 37 (251)
31	17 16 (112)	22 16 (s25)	f 3 09 (246)

Czerwiec

1	18 20 (116)	23 06 (s23)	f 3 47 (242)
3	p19 22 (119)	p23 58 (s21)	4 32 (240)
4	p20 20 (120)	0 53 (s21)	5 26 (240)
5	p21 13 (119)	1 48 (s21)	6 27 (241)
6	p21 58 (117)	2 44 (s23)	7 34 (245)
7	p22 38 (112)	3 38 (s26)	8 46 (250)
8	p23 13 (107)	4 32 (s30)	10 00 (256)
9	p23 44 (100)	5 24 (s34)	11 16 (263)
10	0 13 (93)	6 16 (s39)	12 31 (271)
11	0 41 (86)	7 08 (s43)	13 47 (278)
12	1 11 (79)	8 00 (s48)	15 02 (285)
13	1 43 (72)	8 53 (s51)	16 16 (291)
14	2 18 (67)	9 48 (s55)	17 26 (296)
15	2 59 (63)	10 42 (s57)	18 32 (299)
16	3 46 (61)	11 37 (s58)	19 30 (300)
17	4 39 (60)	12 31 (s57)	20 21 (299)
18	5 37 (62)	13 23 (s56)	21 03 (297)
19	6 38 (65)	14 13 (s54)	21 39 (293)
20	7 41 (69)	15 00 (s51)	22 10 (288)
21	8 44 (74)	15 45 (s48)	22 37 (283)
22	9 46 (80)	16 29 (s45)	23 01 (277)
23	10 48 (86)	17 11 (s41)	23 25 (271)
24	11 50 (92)	17 54 (s37)	23 48 (265)
25	12 52 (98)	18 37 (s33)	f 0 12 (259)
26	13 55 (104)	19 21 (s30)	f 0 38 (253)
27	14 59 (110)	20 07 (s26)	f 1 08 (248)
28	16 04 (114)	20 56 (s24)	f 1 43 (244)
29	17 07 (118)	21 47 (s22)	f 2 24 (241)
30	18 08 (120)	22 41 (s21)	f 3 14 (240)

Lipiec

1	19 04 (120)	23 37 (s21)	f 4 13 (240)
3	p19 54 (118)	0 34 (s22)	5 19 (243)
4	p20 37 (114)	1 31 (s25)	6 31 (248)
5	p21 15 (109)	2 26 (s28)	7 47 (254)
6	p21 48 (102)	3 21 (s32)	9 04 (261)
7	p22 18 (95)	4 13 (s37)	10 20 (268)
8	p22 47 (88)	5 06 (s42)	11 36 (276)
9	p23 16 (81)	5 57 (s46)	12 51 (283)
10	p23 46 (74)	6 50 (s50)	14 04 (289)
11	0 20 (69)	7 42 (s53)	15 15 (294)
12	0 58 (64)	8 36 (s56)	16 21 (298)
13	1 41 (61)	9 30 (s57)	17 21 (300)
14	2 31 (60)	10 23 (s58)	18 14 (300)
15	3 26 (61)	11 15 (s57)	19 00 (298)
16	4 25 (63)	12 06 (s55)	19 38 (295)
17	5 27 (67)	12 54 (s53)	20 11 (290)
18	6 30 (72)	13 40 (s50)	20 40 (285)
19	7 33 (77)	14 24 (s46)	21 05 (280)
20	8 35 (83)	15 07 (s43)	21 29 (274)
21	9 37 (89)	15 50 (s39)	21 52 (268)
22	10 39 (95)	16 32 (s35)	22 16 (262)
23	11 41 (101)	17 15 (s31)	22 41 (256)
24	12 44 (107)	18 00 (s28)	23 08 (251)
25	13 47 (112)	18 46 (s25)	23 40 (246)
26	14 50 (116)	19 36 (s23)	f 0 17 (243)
27	15 51 (119)	20 28 (s21)	f 1 02 (240)
28	16 49 (120)	21 23 (s21)	f 1 56 (240)
29	17 43 (119)	22 19 (s22)	f 2 59 (242)
30	18 30 (116)	23 17 (s24)	f 4 09 (245)

Sierpień

1	p19 11 (112)	0 14 (s27)	5 25 (251)
2	p19 47 (105)	1 11 (s31)	6 44 (258)
3	p20 20 (98)	2 06 (s35)	8 03 (265)
4	p20 50 (91)	3 00 (s40)	9 22 (273)
5	p21 20 (84)	3 53 (s45)	10 39 (280)
6	p21 51 (77)	4 46 (s49)	11 54 (287)
7	p22 23 (71)	5 39 (s52)	13 06 (292)
8	p23 00 (66)	6 33 (s55)	14 13 (297)
9	p23 41 (62)	7 26 (s57)	15 15 (299)
10	0 28 (61)	8 19 (s57)	16 10 (300)
11	1 20 (61)	9 10 (s57)	16 57 (298)
12	2 17 (62)	10 01 (s56)	17 38 (296)
13	3 18 (66)	10 49 (s54)	18 12 (292)
14	4 19 (70)	11 36 (s51)	18 42 (287)
15	5 22 (75)	12 21 (s48)	19 09 (282)
16	6 24 (81)	13 04 (s44)	19 34 (276)
17	7 26 (87)	13 47 (s40)	19 57 (270)
18	8 28 (93)	14 29 (s36)	20 21 (264)
19	9 30 (99)	15 11 (s33)	20 45 (258)
20	10 32 (105)	15 55 (s29)	21 11 (253)
21	11 33 (110)	16 40 (s26)	21 40 (248)
22	12 35 (114)	17 27 (s24)	22 14 (244)
23	13 36 (118)	18 17 (s22)	22 55 (241)
24	14 34 (120)	19 09 (s21)	23 43 (240)
25	15 29 (120)	20 03 (s21)	f 0 40 (241)
26	16 18 (118)	21 00 (s23)	f 1 45 (243)
27	17 02 (114)	21 57 (s25)	f 2 58 (248)
28	17 41 (109)	22 54 (s28)	f 4 16 (254)
30	p18 16 (102)	p23 51 (s33)	5 36 (261)
31	p18 49 (95)	0 47 (s38)	6 57 (269)

Wrzesień

1	p19 20 (87)	1 42 (s42)	8 18 (277)
2	p19 51 (80)	2 38 (s47)	9 37 (284)
3	p20 24 (73)	3 33 (s51)	10 52 (290)
4	p21 00 (68)	4 27 (s54)	12 03 (295)
5	p21 41 (64)	5 22 (s56)	13 08 (298)
6	p22 26 (61)	6 15 (s57)	14 06 (299)
7	p23 17 (61)	7 07 (s57)	14 56 (299)
8	0 13 (62)	7 58 (s56)	15 38 (297)
9	1 11 (65)	8 47 (s54)	16 14 (293)
10	2 12 (69)	9 34 (s52)	16 45 (289)
11	3 14 (73)	10 19 (s49)	17 13 (284)
12	4 16 (79)	11 02 (s45)	17 38 (278)
13	5 18 (85)	11 45 (s42)	18 02 (272)
14	6 20 (91)	12 27 (s38)	18 25 (266)
15	7 21 (97)	13 10 (s34)	18 49 (260)
16	8 23 (103)	13 53 (s31)	19 15 (255)
17	9 25 (108)	14 37 (s27)	19 43 (250)
18	10 26 (113)	15 23 (s25)	20 15 (246)
19	11 26 (116)	16 11 (s23)	20 52 (243)
20	12 24 (119)	17 01 (s21)	21 36 (241)
21	13 18 (120)	17 52 (s21)	22 27 (240)
22	14 09 (119)	18 46 (s22)	23 27 (242)
23	14 54 (116)	19 41 (s24)	f 0 34 (246)
24	15 34 (112)	20 37 (s27)	f 1 47 (251)
25	16 10 (106)	21 33 (s30)	f 3 05 (257)
26	16 43 (99)	22 29 (s35)	f 4 26 (265)
27	17 15 (91)	23 25 (s40)	f 5 48 (273)
29	p17 47 (83)	0 21 (s45)	7 09 (281)
30	p18 20 (76)	1 18 (s49)	8 29 (287)

Październik

1	p18 56 (70)	2 15 (s53)	9 45 (293)
2	p19 36 (65)	3 12 (s55)	10 55 (297)
3	p20 21 (62)	4 08 (s57)	11 58 (299)
4	p21 11 (61)	5 02 (s57)	12 52 (299)
5	p22 06 (61)	5 54 (s57)	13 37 (297)
6	p23 05 (64)	6 44 (s55)	14 16 (294)
7	0 05 (67)	7 31 (s53)	14 48 (290)
8	1 07 (72)	8 17 (s50)	15 17 (285)
9	2 09 (77)	9 01 (s46)	15 43 (280)
10	3 11 (83)	9 44 (s43)	16 07 (274)
11	4 12 (89)	10 26 (s39)	16 30 (268)
12	5 14 (95)	11 08 (s35)	16 54 (262)
13	6 16 (101)	11 51 (s32)	17 19 (257)
14	7 18 (106)	12 35 (s28)	17 46 (251)
15	8 19 (111)	13 21 (s25)	18 17 (247)
16	9 20 (115)	14 08 (s23)	18 52 (243)
17	10 18 (118)	14 57 (s22)	19 33 (241)
18	11 14 (120)	15 47 (s21)	20 21 (240)
19	12 04 (119)	16 39 (s21)	21 16 (241)
20	12 50 (117)	17 32 (s23)	22 19 (244)
21	13 30 (114)	18 25 (s25)	23 27 (248)
22	14 06 (109)	19 19 (s29)	f 0 40 (254)
23	14 39 (102)	20 13 (s33)	f 1 57 (261)
24	15 11 (95)	21 07 (s37)	f 3 16 (269)
25	15 41 (88)	22 03 (s42)	f 4 37 (276)
26	16 13 (80)	22 59 (s47)	f 5 58 (284)
28	p16 48 (73)	p23 56 (s51)	7 17 (290)
29	p17 26 (67)	0 54 (s54)	8 33 (295)
30	p18 09 (63)	1 53 (s56)	9 42 (299)
31	p18 59 (61)	2 50 (s57)	10 42 (299)

Listopad

1	p19 54 (61)	3 45 (s57)	11 32 (299)
2	p20 53 (62)	4 37 (s56)	12 15 (296)
3	p21 54 (66)	5 27 (s54)	12 50 (292)
4	p22 57 (70)	6 14 (s51)	13 21 (287)
5	p23 59 (75)	6 58 (s48)	13 47 (282)
6	1 02 (81)	7 42 (s44)	14 12 (276)
7	2 03 (87)	8 24 (s40)	14 35 (270)
8	3 05 (93)	9 06 (s37)	14 58 (264)
9	4 07 (99)	9 49 (s33)	15 23 (259)
10	5 09 (105)	10 33 (s29)	15 49 (253)
11	6 11 (110)	11 18 (s26)	16 18 (248)
12	7 13 (114)	12 05 (s24)	16 52 (244)
13	8 13 (118)	12 54 (s22)	17 31 (241)
14	9 10 (120)	13 44 (s21)	18 17 (240)
15	10 03 (120)	14 36 (s21)	19 10 (240)
16	10 50 (118)	15 28 (s22)	20 10 (243)
17	11 32 (115)	16 21 (s24)	21 16 (246)
18	12 08 (111)	17 13 (s27)	22 26 (252)
19	12 41 (105)	18 05 (s31)	23 39 (258)
20	13 11 (98)	18 57 (s35)	f 0 54 (265)
21	13 41 (91)	19 50 (s40)	f 2 12 (273)
22	14 11 (84)	20 44 (s45)	f 3 30 (280)
23	14 42 (77)	21 39 (s49)	f 4 49 (287)
24	15 17 (70)	22 36 (s53)	f 6 06 (293)
25	15 57 (65)	23 34 (s55)	f 7 19 (297)
27	p16 43 (62)	0 32 (s57)	8 24 (299)
28	p17 36 (60)	1 29 (s58)	9 21 (299)
29	p18 35 (61)	2 25 (s57)	10 09 (298)
30	p19 37 (64)	3 17 (s55)	10 49 (294)

Grudzień

1	p20 41 (68)	4 07 (s52)	11 22 (290)
2	p21 45 (72)	4 53 (s49)	11 51 (284)
3	p22 49 (78)	5 38 (s46)	12 16 (279)
4	p23 51 (84)	6 21 (s42)	12 40 (273)
5	0 53 (90)	7 03 (s38)	13 03 (267)
6	1 55 (96)	7 45 (s34)	13 27 (261)
7	2 57 (102)	8 28 (s31)	13 52 (255)
8	3 59 (108)	9 13 (s28)	14 19 (250)
9	5 02 (113)	9 59 (s25)	14 51 (246)
10	6 04 (117)	10 48 (s23)	15 28 (242)
11	7 03 (119)	11 39 (s21)	16 12 (240)
12	7 59 (120)	12 31 (s21)	17 04 (240)
13	8 49 (119)	13 24 (s21)	18 02 (241)
14	9 33 (117)	14 18 (s23)	19 07 (245)
15	10 12 (113)	15 11 (s26)	20 16 (250)
16	10 46 (107)	16 03 (s29)	21 29 (256)
17	11 17 (101)	16 54 (s34)	22 42 (262)
18	11 45 (94)	17 46 (s38)	23 57 (270)
19	12 14 (87)	18 37 (s43)	f 1 13 (277)
20	12 43 (80)	19 30 (s47)	f 2 29 (284)
21	13 15 (73)	20 24 (s51)	f 3 44 (290)
22	13 51 (67)	21 19 (s54)	f 4 57 (295)
23	14 33 (63)	22 16 (s56)	f 6 06 (299)
24	15 22 (61)	23 13 (s58)	f 7 07 (300)
26	p16 17 (60)	0 10 (s57)	8 00 (299)
27	p17 18 (62)	1 04 (s56)	8 44 (296)
28	p18 22 (65)	1 56 (s54)	9 21 (292)
29	p19 27 (70)	2 45 (s51)	9 52 (287)
30	p20 32 (75)	3 31 (s48)	10 19 (282)
31	p21 36 (81)	4 15 (s44)	10 44 (276)

Tabela 4. Czas gwiazdowy dla Częstochowy
(widomy, o godzinie 0 UT wyszczególnionych dat)

h m s		
Styczeń	Luty	Marzec
1 7 57 47.4317	1 10 00 00.6912	1 11 50 24.1920
2 8 01 43.9914	2 10 03 57.2495	2 11 54 20.7465
3 8 05 40.5527	3 10 07 53.8061	3 11 58 17.2991
4 8 09 37.1145	4 10 11 50.3607	4 12 02 13.8498
5 8 13 33.6760	5 10 15 46.9133	5 12 06 10.3987
6 8 17 30.2363	6 10 19 43.4641	6 12 10 06.9463
7 8 21 26.7948	7 10 23 40.0137	7 12 14 03.4931
8 8 25 23.3512	8 10 27 36.5626	8 12 18 00.0399
9 8 29 19.9058	9 10 31 33.1117	9 12 21 56.5875
10 8 33 16.4586	10 10 35 29.6617	10 12 25 53.1365
11 8 37 13.0105	11 10 39 26.2133	11 12 29 49.6874
12 8 41 09.5620	12 10 43 22.7669	12 12 33 46.2405
13 8 45 06.1139	13 10 47 19.3227	13 12 37 42.7957
14 8 49 02.6670	14 10 51 15.8807	14 12 41 39.3523
15 8 52 59.2219	15 10 55 12.4400	15 12 45 35.9096
16 8 56 55.7793	16 10 59 08.9996	16 12 49 32.4664
17 9 00 52.3391	17 11 03 05.5580	17 12 53 29.0214
18 9 04 48.9009	18 11 07 02.1137	18 12 57 25.5736
19 9 08 45.4638	19 11 10 58.6661	19 13 01 22.1228
20 9 12 42.0261	20 11 14 55.2154	20 13 05 18.6697
21 9 16 38.5862	21 11 18 51.7630	21 13 09 15.2159
22 9 20 35.1430	22 11 22 48.3108	22 13 13 11.7633
23 9 24 31.6965	23 11 26 44.8602	23 13 17 08.3130
24 9 28 28.2476	24 11 30 41.4121	24 13 21 04.8656
25 9 32 24.7978	25 11 34 37.9663	25 13 25 01.4205
26 9 36 21.3488	26 11 38 34.5222	26 13 28 57.9767
27 9 40 17.9016	27 11 42 31.0791	27 13 32 54.5332
28 9 44 14.4566	28 11 46 27.6360	28 13 36 51.0891
29 9 48 11.0138		29 13 40 47.6436
30 9 52 07.5725		30 13 44 44.1964
31 9 56 04.1320		31 13 48 40.7472

Kwiecień

1 13 52 37.2962
2 13 56 33.8439
3 14 00 30.3907
4 14 04 26.9375
5 14 08 23.4848
6 14 12 20.0336
7 14 16 16.5843
8 14 20 13.1371
9 14 24 09.6922
10 14 28 06.2488
11 14 32 02.8064
12 14 35 59.3637
13 14 39 55.9196
14 14 43 52.4733
15 14 47 49.0243
16 14 51 45.5730
17 14 55 42.1203
18 14 59 38.6682
19 15 03 35.2179
20 15 07 31.7706
21 15 11 28.3261
22 15 15 24.8836
23 15 19 21.4420
24 15 23 18.0002
25 15 27 14.5571
26 15 31 11.1123
27 15 35 07.6655
28 15 39 04.2169
29 15 43 00.7667
30 15 46 57.3156

Maj

1 15 50 53.8643
2 15 54 50.4134
3 15 58 46.9637
4 16 02 43.5159
5 16 06 40.0704
6 16 10 36.6271
7 16 14 33.1857
8 16 18 29.7455
9 16 22 26.3052
10 16 26 22.8637
11 16 30 19.4202
12 16 34 15.9740
13 16 38 12.5255
14 16 42 09.0755
15 16 46 05.6253
16 16 50 02.1765
17 16 53 58.7302
18 16 57 55.2869
19 17 01 51.8460
20 17 05 48.4067
21 17 09 44.9676
22 17 13 41.5277
23 17 17 38.0861
24 17 21 34.6426
25 17 25 31.1969
26 17 29 27.7496
27 17 33 24.3010
28 17 37 20.8518
29 17 41 17.4029
30 17 45 13.9549
31 17 49 10.5086

Czerwiec

1 17 53 07.0645
2 17 57 03.6227
3 18 01 00.1831
4 18 04 56.7449
5 18 08 53.3070
6 18 12 49.8681
7 18 16 46.4272
8 18 20 42.9836
9 18 24 39.5374
10 18 28 36.0893
11 18 32 32.6407
12 18 36 29.1929
13 18 40 25.7472
14 18 44 22.3042
15 18 48 18.8639
16 18 52 15.4253
17 18 56 11.9876
18 19 00 08.5493
19 19 04 05.1097
20 19 08 01.6681
21 19 11 58.2243
22 19 15 54.7786
23 19 19 51.3313
24 19 23 47.8831
25 19 27 44.4348
26 19 31 40.9871
27 19 35 37.5407
28 19 39 34.0963
29 19 43 30.6542
30 19 47 27.2143

Lipiec

1 19 51 23.7761
 2 19 55 20.3388
 3 19 59 16.9009
 4 20 03 13.4611
 5 20 07 10.0185
 6 20 11 06.5731
 7 20 15 03.1253
 8 20 18 59.6765
 9 20 22 56.2281
 10 20 26 52.7814
 11 20 30 49.3372
 12 20 34 45.8955
 13 20 38 42.4557
 14 20 42 39.0169
 15 20 46 35.5781
 16 20 50 32.1381
 17 20 54 28.6963
 18 20 58 25.2523
 19 21 02 21.8062
 20 21 06 18.3583
 21 21 10 14.9093
 22 21 14 11.4597
 23 21 18 08.0105
 24 21 22 04.5622
 25 21 26 01.1156
 26 21 29 57.6710
 27 21 33 54.2286
 28 21 37 50.7881
 29 21 41 47.3489
 30 21 45 43.9098
 31 21 49 40.4694

Sierpień

1 21 53 37.0264
 2 21 57 33.5803
 3 22 01 30.1314
 4 22 05 26.6809
 5 22 09 23.2303
 6 22 13 19.7812
 7 22 17 16.3343
 8 22 21 12.8900
 9 22 25 09.4476
 10 22 29 06.0064
 11 22 33 02.5653
 12 22 36 59.1234
 13 22 40 55.6798
 14 22 44 52.2342
 15 22 48 48.7864
 16 22 52 45.3367
 17 22 56 41.8857
 18 23 00 38.4339
 19 23 04 34.9822
 20 23 08 31.5313
 21 23 12 28.0817
 22 23 16 24.6339
 23 23 20 21.1882
 24 23 24 17.7445
 25 23 28 14.3022
 26 23 32 10.8606
 27 23 36 07.4183
 28 23 40 03.9743
 29 23 44 00.5273
 30 23 47 57.0773
 31 23 51 53.6250

Wrzesień

1 23 55 50.1721
 2 23 59 46.7201
 3 0 03 43.2705
 4 0 07 39.8236
 5 0 11 36.3789
 6 0 15 32.9356
 7 0 19 29.4926
 8 0 23 26.0489
 9 0 27 22.6038
 10 0 31 19.1568
 11 0 35 15.7076
 12 0 39 12.2566
 13 0 43 08.8041
 14 0 47 05.3508
 15 0 51 01.8974
 16 0 54 58.4446
 17 0 58 54.9930
 18 1 02 51.5432
 19 1 06 48.0954
 20 1 10 44.6495
 21 1 14 41.2052
 22 1 18 37.7618
 23 1 22 34.3184
 24 1 26 30.8737
 25 1 30 27.4269
 26 1 34 23.9772
 27 1 38 20.5250
 28 1 42 17.0713
 29 1 46 13.6180
 30 1 50 10.1668

Październik

1 1 54 06.7185
 2 1 58 03.2730
 3 2 01 59.8295
 4 2 05 56.3867
 5 2 09 52.9434
 6 2 13 49.4987
 7 2 17 46.0522
 8 2 21 42.6037
 9 2 25 39.1533
 10 2 29 35.7013
 11 2 33 32.2484
 12 2 37 28.7954
 13 2 41 25.3429
 14 2 45 21.8915
 15 2 49 18.4419
 16 2 53 14.9943
 17 2 57 11.5487
 18 3 01 08.1048
 19 3 05 04.6620
 20 3 09 01.2194
 21 3 12 57.7760
 22 3 16 54.3309
 23 3 20 50.8834
 24 3 24 47.4334
 25 3 28 43.9817
 26 3 32 40.5295
 27 3 36 37.0787
 28 3 40 33.6307
 29 3 44 30.1860
 30 3 48 26.7439
 31 3 52 23.3034

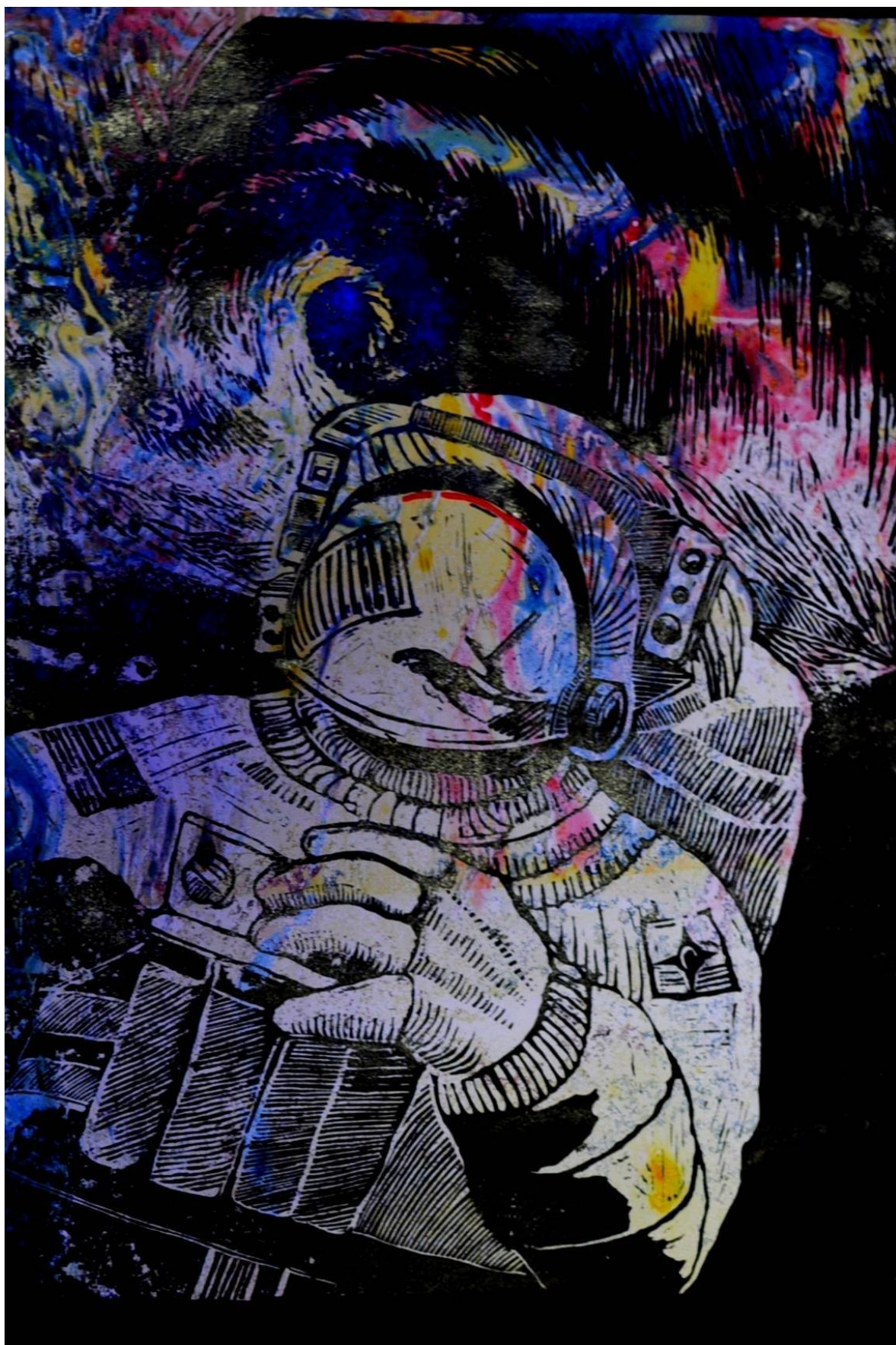
Listopad

1 3 56 19.8628
 2 4 00 16.4211
 3 4 04 12.9776
 4 4 08 09.5319
 5 4 12 06.0843
 6 4 16 02.6349
 7 4 19 59.1845
 8 4 23 55.7337
 9 4 27 52.2834
 10 4 31 48.8341
 11 4 35 45.3864
 12 4 39 41.9408
 13 4 43 38.4974
 14 4 47 35.0558
 15 4 51 31.6154
 16 4 55 28.1754
 17 4 59 24.7349
 18 5 03 21.2928
 19 5 07 17.8484
 20 5 11 14.4017
 21 5 15 10.9531
 22 5 19 07.5036
 23 5 23 04.0548
 24 5 27 00.6080
 25 5 30 57.1644
 26 5 34 53.7239
 27 5 38 50.2856
 28 5 42 46.8482
 29 5 46 43.4101
 30 5 50 39.9704

Grudzień

1 5 54 36.5284
 2 5 58 33.0841
 3 6 02 29.6378
 4 6 06 26.1902
 5 6 10 22.7419
 6 6 14 19.2937
 7 6 18 15.8464
 8 6 22 12.4005
 9 6 26 08.9565
 10 6 30 05.5147
 11 6 34 02.0749
 12 6 37 58.6366
 13 6 41 55.1989
 14 6 45 51.7607
 15 6 49 48.3211
 16 6 53 44.8793
 17 6 57 41.4349
 18 7 01 37.9883
 19 7 05 34.5405
 20 7 09 31.0929
 21 7 13 27.6467
 22 7 17 24.2032
 23 7 21 20.7625
 24 7 25 17.3244
 25 7 29 13.8877
 26 7 33 10.4510
 27 7 37 07.0131
 28 7 41 03.5731
 29 7 45 00.1305
 30 7 48 56.6857
 31 7 52 53.2391

Część druga
(dydaktyczno–informacyjna)



Praca plastyczna nadesłana na IV Międzynarodowy Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica” przez Rafała Tomczaka z Częstochowy.

Częstochowska aktywność astronomiczna w roku 2014

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki, AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

Doktorat z astronomii

17 stycznia Agnieszka Kuźmicz, Częstochochianka, obroniła w Uniwersytecie Jagiellońskim pracę doktorską „Optical properties of host galaxies in giant radio sources” i otrzymała tytuł doktora astronomii z wyróżnieniem. Jej promotorami i naukowymi opiekunami byli Marek Jamroz i Stanisław Zoła, a pracę doktorską recenzowały Bożena Czerny i Agnieszka Pollo. Obronie przewodniczył Michał Ostrowski, a w komisji zasiadali Zdzisław Golda, Marek Urbanik i Grzegorz Michałek. Uroczysta promocja w Auli Collegium Novum Uniwersytetu Jagiellońskiego odbyła się 18 listopada.



Dr Agnieszka Kuźmicz i Prof. dr hab. Stanisław Zoła podczas promocji.

Z wizytą w Instytucie Lotnictwa w Warszawie

23 stycznia trzy osoby bezpośrednio zaangażowane w przygotowanie misji księżycowej planowanej przez Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN) odwiedziły Instytut Lotnictwa (IL) w Warszawie dla rozpoznania jego potencjalnych możliwości włączenia się do projektu. Chodzi o wysłanie aparatury badawczej na Księżyc, posadzenie jej w ustalonym wcześniej

miejscu, skierowanie kamery w stronę Ziemi, otrzymanie długotrwałej sekwencji obrazów Ziemi, przeprowadzenie badań atmosfery pyłowej przy powierzchni Księżyca, pomiar natężenia promieniowania kosmicznego docierającego do powierzchni Księżyca, uruchomienie naziemnej stacji do komunikacji z sondą. Wizytujący obejrzeli dwie prezentacje przybliżające aktualne działania i możliwości przyszłego rozwoju tzw. pionu kosmicznego instytutu. Zwiedzili też stanowisko dla przeprowadzania testów na silnikach rakietowych. Od gospodarzy otrzymali wstępną deklarację, że IL w miarę możliwości chętnie włączy się w realizację planowanej przez AN misji.



Marek Nowak, Waldemar Zwierzchlejski, Daniel Maciejewski i Bogdan Wszolek.

Zmiana rytmu pracy w Planetarium



Bogdan Wszolek i Agnieszka Dymarek – nowa załoga Planetarium Instytutu Fizyki AJD.

Z końcem zimowego semestru mgr Tomasz Kisiel, dotychczasowy kierownik planetarium, zrezygnował z pracy w związku z otrzymaniem propozycji stanowiska kierownika zespołu budowniczych dwóch nowoczesnych planeta-

riów w Łodzi. Rolę kierownika Planetarium Instytutu Fizyki AJD powierzono dr. Bogdanowi Wszółkowi. Zatrudniono też na ½ etatu mgr Agnieszkę Dymarek, która wzięła na siebie przede wszystkim sprawy administracyjne i techniczne. W ślad zmian personalnych zmodyfikowano również wymiar czasowy pracy planetarium, dostosowując go do możliwości etatowych. Podobnie, jak w latach poprzednich, w roku 2014 planetarium odwiedziło około 10 000 osób. Nadto, w każdą środę spotykali się tu częstochowscy miłośnicy astronomii. Odbywały się też konferencje naukowe i konkursy astronomiczne.

OMSA



Klaudia Musiał podczas prezentacji (*archiwa VII LO w Częstochowie*).

3 marca odbył się w VII LO w Częstochowie wojewódzki etap XL Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego (OMSA). Imprezę zorganizowała prof. Urszula Jeruszka. Ośmioro finalistów wygłosiło swoje referaty. Wystąpienia oceniali: Grażyna Muskała, Aleksandra Krawczyk oraz Tomasz Barański. Pierwsze cztery miejsca zajęli kolejno: Klaudia Musiał z Koniecpola, Tomasz Kurek z Rybnika, Łukasz Mrowiec z Żywca oraz Adam Nita z Częstochowy. Finaliści otrzymali dyplomy oraz nagrody ufundowane przez Akademię im. Jana Długosza w Częstochowie i Wydawnictwo Nowa Era.

Debaty wokół budowy RT-13 w Cieszęcinie

W dniach 9-10 marca oraz 11 kwietnia odbyły się w Wieruszowie i Cieszęcinie ważne zebrania dotyczące budowy 13-metrowej anteny radiowej, uratowanej w Psarach w 2010 roku. Burmistrz Wieruszowa – Bogdan Nawrocki, Prezes AN – Bogdan Wszółek oraz główny odpowiedzialny za budowę – Kazimierz Błaszczak spotkali się najpierw z mieszkańcami Cieszęcina dla uświadomienia ich, co do planowanego przedsięwzięcia, oraz dla uzyska-

nia z ich strony oficjalnej zgody na budowę radioteleskopu przy miejscowym budynku szkolnym. Dalsze zebrania odbywały się u Burmistrza, z udziałem osób bezpośrednio angażujących się w projekt. Doszło do porozumienia między Burmistrzem i Prezesem AN, co do rozłożenia ciężarów przedsięwzięcia. W ogólnym zarysie, ciężary finansowo-budowlane pozostają po stronie Urzędu Miasta Wieruszów. Zabezpieczenie merytoryczne budowy oraz przystosowanie i wykorzystanie powstałego instrumentu dla potrzeb naukowych i dydaktycznych ma być zabezpieczone przez AN. Więcej informacji na temat budowy w artykule na str. 143 niniejszego kalendarza.



K. Błaszczak, B. Wszolek i B. Nawrocki



Zebranie robocze u Burmistrza Wieruszowa.

Oskar dla AN



Statuetka „MP power awards 2013” dla dr Agaty Kołodziejczyk.

W dniu 25 kwietnia na Stadionie Narodowym w Warszawie Stowarzyszenie Astronomia Nova zostało poprzez swą członkinię, dr Agatę Kołodziejczyk, laureatem prestiżowej nagrody MP Power Awards 2013 za działalność w roku poprzednim na rzecz organizacji spotkań i konferencji naukowych. Meeting

Planner Power Awards to największy w Polsce konkurs poświęcony branży eventowej kończący się uroczystą galą, zbliżoną formą do ceremonii rozdawania Oskarów. W kategorii Stowarzyszenie nominowano trzy osoby. Wyróżniono Agatę Kołodziejczyk – koordynatora do spraw konferencji naukowych AN. Tuż po otrzymaniu statuetki laureatka zaznaczyła, że „Każdemu z nas potrzebne są marzenia, potrzebna jest inspiracja“.

Astrophisica Nova



W dniach 9-10 maja odbyła się na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym AJD VI Częstochowska Międzynarodowa Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova”. Uczestniczyło w niej ponad 70 osób z 19 krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych. Konferencja została zorganizowana przez Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (OAUJ) oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN). Wygłoszono w sumie 40 wykładów (w tym 6 proszonych) oraz wystawiono 16 plakatów. Młodzi uczeni przedstawiali wyniki swoich pierwszych prac naukowych, bronili swoich stanowisk w dyskusjach z doświadczonymi astronomami oraz wysłuchali proszonych wykładów uznanych autorytetów w zakresie astrofizyki. Konferencji towarzyszyły: wystawa meteorytów, wystawa prac artystycznych o te-

matyce astronomicznej, seans planetaryjny, projekcja filmu „Agora” oraz „Chopin – the Space Concert”. Finansowo konferencję wspomogli: AN (5700 zł. – dotacja MNiSW), AJD (5000 zł.) i OAUJ (800 zł.). Treści prac prezentowanych podczas konferencji zawiera rozdział IV niniejszego kalendarza.

Walne zebranie AN



Uczestnicy Walnego Zebrania Astronomii Novej.

W sobotę 10 maja odbyło się planetarium Sprawozdawczo Wyborcze Zebranie Stowarzyszenia Astronomia Nova (AN). Wyrażono wysokie uznanie dla dokonań AN w minionej kadencji (2009-2014) i jednogłośnie zdecydowano, że dotychczasowe władze AN przechodzą w komplecie na drugą 5-letnią kadencję.

Space Station II

W niedzielę 11 maja w częstochowskiej dyskoteczce RAY zorganizowano piknik naukowy z okazji uruchomienia detektora na radioteleskopie RT-13. Ośmiogodzinnej imprezie towarzyszyły wykłady, filmy oraz wiele imprez towarzyszących o charakterze rozrywkowym. Bogato ilustrowane, w środowisku dyskoteki, wykłady: „Początki radioastronomii częstochowskiej” (Bogdan Wszolek), „Misja kosmiczna Mars One” (Kazimierz Błaszczak) oraz „Polska w kosmosie wczoraj, dziś i jutro” (Miroslaw Hermaszewski) nadały ogólny bieg imprezie. Przerwy między nimi były wykorzystane na projekcje filmów o treściach astronautycznych i astronomicznych oraz różne konkursy, sesje fotograficzne, wystawa meteorytów i prac plastycznych, wywiady telewizyjne itp. Wzniosłe akcenty przeplatały się z inteligentną rozrywką. Bliższe szczegóły w relacji na stronie 81 niniejszego kalendarza.



Kazimierz Błaszczak



Miroslaw Hermaszewski



Bogdan Wszolek

50 lat OAUJ



Portret Konrada Rudnickiego (1926 - 2013) przeznaczony do powieszenia w sali wykładowej OAUJ. Od lewej: Bogdan Wszolek, Teresa Rudnicka i Jan Mietelski.

W dniu 17 maja dziesięcioro członków AN uczestniczyło w uroczystych obchodach 50-lecia inauguracji nowej siedziby Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ) w Forcie Skała przy ulicy Orlej w Krakowie. Okolicznościowa konferencja naukowa „Astronomia w Krakowie wczoraj – dziś – jutro” odbywała się w auli Collegium Maius oraz w Bibliotece Jagiellońskiej. Podczas oficjalnego otwarcia Teresa Rudnicka

przekazała na ręce aktualnego dyrektora OAUJ portret ś.p. Konrada Rudnickiego, wieloletniego dyrektora obserwatorium. Wygłoszono wiele wspaniałych wykładów, wpisujących się tematycznie w konferencję. Wczesną historię obserwatorium „na Skale” przybliżyli Adam Strzałkowski i Jan Mietelski. Między obradami zwiedzano Collegium Maius. Okazało się, że w tym specjalnym miejscu nie ma żadnego uhonorowania dla Marii Skłodowskiej-Curie, smutno!

„Młody Kopernik, młody Pitagoras” w Wieruszowie

Przy dużym wkładzie merytorycznym ze strony AN w dniu 19 maja odbyła się w Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie konferencja dla nauczycieli i uczniów poświęcona w ogólności nauczaniu nauk przyrodniczych, w tym astronomii. Konferencję zorganizował i finansował Burmistrz Wieruszowa. Dla kilkudziesięciu osób wygłoszono referaty:

„Od astronomii ku naukom ścisłym i vice versa” – Bogdan Wszolek

„Polskie łaziki marsjańskie, a edukacja” – Mateusz Józefowicz

„Dlaczego pole prostokąta obliczamy ze wzoru $P = a \cdot b$ ” – Jacek Jędrzejewski

„Praca z uczniem uzdolnionym z fizyki” – Zygmunt Olesik

„Jak zaciekać uczniów matematyką” – Grażyna Rygał

Bogdan Wszolek i Kazimierz Błaszczak zaprezentowali również wspólny projekt, AN i Urzędu Miasta w Wieruszowie, budowy w Cieszęcinie radioteleskopu oraz astrobazy. Dyrektor Gimnazjum, Paweł Malik, wspaniale ugościł wszystkich uczestników konferencji używając szkolnych pomieszczeń oraz serwując poczęstunki.

Lunatycy w Częstochowie



Obradują (od lewej): Daniel Maciejewski, Adam Grzesiczak, Piotr Koperski i Bogdan Wszolek.

26 maja w siedzibie AN odbyło się pierwsze robocze spotkanie „lunatyków”, poświęcone definiowaniu aparaturowej misji na Księżyc. Chodzi m.in. o umieszczenie na Księżycu kamery fotograficznej skierowanej w stronę Ziemi i przekaz otrzymanych obrazów drogą radiową do naziemnych stacji.

Konkurs Urania

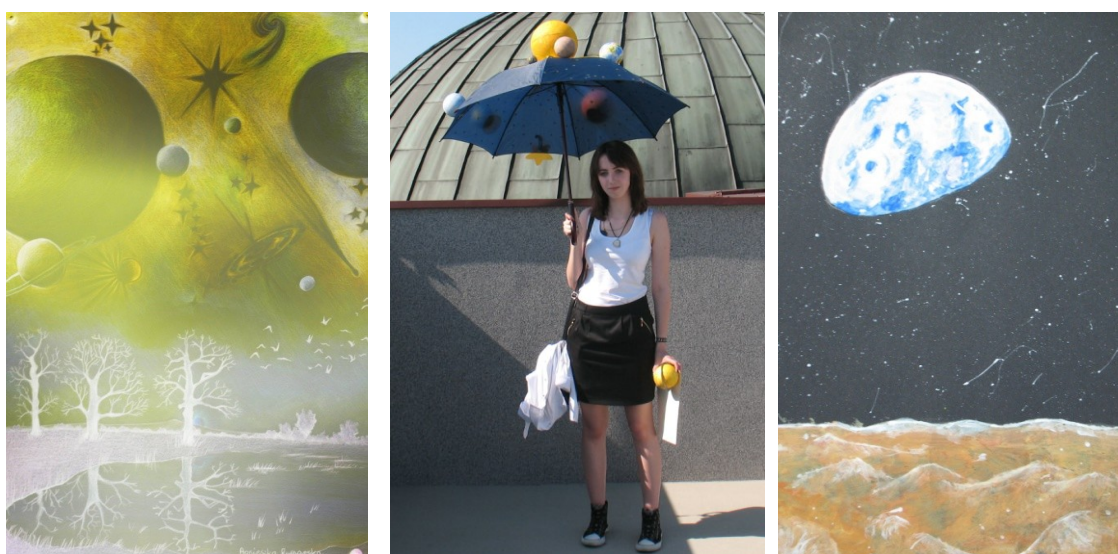
9 czerwca w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie rozegrano finał IX ogólnopolskiego konkursu astronomicznego *Urania*, zorganizowanego przez Instytut Fizyki AJD oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN). Do rozgrywek przystąpiło 13 gimnazjalistów i 10 uczniów ze szkół ponadgimnazjalnych. Finałiści rozwiązywali test wielokrotnego wyboru zawierający 30 pytań z zakresu astronomii i astronautyki. W grupie gimnazjalistów pierwsze miejsce zajął Maciej Bugaj z Katolickiego Gimnazjum w Dąbrowie Górniczej, drugie Kinga Adamska z Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie, a dwa trzecie miejsca zdobyły Zuzanna Żbik z Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie i Weronika Mazurowska z Zespołu Szkół nr 2 w Wieruszowie. W grupie starszej pierwsze miejsce przypadło Karolowi Łozińskiemu z Zespołu Szkół Technicznych i Ogólnokształcących w Jarosławiu. Drugie miejsce, z minimalną stratą do zwycięzcy, zajęła Julia Makuch z II LO im. Romualda Traugutta w Częstochowie, a trzecie Adam Dąbek z Zespołu Szkół w Wieruszowie. Uczestnicy konkursu oraz wyróżniający się opiekunowie otrzymali dyplomy i nagrody, ufundowane przez AN (4300 zł. ze środków otrzymanych z MNiSW). Instytut Fizyki udzielił pomieszczeń dla rozegrania konkursu i wyświetlił dwa seanse planetaryjne dla finalistów i ich opiekunów.



Od lewej: Karol Łoziński, Julia Makuch, Maciej Bugaj, Bogdan Wszolek, Weronika Mazurowska, Adam Dąbek i Kinga Adamska.

Ars Astronomica

9 czerwca w Planetarium AJD ogłoszono wyniki IV międzynarodowego konkursu artystycznego *Ars Astronomica*, organizowanego corocznie przez Instytut Fizyki AJD oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova. W konkursie wzięło udział łącznie ponad tysiąc osób z Polski i innych krajów, z czego do finału trafiło łącznie ponad 150 prac, uwzględniając cztery kategorie wiekowe uczestników oraz cztery kategorie utworów (prace plastyczne, formy przestrzenne, prezentacje audiowizualne oraz utwory literackie). Nagrody dla zwycięzców ufundowała AN (5000 zł. ze środków otrzymanych z MNiSW) oraz Starostwo Częstochowskie (400 zł.). Najlepsze prace trafiły na wystawy, m.in. w dyskotecce RAY oraz na wejściu do częstochowskiego planetarium.



Przykłady prac plastycznych wystawionych do konkursu *Ars Astronomica*.



Organizatorzy i uczestnicy konkursu *Ars Astronomica*.

Otwarcie szlaku astronomicznego w Rzepienniku



Przed Jowiszem astronomowie (od lewej): Bogdan Wszółek, Marian Soida i Stanisław Ryś.



W obserwatorium (od lewej): Michał Drahus, Agnieszka Drahus, Kazimierz Fudala, Szymon Sikora, Stanisław Ryś, Marian Soida oraz Magdalena i Bogdan Wszółkowie.

Dokładnie w chwili przesilenia letniego, 21 czerwca o godzinie 12:51, w Rzepienniku Strzyżewskim dokonano otwarcia Rzepiennickiego Szlaku Astronomicznego, który powstał staraniem tamtejszego Gminnego Ośrodka Kultury, a ściślej, przez Panią Halinę Hołda – dyrektor tego ośrodka. Na 25-kilometrowym szlaku rozmieszczono 8 monumentalnych rzeźb mitycznych bóstw, których imiona noszą planety Układu Słonecznego. Rolę Słońca na tym szlaku pełni budujące się obserwatorium astronomiczne w Rzepienniku Biskupim. Przy udziale lokalnych władz, osób odpowiedzialnych za sze-

rzenie kultury oraz członków Astronomii Novej dokonano uroczystego przecięcia wstęgi przy rzeźbie Jowisza. Następnie, po uroczystym przemarszu w towarzystwie orkiestry, odbyła się sesja naukowa z wykładem dr. Bogdana Wszółka „Z Rzepiennika do gwiazd”. Sesję otwierali dr Kazimierz Fudala (wójt gminy) oraz dr hab. Marian Soida (dyrektor d/s nauki Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie). Po sesji i po sutym poczęstunku odbyło się przemierzanie szlaku aż do samego obserwatorium, gdzie przy ognisku i muzyce można było podziwiać piękne rozgwieżdżone niebo. Za pomocą 9-metrowego radioteleskopu rejestrowano promieniowanie radiowe Drogi Mlecznej na częstotliwości 1420.4 MHz.

Nowa antena satelitarna w rzepiennickim obserwatorium

Obok 9-metrowego radioteleskopu z Psar w lipcu zainstalowano w Rzepienniku Biskupim drugi radioteleskop o średnicy czaszy 5.4 m. Jest to super nowoczesna wojskowa stacja satelitarna przeniesiona z Komorowa. Podjęto wstępne działania dla rewitalizacji instrumentu. Bliższe szczegóły w relacji na stronie 131 niniejszego kalendarza.



RT-5.4 w Rzepienniku Biskupim. W tle 9-metrowa antena z Psar.

Symposium raketowe

W dniach 2-3 sierpnia Astronomia Nova i Polskie Towarzystwo Raketowe (PTR) zorganizowały w Rzepienniku Biskupim pierwsze sympozjum raketowe dla zacieśnienia więzi pomiędzy towarzystwami i omówienia pierwszych wspólnych działań na rzecz podboju kosmosu. PTR było reprezentowane przez Zarząd, z prezesem dr. Adamem Matusiewiczem na czele, oraz przez kilka innych aktywnych osób. AN było reprezentowane przez swojego prezesa, Bogdana Wszółka, oraz przez Agatę Kołodziejczyk, Agnieszkę Kuźmicz, Pawła Kołodziejczyka, Artura Kuźmicza, Jerzego

Walczyka, Michała Grzesiczaka i Magdalenę Wszolek. Szczegóły zebrano w relacji na stronie 137 niniejszego kalendarza.



Uczestnicy sympozjum raketowego przy RT-9 w Rzepienniku Biskupim.

75-rocznica śmierci ks. Bonawentury Metlera

W niedzielę 31 sierpnia w Parzymiechach oddano honory poległym w pierwszych dniach II wojny światowej, a w szczególności księdzu Bonawenturze Metlerowi – niezłomnemu popularyzatorowi astronomii. Po uroczystej sumie przy dźwiękach orkiestry przemieszczono się na miejscowy cmentarz, by dopełnić ceremonii przy grobie Metlera. Środowiska astronomiczne były reprezentowane przez członków Astronomii Nowej (AN), Częstochowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii im. ks. Bonawentury Metlera (PTMA-OC) oraz Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego (SAF). Przemówienia okolicznościowe wygłosili Francis Oger (wiceprezes SAF) oraz Bogdan Wszolek (prezes AN). Maria Płomińska (PTMA-O/Częstochowa) wyrecytowała wiersz. Bogdan Wszolek w swoim przemówieniu powiedział:

W dniu upamiętniającym tragedię sprzed 75 lat stoimy przy grobie człowieka wyjątkowego, nie tylko na czasy w których żył lecz również z ogromnym ich wyprzedzeniem. Ks. Bonawentura Metler przybliżał światu wspaniałą prawdę o człowieku, jako bycie stworzonym dla poznawania i przeobrażania świata w każdej skali, ale przede wszystkim w skali największej, kosmicznej. Że «w gwiazdach ręka pisuje Boża» wiedział doskonale, i pewnie nie od Norwida, ale z własnych doświadczeń. Czuł, że nie będzie ładu w organizacji

społecznej, nie będzie też pokoju na świecie, dopóki człowiek nie zechce otworzyć się całym swoim rozumem i uczuciem na sprawy nieba, Kosmosu. Dlatego, bez względu na czasy, w jakich przyszło mu żyć i bez względu na miejsce, w jakim przebywał, nieustrudzenie kierował myśli ludzi ku rozgwieżdżonemu niebu, którego kontemplacja pomaga zrozumieć Stwórcę wszech rzeczy i odnaleźć właściwe powołanie ludzkości, a w ramach niego również swoje własne.

Jeśli piękny Duch Metlera jest tu z nami, niech pomoże nam z siebie zaczerpnąć motywację i siły dla wielu wspaniałych przedsięwzięć, w tym dla zdobywania i szerzenia wiedzy o Wszechświecie.

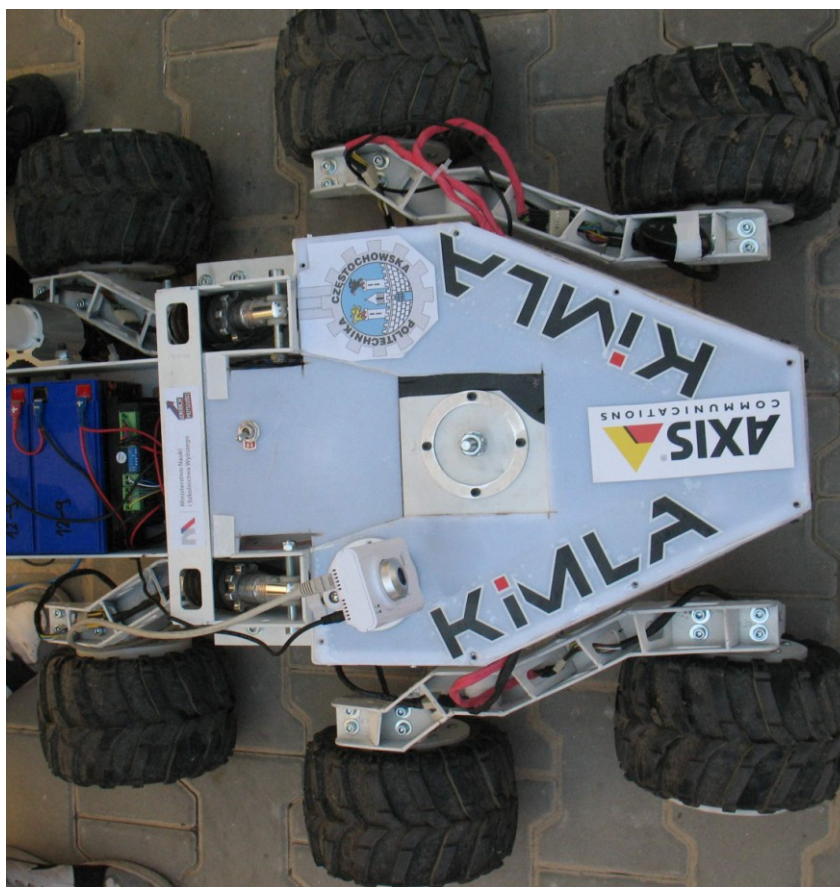


Agnieszka Dymarek (prezes PTMA-O/Częstochowa) i Bogdan Wszółek (prezes AN) składają kwiaty na grobie Metlera.



Przy grobie Metlera (od lewej): Grzegorz Czepiczek, Karina Bączek, Maria Płomińska, Tomasz Barański, Ryszard Rejment, Kazimierz Blaszcak, Magdalena i Bogdan Wszółkowie, Francis Oger, Agnieszka i Krzysztof Dymarek, Grzegorz Maruszczyk, Witold Machura i Marek Nowak. (fot. A. Leśniczek)

European Rover Challenge



Łazik wykonany w Politechnice Częstochowskiej.

W dniach 5-7 września w Regionalnym Centrum Naukowo-Technologicznym w Podzamczu k. Chęcina odbyła się międzynarodowa konferencja naukowa „Człowiek w kosmosie”, połączona z pierwszą europejską rywalizacją modeli łazików marsjańskich. Głównym organizatorem zawodów i konferencji było stowarzyszenie Mars Society. Imprezę zaszczylił obecnością Robert Zubrin – założyciel Mars Society oraz wiele światowych i krajowych osobistości, które od lat zajmują się problematyką podboju Marsa. W zawodach modeli łazików wzięło udział dziewięć drużyn. Wśród nich – oprócz zespołów z Polski – zawodnicy z Egiptu, Kolumbii i Indii. Wygrała zawody drużyna z Politechniki Wrocławskiej z łazikiem *Scorpio*. Podczas konferencji wygłoszono ponad 20 wykładów specjalistycznych na różne tematy dotyczące eksploracji Marsa. Ośmioro członków Astronomii Novej uczestniczyło w imprezie. Spośród nich organizacyjnie najbardziej zaangażował się Kazimierz Błaszczak, który jest też członkiem Mars Society i kandyduje do misji Mars One. Naukowo największą aktywność wykazała Agata Kołodziejczyk, która poprowadziła jedną z sesji oraz wygłosiła wspaniały wykład „The importance of brain stimulation during the longterm crewed missions”. Przy okazji nawiązała szereg obiecujących kontaktów z krajowymi i zagranicznymi specjalistami od eksploracji kosmosu. Wzorowo zorganizowanej imprezie towarzyszyła wspa-

niała pogoda. Setki, może tysiące, osób wykorzystało okazję by przenieść się na chwilę myślami w stronę Kosmosu.



Uczestnicy konferencji (od lewej): Bogdan Wszolek, Magdalena Wszolek, Robert Zubrin, Agata Kołodziejczyk, Paweł Kołodziejczyk, Kazimierz Błaszczak.

Astronomia – nauka i wiara



Uczestnicy konferencji „Astronomia – nauka i wiara”.

Dnia 27 września w Planetarium Instytutu Fizyki AJD odbyła się konferencja naukowa „Astronomia – nauka i wiara”, dla uhonorowania ks. Bonawentury Metlera w 75-rocznicę męczeńskiej śmierci. Konferencję zorganizowały AJD i AN. Poniżej podano bliższe informacje o układzie i tematyce konferencji:

Część pierwsza: O księdzu Bonawenturze Metlerze i jemu podobnych.

dr Łukasz Kopera „Ks. Bonawentura Metler w Maluszynie”

mgr Grzegorz Czepiczek „Ks. Metler w prasie częstochowskiej”

dr Francis Oger „Metler w Juvisy pod Paryżem”

ks. dr Jacek Marciniak „Piękno Wszechświata. Harmonia nauki i wiary w twórczości abpa Józefa Życińskiego”

dr Jadwiga Biała „Prof. Kazimierzak-Połońska – nauka i wiara z grozą w tle”

mgr inż. Kazimierz Błaszczak „Maria Kunicka”

Część druga: W kierunku lepszego ujęcia relacji nauki i religii.

ks. prof. dr hab. Stanisław Wszolek “Od separacji dyskursów do eksplikacji sensów”

ks. mgr Piotr Cebula “Kiedy jesteśmy racjonalni?”

ks. mgr Adam Kłós “Dylematy wokół koncepcji organizmu. Wysiłki badaczy w służbie odkrycia misterium życia”

Część trzecia: Religie w obliczu wielkich odkryć naukowych.

dr hab. Włodzimierz Godłowski "Religijne i astronomiczne aspekty wielkich odkryć geograficznych"

Śladami ks. Metlera do Paryża i Juvisy

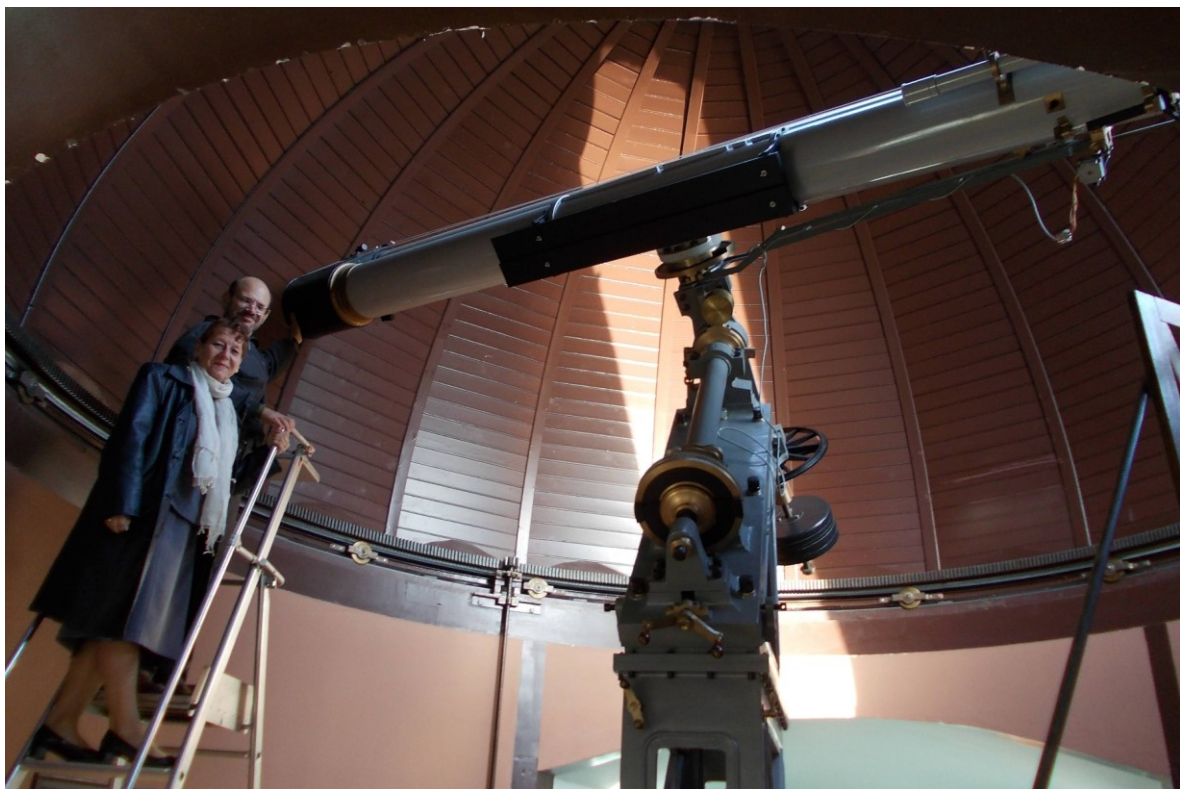
W dniach 19-26 listopada, na zaproszenie Państwa Yoko i Francisca Oger, Dorota Walczyk i Magdalena Wszolek z AN przebywały w Paryżu i Juvisy dla zwiedzenia miejsc związanych z ks. Bonawenturą Metlerem oraz jego mistrzem, w zakresie astronomii, Kamilem Flammarionem. Innym celem było odwiedzenie Biblioteki Narodowej w Paryżu dla odnalezienia korespondencji pomiędzy francuskimi astronomami i Marią Kunitz „śląską Hypatią” - wielką astronomką z XVII wieku. Pielęgnowanie pamięci o tej ważnej, a jakoś zapomnianej, postaci stało się ostatnio ważne dla AN, jako że powstające w Cieszęcinie Centrum Edukacji Astronomiczno Astronautycznej (przy świeżo zbudowanym RT-13) ma nosić imię Marii Kunitz.

Dom sióstr szarytek w Juvisy jeszcze stoi, ale nie remontowany od lat znajduje się w stanie ruiny. Obserwatorium zbudowane na dachu tego domu przez Metlera już nie istnieje. Znajdujące się nieopodal słynne obserwatorium Kamila Flammariona ma się znacznie lepiej. Od zewnątrz wygląda na zadbane, ale wewnątrz znaczna część pomieszczeń wymaga remontu. Cenniejsze pamiątki po Flammarionie zostały zabrane do muzeum. Opiekę nad obserwatorium astronomicznym sprawuje Francuskie Towarzystwo Astronomiczne, a personalnie dr Francis Oger, vice prezes tego towarzystwa, który od 2010 roku jest również członkiem AN. W obserwatorium funkcjonuje historyczny

teleskop, którego walory można doceniać zarówno nocą jak i w dzień (obserwując Słońce).



Fasada dawnego domu Szarytek w Juvisy pod Paryżem, w którym żył i pracował ks. Bonawentura Metler. Budynek w stanie ruiny przeznaczono do rozbiórki.



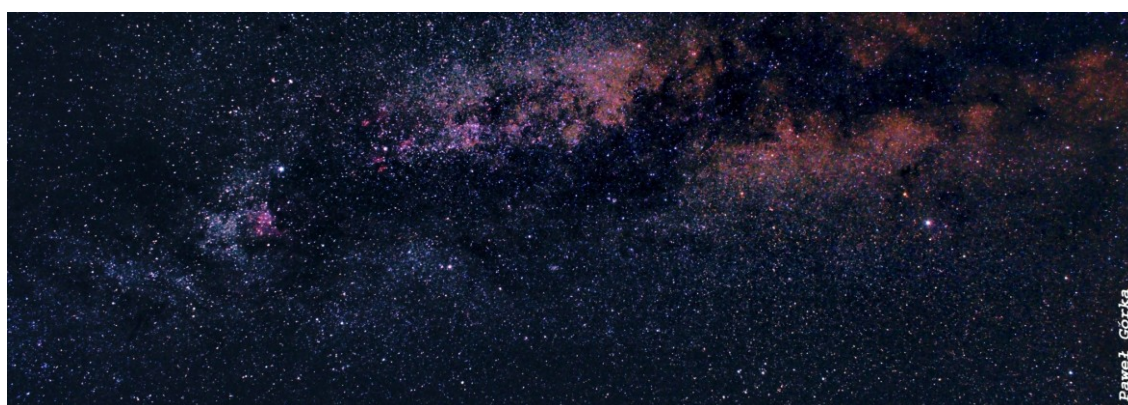
Magdalena Wszolek i Francis Oger pod kopułą obserwatorium Flammariona w Juvisy.

Final konkursu astrofotografii

Dnia 14 listopada w Planetarium Instytutu Fizyki AJD przeprowadzono finał III Ogólnopolskiego Konkursu Astrofotografii. Konkurs zorganizowała AN wraz z Instytutem Fizyki AJD. Wsparcia finansowego dostarczyło MNSW oraz Starostwo Częstochowskie. Nadeszło kilkaset astrofotografii, w oparciu o które jury, w składzie dr Agnieszka Kuźmicz, dr Agata Kołodziejczyk, mgr Agnieszka Dymarek i dr Bogdan Wszolek, wyłoniło czołówkę autorów najlepszych fotografii. Bezkonkurencyjni okazali się Paweł Górka i Hubert Drózd z Radomska, którzy, z ogromną przewagą nad pozostałymi, zajęli naczelne miejsca. Uczestnicy konkursu otrzymali dyplomy i cenne nagrody. Obejrzeliby seans planetaryjny „Cuda Wszechświata”. Najlepsze astrofotografie zostaną wystawione na „gwiazdnym szlaku” prowadzącym do częstochowskiego planetarium.



Zwycięzcy konkursu astrofotograficznego. (Od prawej): Paweł Górka (I miejsce), Hubert Drózd (II miejsce) i Adam Nita (III miejsce).



Jedna z najlepszych fotografii konkursowych (autor: Paweł Górka).

Budowa RT-13 w Cieszęcinie



Cieszęcin, 4 listopada. Bogdan Wszolek i Kazimierz Błaszczyk na tle zazbrojonego wykopu pod fundament RT-13.



Cieszęcin, 12 grudnia 2014. Finał konstrukcji mechanicznej RT-13.

Od października do grudnia zrealizowano długo odwiekaną budowę radioteleskopu RT-13 pozyskanego z Psar w 2010 roku. Formalnie budowę prowadzi Gmina Wieruszów. Merytorycznie za budowę odpowiada Stowarzyszenie Astronomia Nova, które ma również zadbać o funkcjonowanie radioteleskopu. Organizatorem budowy jest Kazimierz Błaszczyk, przewodniczący Wieru-

szowskiego Koła Astronomii Novej. Prezes AN, Bogdan Wszolek, jest głównym konstruktorem instrumentu i organizatorem jego rewitalizacji. W 2010 roku współuczestniczył w rozbiórce radioteleskopu. W latach 2013-2014 brał udział w negocjacjach z władzami Wieruszowa, nadzorował projektowanie fundamentu i w końcu skonstruował na nowo RT-13 w Cieszęcinie. Stanisław Ryś, członek AN i pracownik Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, jest odpowiedzialny za budowę i uruchomienie na RT-13 systemu detekcji promieniowania radiowego na częstotliwości 1420.4 MHz. Inny członek AN, Michał Grzesiczak z Radomska, podejmuje się wykonać sterowanie dla RT-13. Staraniem AN, głównie Agnieszki Kuźmich, powstaje „ścieżka dydaktyczna” przy RT-13. Władze Wieruszowa zabezpieczyły teren pod budowę, konieczne pomieszczenia i media, a także dofinansują budowę (w roku 2014 kwotą 60 000 zł. brutto). Więcej szczegółów dotyczących budowy RT-13 w Cieszęcinie na stronie 143 niniejszego kalendarza.



Bogdan Wszolek wraz ze swoimi studentami z AJD, Dominiką Augustyniak i Michałem Kmicikiem, zmęczeni pracą, ale szczęśliwi po udanym montażu RT-13 w Cieszęcinie.



Od lewej: Michał Kmiciek, Dominika Augustyniak, Grzegorz Mieszala, Czasza RT-13, Stanisław Mieszala i Bogdan Wszolek.

Meet the Space II



Dr Agata Kołodziejczyk otwiera Meet the Space II.

W dniach 27-28 listopada, w nowoczesnych gmachach kampusu UJ, odbyła się w Krakowie druga międzynarodowa konferencja „Meet the Space”. Była to chyba najlepsza impreza zorganizowana przez AN w 2014 roku. Głównym organizatorem imprezy była dr Agata Kołodziejczyk, wyjątkowo aktywna członkini AN, zdobywczyni oskara MP Power Awards 2013 dla AN. Szczegółowe informacje o konferencji znajdują się na stronie 103 tego kalendarza oraz na stronie internetowej www.meetthespace.org .



Prezes AN wita zebranych i ze swojej strony otwiera konferencję.



Dobre wieści z Odessy

23 grudnia Lidia L. Chinarova, członkini Odesskiego Koła Astronomii Novej, habilitowała się w oparciu o dysertację "Wielo komponentowa zmienność gwiazd długookresowych, symbiotycznych i kataklizmicznych". Naukowym kierownikiem prac prowadzących ku habilitacji był prof. Ivan L. Andronov, przewodniczący Koła AN w Odessie. Równoległe do ściśle naukowych badań, również w kooperacji z polskimi astronomami, Lidia aktywnie działa w projektach „Inter-Longitude Astronomy” oraz „Ukrainian Virtual Observatory”. Poza tym, aktywnie zajmuje się popularyzacją astronomii na Ukrainie. Przez lata była dyrektorem Odesskiej Zaocznej Szkoły Astronomicznej oraz jurorem regionalnych szkolnych konferencji Małej Akademii Nauk. Jest autorką popularnonaukowej broszury "Gwiazdy podwójne i ich ewolucja” oraz współautorką podręczników astronomii dla młodzieży w języku ukraińskim i słowackim. W wolniejszych chwilach Lidia maluje. W roku 2013 jej akwarele zostały bardzo wysoko ocenione przez jury III międzynarodowego konkursu „Ars Astronomica”, zorganizowanego przez AN.



Po udanym przewodzie habilitacyjnym (od lewej): dr Vitalii V. Breus, dr Larysa S. Kudashkina, prof. dr hab. Ivan L. Andronov, dr Vladyslava I. Marsakova, dr hab. Lidia L. Chinarova, prof. dr hab. Volodymyr A. Zakhohay, dr Lyudmila V. Glazunova oraz doktorantka Mariia G. Tkachenko.

(Zamieszczone w artykule ilustracje zaczerpnięto z archiwum AN)

Someone you have met only half a dozen times ...

Virginia Trimble^{1,2}

¹Professor of Physics & Astronomy, University of California, Irvine, U.S.A.

²Advisor, Las Cumbres Observatory Global Telescope Network

How can it be that someone who have met half a dozen times in your entire life feels like a good friend? With Konrad Rudnicki this was possible! We first encountered in the winter of 1966-67, sharing observing nights on the 48" Schmidt telescope on Palomar Mountain. He was following light curves of supernovae, mostly ones discovered by Fritz Zwicky. And I was attempting to get images of the Crab Nebula (which is on the meridian at midnight on 10 December, but then soon starts slipping into the morning twilight) through interference filters that picked out specific emission lines for a study of ionization and excitation in the thermal gas, as part of my PhD thesis. Both sets of data were eventually published, but I suspect his came closer to fulfilling their intended purpose than mine.

"A little night music" had always been the custom at Palomar. Usually this was a classical radio station chosen by the night assistant and occasionally soporific. But Konrad sang music of the old Polish (Mariavite) church, of which he was a priest, to keep awake. I have followed his example ever since. Not that I know any Polish church music, but singing is an excellent way to keep awake on long, solitary drives. The noise helps, but one is also forced to breathe deeply.

Rudnicki was my host when I briefly visited Krakow in the fall of 1969, and we touched bases very rarely at conferences over the years. But we always exchanged year-end holiday cards, and he sometimes pointed out ways that the Polish tradition of the nativity, as illustrated on such cards, differs from the Western European one. The detail of my being Jewish never interfered with this custom. Indeed he was officially, and very properly, enshrined as one of the righteous gentiles at Yad Vashem in Israel, for his and his mother's sheltering of a Jewish family during World War II. I learned from him at every encounter, whether live or on paper. Yes, of late years there were a few emails; but it was not really his style, nor mine.

I had the privilege of being part of the October 15 (2011) conference marking Rudnicki's 85th birthday, where some copies of his early publications were available. I instantly snatched one of the supernova paper that included his data from the Palomar nights we shared, and he kindly autographed for me. My copy of the proceedings of that meeting is also autographed, "February 19, 2013, Konrad," beginning with an enormously elongated K. I was definitely planning to come back for a 90th birthday celebration in 2016, but it was not to be.

We shall not see his like again, and I will remember him every time I start singing on the drive to places like Palomar.

Dziękuję Bardzo, Konrad!

Virginia Trimble



Virginia Trimble i Konrad Rudnicki podczas sesji „Człowiek i Wszechświat”,
w 85-tą rocznicę urodzin Konrada Rudnickiego (15.X.2011, Kraków).
(Źródło: archiwa Astronomii Nowej)

U boku Mistrza

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

Żadne słowa nie wyrażą wdzięczności za to wszystko dobro, jakiego doznałem ze strony przyjaciela i naukowego ojca, jakim był dla mnie Konrad Rudnicki. Przyjaźń i wzajemna sympatia pomiędzy Mistrzem i uczniem, budowane przez 35 lat wspólnej przygody z astronomią, zapisane są pewnie ręką Bożą gdzieś wśród gwiazd. Tych gwiazd, które tak cudownie można podziwiać z rodzinnego mi podkarpackiego Rzepiennika i za sprawą których, w połączeniu z licealnym podręcznikiem astronomii Rudnickiego, postanowiłem w młodości kroczyć przez życie u boku Uranii.



Konrad Rudnicki z autorem w częstochowskim planetarium (2003).

Miałem to szczęście wyjątkowe być postrzeżonym przez Mistrza wcześniej, bo już jako student pierwszego roku astronomii. Może wyczuwał jakoś moją wyjątkową do Niego sympatię? Reprezentował sobą wszystko, co uważałem za najcenniejsze w człowieku: dyscyplina, obowiązkowość, odpowiedzialność, pracowitość, wysoka kultura bycia, optymizm i dobroć połączona z ogólną radością życia. Imponował mi swoją szeroką wiedzą w zakresie astronomii, wybitnym talentem dydaktycznym oraz niespotykanym taktem w kontaktach międzyludzkich. Kiedy przyszło do finalizacji studiów, wybór promotora był oczywisty.

Dostałem katalog galaktyk i miałem go przebadać pod kątem występowania ekstynkcji międzygalaktycznej. Jakaż to była przygoda! Ile owocnych kontaktów, ileż pobocznych sympatycznych zdarzeń! Samo pisanie pracy na profesorskiej maszynie graniczyło z przestępstwem w *stanie wojennym*. Pamiętam jak Promotor proponował mi nowe skarpetki elastyczne, które dostał podczas Rady Wydziału. Magisterium poszło gładko. Po egzaminie Profesor zaproponował byśmy przeszli „na ty” oraz asystenturę. Z pierwszej propozycji skozystałem od razu, a z drugiej dopiero po trzech latach.

Błyskawicznie rozegrała się rzecz mojego doktoratu. Konrad, jako specjalista od pyłów międzygalaktycznych i współodkrywca jednego z obłoków takiego pyłu, zdobył od Włochów obserwacje w zakresie podczerwonym dla wybranych fragmentów nieba, uzyskane przez IRAS (ang. Infrared Astronomical Satellite). Poprosił mnie o sprawdzenie czy któryś z czterech proponowanych pyłowych obłoków międzygalaktycznych nie wykazuje emisji w dalekiej podczerwieni. Kiedy po kilku tygodniach przedstawiłem pozytywny wynik analizy w przypadku jednego z obłoków, usłyszałem: „to masz Bogdanie doktorat!”. Konrad bardzo cieszył się tym odkryciem. Umiał się cieszyć i manifestować radość. Posypały się publikacje, otworzyły kontakty zagraniczne, rozpoczęła się w Polsce astronomia podczerwieni.

Konrad zaprosił mnie kiedyś do udziału w pracach krakowskiej grupy antropozoficznej, której był organizatorem. Spotkania odbywały się u Niego w mieszkaniu i miały z początku charakter konspiracyjny. Studium „wiedzy tajemnej” odbywało się regularnie (co tydzień) przez wiele lat i było prowadzone z największą starannością. Konrad był osobą najbardziej kompetentną w Polsce do tego rodzaju działań. Jako badacz wiedzy duchowej stał się dla mnie szybko autorytetem, nie mniejszym niż w zakresie astronomii. Wiedzę duchową traktował, jako naukę leżącą u podstaw każdej religii. Ekumenizm, którego był bardzo czynnym i autentycznym zwolennikiem, wynikał z ogromnej wiedzy duchowej i religijnej, nie zaś z pobudek osobistych czy politycznych.

Nieopisaną radość sprawił mi Konrad biorąc mnie z sobą do Izraela. W Tel Aviwie mieliśmy przeprowadzić analizy danych i napisać pracę do *Monthly Notices*. Rzecz dotyczyła natury obłoku pierścieniowego wokół M87. Wykonaliśmy zadanie w cztery dni. W wydłużony weekend udaliśmy się w turysty-

kę po „Ziemi Świętej”. Konrad okazał się wspaniałym przewodnikiem. Jedną dobę spędziliśmy w typowym kibucu, gdzie doświadczyłem, czym jest prawdziwy komunizm. Odwiedziliśmy obserwatorium astronomiczne na pustyni Negev, gdzie otarliśmy się o niebezpieczeństwo. Podczas spaceru po pustyni usłyszałem nagle bardzo dziwny świst. Konrad znajdował się w odległości około 30 metrów ode mnie. Zapytałem Go, czy coś słyszał. Stwierdził, że słyszał jakby odległy wystrzał z karabinu. Jak Mu powiedziałem, co ja słyszałem, zakomenderował stanowczo odwrót w stronę obserwatorium. Powiedział, że świst kuli słychać tylko wtedy, gdy ta przelatuje blisko ucha. Doświadczył tego jeszcze, jako partyzant. Nadto poinformował, że w Izraelu, zwłaszcza na odludziach, strzela się do obcych ot tak, „dla sportu”. Potem pojechaliśmy do Jerozolimy. Mieszkaliśmy u żydówki, którą przechowywano w domu Rudnickich podczas okupacji. Miła staruszka zrobiła nam pyszne naleśniki z serem, podobne do tych, jakie sama kiedyś jadła w Polsce. Z Jad Waszem pamiętam dobrze drzewko „Sprawiedliwego Wśród Narodów Świata”, z podpisem „Konrad Rudnicki”.



Konrad Rudnicki w swoim domu podczas zabaw kombatanckich.

W oficjalnych kontaktach Konrad był bardzo zasadniczy. W domu trzymały się Go jednak najrozmaitsze inteligentne żarty. Na przykład, na prośbę swojego syna, wyciągał z szafy mundur partyzancki, ubierał się w niego i snuł wojenne opowieści. Choć swój wygląd uważał za zabawny, to opowieści były poważne. Wspominał, że kiedy miał 16 lat i chciał iść do partyzantki sąsiedzi mówili Jego mamie, że szkoda chłopaka. Jest zdolny i żał byłoby, gdyby zginął. Mama miała odpowiedzieć, że dla każdej matki śmierć syna jest równie bolesna i nie zamierza powstrzymywać swojego. Innym razem opowiadał szczegółowo o bitwach, o pojmaniu przez Niemców, o skazaniu na śmierć i wyczekiwaniu na egzekucję, w końcu o cudownym ocaleniu. Takie opowieści koniecznie trzeba było nagrodzić dobrymi słodyczami, bo Konrad zawsze był łasuchem.



Podczas sesji jubileuszowej „Człowiek i Wszechświat”, w 85-tą rocznicę urodzin Konrada Rudnickiego (2011, Kraków). Od lewej: Konrad Rudnicki, Bogdan Wszolek, Jan Mieliski i Bożena Czerna.

(Zamieszczone w artykule fotografie pochodzą z archiwum autora)

Space Station II

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

W niedzielne popołudnie, 11 maja 2014, do dyskoteki RAY przy ul. Mickiewicza 7D w Częstochowie, przybyli miejscowi i zamiejscowi sympatycy tego wszystkiego, co otwiera człowieka na sprawy nieba. O mającym się tu odbyć historycznym wydarzeniu, polegającym na detekcji „pierwszego światła” przez częstochowski radioteleskop RT-13, wiedzieli nieliczni. Kilkaset kolorowych plakatów, rozwieszonych na mieście tydzień wcześniej, zapraszało wprawdzie Częstochowian do udziału w pikniku *Space Station II* pod RT-13, ale lokalne media, choć w porę powiadomione, na ogół zlekceważyły temat, który najwyraźniej je przerósł – nawet początkujący dziennikarze w cuda nie wierzą. W roku 2013 Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN) zorganizowało konferencję *Space Station I* w Rzepienniku Biskupim, gdzie stanął pierwszy spośród radioteleskopów z Psar, uratowanych od zagłady w 2010 roku (bliższe szczegóły na temat anten z Psar zostały obszernie przedstawione w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2014). Prawie tysiąc ludzi, w tym również dziennikarze, wzięło udział w imprezie, która miała miejsce na kompletnym odludziu, na polanie pośród lasów, do której nie ma, nawet latem, możliwości przyjazdu samochodem. Dzielni przybysze podziwiali tam swoistą „Perłę Podkarpacia”, 9-metrową antenę satelitarną, skierowaną majestatycznie w stronę nieba oraz uczestniczyli w wielu atrakcjach stymulujących zainteresowanie Kosmosem.



Marek Pelian wprowadza na teren swojej dyskoteki Mirosława Hermaszewskiego.

Impreza *Space Station II*, przy drugim uratowanym radioteleskopie z Centrum Usług Satelitarnych w Psarach, została zorganizowana przez AN oraz przez właściciela i pracowników dyskoteki RAY. Dyskoteka wraz z radioteleskopem zaczynają w Częstochowie pełnić funkcję centrum wiedzy i rozrywki. Główną organizatorką i odpowiedzialną za cały przebieg imprezy była dr Agata Kołodziejczyk z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, członkini AN, słynna polska koordynatorka konferencji naukowych, uhonorowana m.in. w konkursie Meeting Planner Power Awards 2013. Przybyło wiele znamienitych osób, w tym jedyny polski kosmonauta – Mirosław Hermaszewski oraz kilkunastu czynnych astronomów polskich i zagranicznych. Był obecny Kazimierz Błaszczak, wielki entuzjasta eksploracji Marsa i kandydat do udziału w misji Mars One.

Ośmiogodzinnej imprezie towarzyszyły wykłady, filmy oraz wiele imprez o charakterze rozrywkowym. Bogato ilustrowane, w środowisku dyskoteki, wykłady: „Początki radioastronomii częstochowskiej” (Bogdan Wszolek), „Misja kosmiczna Mars One” (Kazimierz Błaszczak) oraz „Polska w kosmosie wczoraj, dziś i jutro” (Mirosław Hermaszewski) nadały ogólny bieg imprezie. W przerwach między wykładami odbyły się projekcje unikalnych filmów o treściach astronautycznych oraz różne konkursy, sesje fotograficzne, wystawa meteorytów i prac plastycznych, wywiady telewizyjne itp. Wzniosłe akcenty przeplatały się z inteligentną rozrywką.



Fragment młodzieżowego orszaku podążającego ulicami Częstochowy z modelem teleskopu kosmicznego na *Space Station II*.

O wyjątkowej wadze wydarzenia decyduje fakt, że w Częstochowie, cudownym zbiegiem okoliczności, doszło do uruchomienia wspaniałego, i niemającego tu sobie równych, instrumentu naukowego, który od tej pory będzie stanowił wyzwanie i trudną do pokonania poprzeczkę dla całego częstochowskiego środowiska naukowego. Pierwsze kosmiczne fotony radiowe, na częstotliwości 1420.4 GHz (21 cm), były nieoficjalnie zarejestrowane przez RT-13 już 8 maja 2014, ale oficjalnie zostało to zademonstrowane wła-

śnie podczas *Space Station II*. Niektórzy dopatrują się głębszego znaczenia tego wszystkiego, co rozgrywa się w związku z budową RT-13 w Częstochowie. Jedni widzą w tym instrumencie częstochowskie „drugie skrzydło” z encykliki „*Fides et ratio*” Jana Pawła II. Inni widzą materializowanie się przesłania Bonawentury Metlera z inskrypcji na zegarze słonecznym w Parku Staszica (*Tak Panna umiłowała to miasto, że ku gwiazdom je przynagła, dla lepszej przeznaczając przyszłości*). Wszyscy wyczuwają, że dzieją się dobre i wielkie rzeczy, których nie daje się szybko kompletnie ogarnąć.

Dokładnie o godzinie 12:00 Bogdan Wszolek i Mirosław Hermaszewski dokonali otwarcia imprezy. Pierwszy wypowiedział m.in. słowa: „... w roku 1978, 36 lat temu, dwóch Polaków, których się będzie sławić po wieczne czasy, Mirosław Hermaszewski i Karol Wojtyła, ustawili Polsce drogowaskazy ku niebu! Pokazali, że dla osiągnięcia najwyższego celu potrzebny jest wysiłek, ogromny wysiłek, tak w sferze rozumu, jak i ducha. Dziś jeden z nich jest w niebie i chciałoby się, żeby jego piękny duch, w towarzystwie duchów Kopernika, Keplera, Galileusza, Metlera, Królowej Jadwigi i im podobnych był tu z nami. Drugi bohater jest pośród nas ciałem i duchem, aby nas kosmicznie rozmarzyć i zagrać do szlachetnych przedsięwzięć.....”.

Wcześniej, młodzież z Zespołu Szkół Technicznych (ZST) przy Al. Jana Pawła II w Częstochowie urządziła, pod przewodnictwem pani prof. Agnieszki Perełka, pochód z najlepszymi pracami artystycznymi nadesłanymi na konkurs *Ars Astronomica*. Kilkadziesiąt osób, w godzinnym marszu ulicznym spod Planetarium ku RT-13, transportowało m.in. olbrzymi model kosmicznego teleskopu Hubble’a, wykonany przez jednego z uczniów ZST. Kilkoro studentów AJD też przyłączyło się do tego astronomicznego pochodu.



Najmłodsi uczestnicy pikniku podczas astronomicznego quizu.

Piknikowi towarzyszyło wiele bardzo sympatycznych zdarzeń: bezpośredni kontakt z Mirosławem Hermaszewskim, możliwość osobistego włączenia się w obsługę radioteleskopu, uczestnictwo w zabawach i konkursach z cennymi nagrodami. Jednak dwa zdarzenia były wyjątkowe. Pierwsze zaczęło się

właściwie wcześniej, a podczas pikniku znalazło swój wesoły finał. Pan Marek Pelian, zauważył jakiś czas temu podobieństwo rysów twarzy Bogdana Wszółka i Johannesesa Keplera. Plakaty obwieszczające imprezę i rozwieszone po całym mieście zawierały, dla żartu, twarz Wszółka wkomponowaną chytrze w miejsce twarzy Keplera na powszechnie znanym portrecie astronoma. Podczas sesji zdjęciowej przy RT-13 Marek Pelian zarządził „golenie i strzyżenie” postaci na plakacie, dla udowodnienia, że „Wszółek to reinkarnacja Keplera”. Odkryciu temu towarzyszył ogólny wybuch radości. Sam Hermaszewski ubawił się setnie tym żartem! Drugie wyjątkowe zdarzenie polegało na odśpiewaniu w trzech językach, rosyjskim, polskim i angielskim, znanej, a wymownej piosenki, „Zawsze niech będzie Słońce”. Pani Anna Huras, występując solo, swoim przykładem pociągnęła publiczność do wspólnego śpiewu refrenu.

Piknik został zorganizowany i sfinansowany przez AN (7900zł. z dotacji MNiSW) i dyskotekę RAY (ok. 5000 zł). Wzięło w nim udział kilkaset osób. Wiele z nich przedłużyło przygodę spotkania z kosmosem poprzez lekturę zdobytych podczas pikniku unikalnych książek „Ciężar nieważkości” i „Mały książę” oraz płyty DVD „Chopin – the Space Concert”.



Anna Huras i Agata Kołodziejczyk



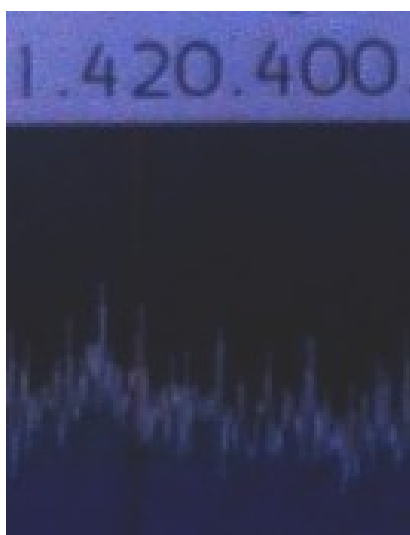
Miroslaw Hermaszewski



Zdjęcie pamiątkowe z Miroslawem Hermaszewskim na tle okolicznościowego plakatu.



Grupa uczestników *Space Station II* z Mirosławem Hermaszewskim pod RT-13.



Rejestr sygnału przez częstochowski RT-13.



Wywiad M. Hermaszewskiego dla telewizji.

Na uświetnienie *Space Station II* złożyły się wysiłki wielu osób. Spośród nich szczególne uznanie należy się:

Markowi Pelianowi i jego pracownikom, którzy zaangażowali się finansowo i organizacyjnie w przygotowanie i sam przebieg imprezy,

Agacie Kołodziejczyk za koordynację i prowadzenie *Space Station II* oraz za cały szereg innych prac,

Agnieszce Kuźmicz za pozyskanie środków z MNiSW na potrzeby imprezy,

Stanisławowi Rysiowi za wykonanie i uruchomienie detektora fal radiowych dla częstochowskiego radioteleskopu,

Michałowi Grzesiczakowi za prace nad sterowaniem radioteleskopem,

Jaromirowi Królowi za wypożyczenie meteorytów na potrzebę wystawy podczas *Space Station II*,
Agnieszce Perełka i uczniom ZST w Częstochowie za zorganizowanie pochodu pod radioteleskop z pracami plastycznymi,
Annie Huras za artystyczny występ z piosenką *Zawsze niech będzie Słońce*,
Markowi Makowskiemu za pomoc w nagłośnieniu *Space Station II*,
Telewizji ORION za przygotowanie i emisję materiału filmowego o pikniku,
Telewizji TVP1 za przygotowanie i emisję materiału filmowego dotyczącego imprezy w Tele Expresie oraz w Dzienniku.



Od lewej: Kazimierz Błaszczak, Bogdan Wszolek, Marek Pelian i Stanisław Ryś.



Agata Kołodziejczyk i Przemysław Wosek „gola” twarz „Keplera” i odkrywają, że to przecież Wszolek. Prawdziwy Kepler, który też lubił żarty, przygląda się z portretu obok.

(Wszystkie zamieszczone w artykule fotografie pochodzą z archiwum AN)

Kosmolog¹/The Cosmologist

Krzysztof Maślanka

Instytut Historii Nauki PAN, Warszawa – Kraków

[praca nadesłana na konkurs Ars Astronomica 2014]

Dramat w jednym akcie z życia arystokracji naukowej	A one-act play on the life of the scientific aristocracy
Osoby dramatu:	Dramatis personae:
HRABINA – egzaltowana dama w słusznym wieku	COUNTESS – an exalted lady aged as appropriate
ADALBERT – jej zblazowany bratanek, skądinąd genialny teoretyk odnoszący też wielkie sukcesy na polu eksperymentów	ADALBERT – her blasé nephew, who happens to be a genius of theory who has also scored tremendous success in the experimental field
CHŁOP PAŃSZCZYŹNIANY – poddany Hrabiny niesprawiedliwie przez nią uciskany, spragniony wiedzy analfabeta	PEASANT SLAVE – the Countess’ serf, unjustly oppressed by her, an illiterate thirsting for knowledge
MODEL KOSMOLOGICZNY – próżnia kwantowa, czyli nicość w proszku zrobiona w balona	COSMOLOGICAL MODEL – a quantum vacuum, in other words pulverised nothingness gone over like a lead balloon
oraz	and
PORTRET EINSTEINA (gościnnie)	PORTRAIT of EINSTEIN (guest appearance)
<i>Huk potężnej eksplozji. Po podniesieniu kurtyny czuć swąd przypalonej zupy kwarkowo-gluonowej i widać rozwiewające się gęste opary, z których wylania się staroświecki salon. Pośrodku wielki stół pełen zabazgranych strasznymi wzorami szpargałów oraz zawalony aparaturą naukową: kłębowiska rur, kable, oscyloskopy, komputery i inne rupiecie.</i>	<i>The bang of a huge explosion. When the curtain rises there is a smell of burned quark-gluon soup, with thick clouds of vapour wafting up and eventually revealing an old-fashioned drawing room. In the middle there is a table cluttered up with bric-a-brac scribbled over with terrible equations and scientific apparatus: a tangle of wires,</i>

¹ Jak dotąd dramat ten nie był wystawiony na scenie; podejrzewam, że z powodu trudności ze znalezieniem odpowiedniego odtwórcy kluczowej roli Modelu Kosmologicznego.

W licznych retortach bulgoczą jakieś podejrzane ciecze. Po kątach walają się porozbijane butelki lejdejskie oraz flaszki Kleina. Na ścianie wielki Portret Einsteina z wywalonym jezo-rem, w złoconych ramach.

W oddali, na tle idyllicznego krajobrazu wiejskiego i zachodzącego Słońca, majestatycznie unosi się i ekspanduje imponujących rozmiarów balon.

HRABINA

(płaczliwie)

Adalbercie, zlituj się! To już szósty Wielki Wybuch w tym tygodniu. Do czego to wszystko doprowadzi?

Chwiejnym krokiem wchodzi Adalbert. Osmalony na twarzy, odzież w strzępach, włosy w nieładzie, wzrok błędny.

ADALBERT

(bełkocze w uniesieniu)

tubes, oscilloscopes, computers, and other junk. Suspicious-looking liquids are bubbling away in sundry retorts. The floor is littered with the debris of smashed Leyden jars and Klein bottles. The Portrait of Einstein with his great big tongue sticking out hangs on the wall in a gilt frame.

In the distance, against the background of an idyllic country landscape and the setting Sun, there is a huge balloon majestically rising up and expanding.

COUNTESS

(mournfully)

Adalbert! Kindly refrain, will you! That's the sixth Big Bang this week. Where's it all taking us to?

Enter Adalbert in a drunken man's walk, with soot on his face, his clothes in tatters, his hair dishevelled, and a blank look in his eyes.

ADALBERT

(talking exalted gibberish)

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Poezja... czysta poezja...

HRABINA

(oburzona do głębi)

Ile razy ci mówiłam, żebyś się nie wyrażał tak brzydko? Proszę natychmiast przeprosić swoją ciocię!

Poetry... pure poetry...

COUNTESS

(thoroughly disgusted)

How many times have I told you not to use such foul language? Pray apologise to Auntie right this minute!

ADALBERT (*nie zwracając na nią uwagi, cały w ekstazie*)

ADALBERT (*all ecstatic and paying no attention to her*)

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R(t)^2 \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) \right]$$

Ach, jakie to cudowne...

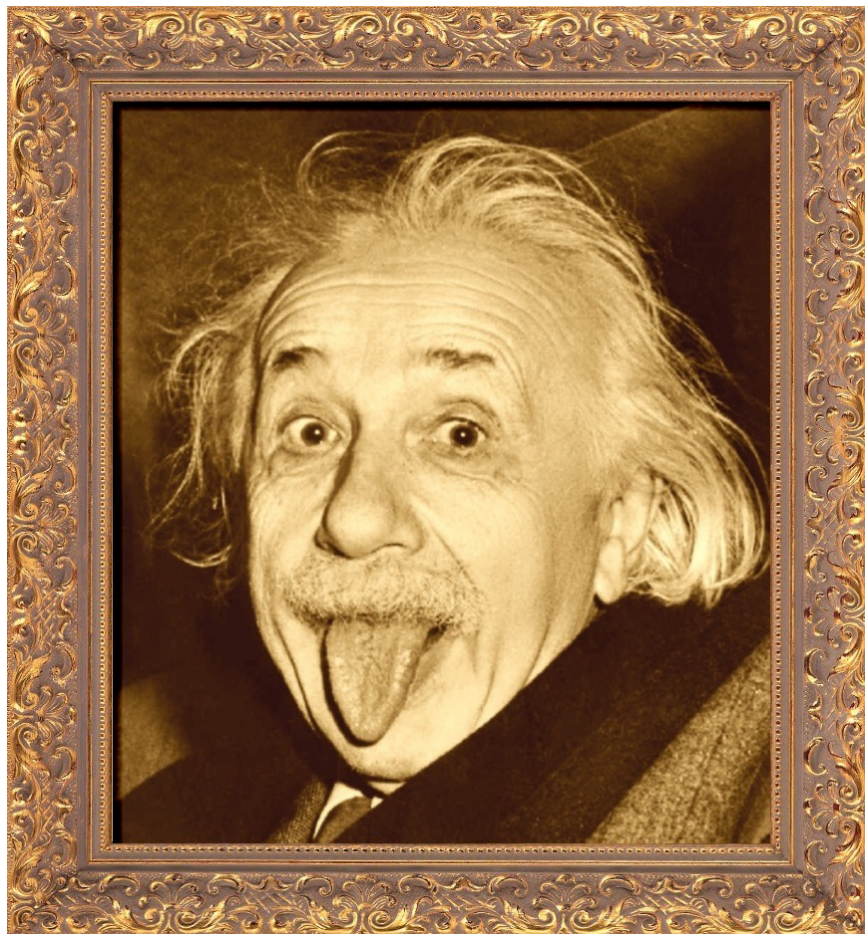
Ah, how splendid...

(*Kłęka z szacunkiem przed portretem Einsteina*)

(*Kneels respectfully in front of Einstein's Portrait*)

Albercie, jesteś doprawdy wielki!

Albert, you are really great!



PORTRET EINSTEINA

PORTRAIT of EINSTEIN

(*zadowolony chowa język i deklamuje patetycznie basem*)

(*pleased with himself, hides his tongue and expostulates in a deep, drooling voice*)

Raffiniert ist der Herr Gott...

Raffiniert ist der Herr Gott...

HRABINA

(patrząc ze zdumieniem na Portret Einsteina)

Co on plecie?!

(do Adalberta, trzymając się za głowę)

Twój biedny świętej pamięci ojciec...
Pamiętasz jak go strułeś blinami
Zeldowicza?

ADALBERT

Ile jeszcze razy będzie mi ciocia to
wypominać? Czy to moja wina, że te
bliny tak mu smakowały? Zakradał
się w nocy do pracowni i masowo je
wyjadał! A potem jeszcze upijał się
do nieprzytomności ciecżą doskonałą,
którą wykradał z moich tajnych zapasów...

HRABINA

Mniejsza z tym. No więc twój biedny
ojciec tak bardzo chciał, żebyś
wyszedł na ludzi i zdobył wreszcie
jakiś uczciwy zawód. Radcy prawne-
go, hydraulika, ambasadora. Albo
chociaż pianisty-wirtuoza. A ty co?
Kosmolog! Ha ha ha! Toż to wstyd
i hańba na honorze całej naszej zacnej
rodziny!

ADALBERT

(flegmatycznie)

Ależ ciociu! Teraz jest równoupraw-
nienie. Żaden zawód nie hańbi.
Kosmolog w końcu też człowiek.

*W oddali słychać jakiś osobliwy,
narastający syk. Obydwoje nasłuchują
z niepokojem.*

COUNTESS

*(looking aghast at Einstein's
Portrait)*

What's he rabbiting on about?

(to Adalbert, holding her head)

Your poor late father... Remember
how you poisoned him with those
Zeldovich pancakes?

ADALBERT

How many more times are you go-
ing to remind me of that? Was I to
blame he found them so tempting?
He'd sneak into the lab at night and
gobble masses of 'em! And wash
'em down until he got himself
stoned with the perfect fluid he pil-
fered from my secret stockpile...

COUNTESS

Never mind that. Your poor Pater
wanted you grow up and get
a decent job. He wanted you to be
a legal adviser, or a plumber, or an
ambassador, or even a concert
pianist. But no, you had to become
a – cosmologist! Humph!
An absolute disgrace to the family!

ADALBERT

(moodily)

But Auntie! It's equal opportunities
nowadays. No job is humiliating.
Cosmologists are human, too.

*A strange hissing sound offstage.
Both listen in anxiously.*

HRABINA

(zgryźliwie)

Coś mi się zdaje, drogi Adalbercie, że jak zwykle nie wyszło ci subtelne dostrojenie ekspansji, jako że twój nowy kosmos właśnie zaczął się kurczyć. Erę Plancka tudzież inflację zaliczył nawet dość gładko. Bariogenezę jeszcze jakoś zmęczył. Ale nukleosyntezy pierwotnej już nie doczekał. Że o uczciwej rekombinacji atomów nie wspomnę. A gdzie galaktyki? Planety, radioźródła i czarne dziury? Gdzie życie i człowiek?!

PORTRET EINSTEINA

Właśnie.

(do Adalberta)

Po coś tam jeszcze złośliwie wepchał stałą kosmologiczną?! Nie wiedziałeś, że zakazałem jej używania? *Lambda ist verboten jetzt!* Jeszcze tylko eteru tam brakowało!

HRABINA

(do Portretu Einsteina)

Zamknij się! To wszystko przez ciebie.

ADALBERT

(do Hrabiny, z oburzeniem)

Trochę szacunku dla nauki! Zresztą on ma rację. Przesadziłem z tą stałą...

PORTRET EINSTEINA

(obrażony wywala z powrotem język w stronę Hrabiny)

COUNTESS

(spitefully)

My dear Adalbert, I rather suspect that your fine-tuning on the expansion hasn't quite come off, as usual, for your new universe has just begun to shrink. It managed the Planck era and inflation smoothly enough. It muddled through baryogenesis. But it didn't make it to primary nucleosynthesis. Not to mention a decent atomic recombination. And what about the galaxies? The planets, radio sources, the black holes? Where's *life and man*?

PORTRAIT of EINSTEIN

Jawohl.

(To Adalbert)

Why the hell have you stuck that cosmological constant in? Didn't you know I banned it? *Lambda ist verboten jetzt!* You might as well have put in the ether!

COUNTESS

(to Einstein's Portrait)

Oh, shut up! It's all because of you.

ADALBERT

(disgruntled, to the Countess)

A bit of respect for science...
But he's right, of course.

I overdid it with that constant...

PORTRAIT of EINSTEIN

(annoyed, sticks his tongue out again at the Countess)

ADALBERT

(do Portretu Einsteina)

Wybacz mój drogi. To nie miała być stała kosmologiczna, tylko ciemna energia. Chciałem jakoś przyspieszyć rozszerzanie kosmosu, ale pomyliłem strony w twoich fenomenalnych równaniach.

PORTRET EINSTEINA

(chowa język i wybałusza oczy)

Ciemna energia? Pierwsze słyszę. *Nein, das ist unmöglich.* Czy to może jakiś nowy pomysł Bohra i tej jego okropnej spółki kwantowej? Pisali już o tym w *Annalen*? A może w *Zeitschrift*?

HRABINA

(ironicznie)

Jakich *Annalen*? Gdzie ty żyjesz? Teraz już tego nikt nie czyta! Pomierzyli trochę supernowych, wsadzili preprint do Internetu i tyle. I jeszcze Nobla sobie załatwili! Ale podobno mają im go odebrać.

PORTRET EINSTEINA

Supernowe? Internet? Odebrać Nobla? Co za czasy... *Ich habe nicht verstanden.*

(z wrażenia spada ze ściany)

Zza sceny dobiega coraz głośniejszy tupot bosych nóg.

ADALBERT

(to Einstein's Portrait)

Beg pardon, my dear Einstein, it wasn't supposed to be the cosmological constant, but dark energy. I was trying to accelerate the expansion of my universe, but I mixed up the sides of your phenomenal equations.

PORTRAIT of EINSTEIN

(puts his tongue away and stares at Adalbert)

Dark energy? Never heard of it. *Nein, das ist unmöglich.* Is it one of those new-fangled ideas hatched by Bohr and his blasted quantum brigade? Have they published it in the *Annalen*? Or maybe in *Zeitschrift*?

COUNTESS

(with irony)

Annalen, indeed! Where do you think you are? Nobody bothers with that anymore! They measured up a few supernovas, bunged a preprint on the Internet, and that was it. And fixed up the Nobel for it. But apparently they're going to have it withdrawn.

PORTRAIT of EINSTEIN

Supernovas? Internet? Have the Nobel withdrawn? Dreadful times... *Ich habe nicht verstanden.*

(falls off the wall in astonishment)

Offstage the stamping of bare feet getting louder and louder.

CHŁOP PAŃSZCZYŹNIANY

(wpada zziajany, z zaaferowaniem)

Jaśnie panie, pański *Big Bang* spadł za plebanią pod lasem, skolapsował i zniknął. Ale wcześniej przestraszył krowy naszego sąsiada na pastwisku. Pewnie przestaną dawać mleko. Możemy mieć nieliche kłopoty.

ADALBERT

(zażenowany milczy posepnie)

HRABINA

(załamując ręce)

A nie mówiłam!

(płacze rozdzierająco)

KONIEC (ŚWIATA)

Od autora: Miłośnicy literatury pięknej bez trudu rozpoznają w tym tekście wpływy teatryku *Zielona Gęś* Gałczyńskiego. Z kolei zwolenników powagi w literaturze naukowej uspokajam, że ma to być tylko delikatna zachęta do głębszych studiów nad kosmologią. Jak dotąd dramat ten nie był wystawiony na scenie; podejrzewam, że z powodu zrozumiałych trudności ze znalezieniem odpowiedniego odtwórcy kluczowej roli Modelu Kosmologicznego

PEASANT SLAVE

(runs in panting and worried)

Milord, Your Lordship's Big Bang has just crashed into the woods beyond the vicarage, collapsed and vanished. But first it scared the living daylights out of our neighbour's cows grazing out in the field. They'll probably stop giving milk, and we'll be in serious trouble.

ADALBERT

(embarrassed and taciturn)

COUNTESS

(distraught and helpless)

Didn't I say so?!

(bawls disconsolately)

The End (of the World)

Author's note: Aficionados of Polish literature will have no trouble in recognising the influence of Gałczyński and his revue theatre *Zielona Gęś*. I'd like to reassure those who appreciate gravity in scientific literature that this piece is only meant to be a little incentive for them to take cosmology more seriously. This play hasn't been staged yet, chiefly, I suspect, due to the obvious problem of finding a suitable actor for the main part, Cosmological Model.

Translated by Teresa Bałuk-Ulewiczowa

Wszystkie osoby występujące w dramacie są fikcyjne, a wszelkie podobieństwo do znanych postaci jest czysto przypadkowe. Natomiast nieprzypadkowe, i jak najbardziej poważne, są użyte terminy. Oto kilka niezbędnych wyjaśnień:

Big Bang (Wielki Wybuch) – gwałtowny początek ekspansji Wszechświata od stanu skrajnie gęstego i gorącego. Nazwa w zamierzeniu (podobno) ironiczna, użyta przez Freda Hoyle’a w audycji radiowej BBC w roku 1949. Trzeba podkreślić, że jest ona myląca: nie był to bowiem wybuch podobny do ziemskich eksplozji w *przestrzeni*, ale ekspansja samej przestrzeni, w tym sensie, że wszystkie kosmiczne obiekty zaczęły oddalać się nawzajem od siebie. Obecnie, po upływie 13,7 miliarda lat, Wszechświat nadal się rozszerza – jest wielki, zimny, niemal ciemny i praktycznie pusty: gdyby całą znaną materię rozmasować równomiernie w przestrzeni, to na 1 m³ przypadłby raptem jeden atom. O takiej „próżni” w laboratorium technicy nie mogą nawet marzyć.

Równania Einsteina – równania pola grawitacyjnego (1915 r.), które wiążą geometryczne własności czasoprzestrzeni (jej krzywiznę) z rozkładem i ruchem materii. Dopuszczają wiele różnych rozwiązań, w tym modeli kosmologicznych: z ich pomocą można opisać ewolucję całego Wszechświata. Większość z tych modeli albo żyje stosunkowo krótko i zapada się, albo rozszerza się bardzo szybko. W każdej z tych sytuacji nie powstaną pierwiastki oraz gwiazdy. Natomiast realny Wszechświat jest dość wyjątkowy i nieprzypadkowy – z jakichś powodów tempo jego rozszerzania jest „subtelnie dostrojone”, a dzięki temu on sam jest przyjazny dla powstania pierwiastków chemicznych oraz życia. Fakt ten inspiruje filozofów przyrody, ale jego wyjaśnienia należy się spodziewać ze strony fizyków.

Stała kosmologiczna Λ – stała lambda, dodatkowy, logicznie dopuszczalny człon w równaniach Einsteina, modyfikacja jego równań pola w celu uzyskania rozwiązania opisującego kosmos statyczny (1917 r.). Po odkryciu ekspansji Wszechświata (1929 r.) stała ta okazała się niepotrzebna i sam Einstein odciął się zdecydowanie od swego pomysłu. Ostatnio jednak, po odkryciu (1998 r.) *przyspieszonej* ekspansji Wszechświata stała kosmologiczna odżyła w kosmologii, gdzie, jako tzw. **ciemna energia**, ma interpretację uniwersalnej siły odpychającej. Jednak wszelkie próby teoretycznego obliczenia wartości tej stałej na gruncie teorii pola prowadzą, jak dotąd, do rekordowych i frustrujących niezgodności z obserwacjami.

Metryka Robertsona-Walkera – dynamiczne (zależne od czasu) rozwiązanie równań Einsteina przy założeniu maksymalnej symetrii przestrzeni. W szczególności może to być (trudna do wyobrażenia) trójwymiarowa sfera o zmiennym w czasie promieniu $R(t)$. Funkcja $R(t)$, tzw. czynnik skali, stanowi rozwiązanie równań Einsteina.

Zupa kwarkowo-gluonowa – egzotyczny stan materii jądrowej występujący w warunkach odpowiednio wysokich temperatur i dużych gęstości.

Ciecz doskonała – bardzo uproszczony rodzaj materii wypełniającej model kosmologiczny; mało realistyczny (nie posiada lepkości, tylko gęstość oraz izotropowe ciśnienie), ale z pomocą równań Einsteina pozwala ściśle policzyć np. tempo rozszerzania się modelu kosmologicznego.

Era Plancka – najwcześniejszy etap ewolucji Wszechświata (miał on wtedy zaledwie 10^{-44} sekundy życia), gdzie jeszcze można sensownie, choć tylko jakościowo, stosować znaną fizykę; w tym czasie gęstość materii była skrajnie wielka: 10^{93} g/cm³. O tym, co było jeszcze wcześniej nie można obecnie nic powiedzieć.

Inflacja – krótki okres wyjątkowo gwałtownej (wykładniczej) ekspansji Wszechświata, który nastąpił, gdy Wszechświat miał zaledwie 10^{-33} sekundy życia. Zaproponowany w roku 1981 przez Alana Gutha stanowi odtąd powszechnie przyjęte wyjaśnienie kilku paradoksów kosmologicznych.

Bariogeneza – hipotetyczny proces, który musiał zajść na bardzo wczesnych etapach kosmicznej ewolucji, ponieważ inaczej nie byłoby teraz we Wszechświecie materii (oraz inteligentnych obserwatorów); wypełniałoby go wyłącznie tzw. promieniowanie reliktowe. Proces ten polegał na pojawieniu się niewielkiej asymetrii pomiędzy ilością barionów (głównych składników materii) i antybarionów (antymaterii). Nadwyżka barionów, która nie uległa anihilacji z antybarionami tworzy obecnie znaną nam materię.

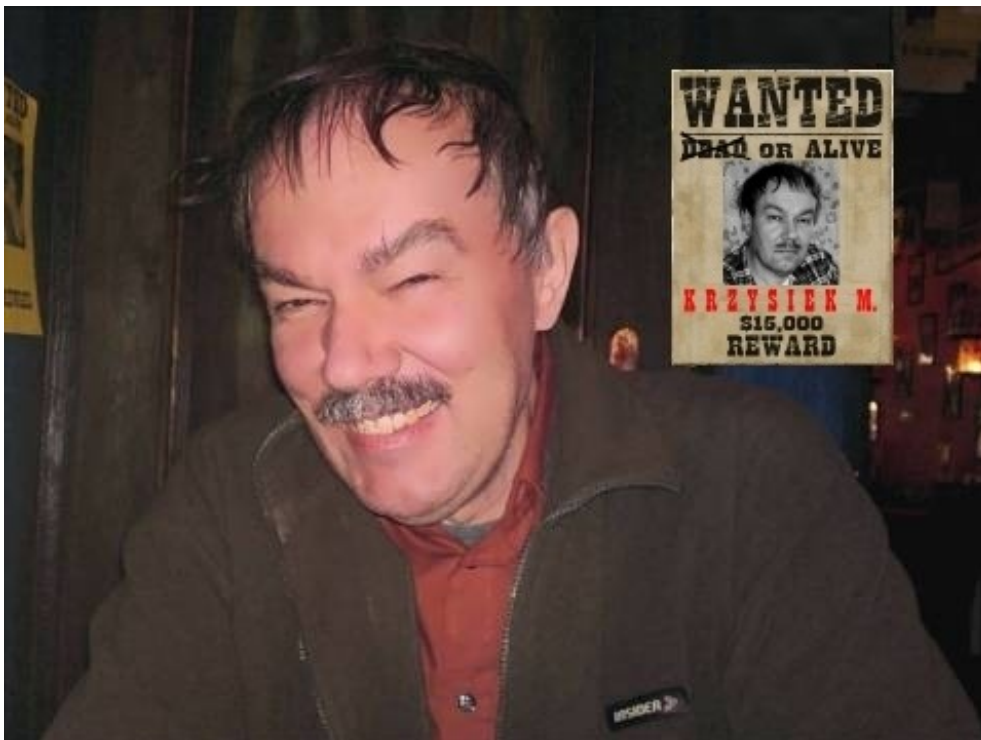
Nukleosynteza pierwotna – powstanie kilku lekkich pierwiastków, głównie deuteru, helu, litu i berylu, które nastąpiło w ciągu ok. trzech pierwszych minut życia Wszechświata. Zgodność przewidywań teorii z obserwacjami obfitości tych pierwiastków stanowi przekonujące potwierdzenie modelu gorącego wczesnego Wszechświata.

Rekombinacja atomów – nastąpiła wówczas, gdy Wszechświat miał ok. 380 tysięcy lat i był już na tyle chłodny, że mogły powstać stabilne atomy (wcześniej ulegały one częstej jonizacji tworząc plazmę). Wtedy też Wszechświat stał się przezroczysty – dostępny dla obserwacji optycznych. Pozostałością po tej chwili jest tzw. promieniowanie reliktowe tła o temperaturze wynoszącej teraz ok. 3K. Od ponad dwudziestu lat intensywnie badane są drobne fluktuacje w rozkładzie na niebie temperatury tego promieniowania. Są to, jak się przypuszcza, załączki późniejszych wielkoskalowych struktur – galaktyk.

Bliny Zeldowicza (ang. *pancakes*) – nieformalna nazwa pewnych płaskich struktur kosmicznych uformowanych z pierwotnej materii pod wpływem grawitacji (1970 r.).

Kolaps Wszechświata – gwałtowny koniec jego ewolucji poprzedzony etapem kurczenia się, „Wielkie Zgniecenie” (ang. *Big Crunch*).

Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist Er nicht („Bóg jest wyrafinowany, ale nie jest złośliwy”) – głęboka maksyma Einsteina, podkreślająca to, że rzeczywistość fizyczna może być skutecznie i ze zrozumieniem opisana matematycznie, mimo że jest to proces mozolny oraz rozpisany na wiele pokoleń badaczy. Ale w zasadzie mogłoby tak nie być. Powstałyby wówczas tylko nauki jakościowe, czysto opisowe, takie jak np. botanika czy geografia; jednak nie byłaby możliwa fizyka teoretyczna. Słowem: moglibyśmy odpowiadać tylko na pytanie „jak?”, ale nie na pytanie „dlaczego?”. Niemożliwe byłyby też efektywne (a niekiedy bardzo efektowne oraz zaskakujące) ilościowe przewidywania nowych zjawisk. Większość podatników nie zauważyłaby tego wcale, bo nie miałyby to zapewne większego wpływu na rozwój techniki, ale dla stosunkowo nielicznych fizyków teoretyków świat byłby niedostępny oraz po prostu nudny.



Autor poszukiwany ("Wanted") przez poważnych, zawodowych kosmologów, za kpiny z ich szacownej dyscypliny. Jednak, jak widać, nie traci wrodzonego poczucia humoru.

Odesskie Koło AN: МАН-Астро-Одесса-2014

Profesor Ivan Leonidowicz Andronov

Odeski Narodowy Uniwersytet Morski

17-18 января 2014г. 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). Официальное название - второй (областной) тур Всеукраинского конкурса-защиты научно-исследовательских работ МАН Украины.

Открыл конференцию декан физического факультета ОНУ профессор Ю.Ф.Ваксман. Он рассказал о факультете и пригласил участников поступать в университет. На теоретическом туре по физике участникам было предложено 7 задач разной сложности. Всего было представлено 22 конкурсных работ, посвященных изучению различных космических объектов и процессов.

Традиционно проведена секция "Астрономия и астрофизика", на которую было представлено 14 работ. 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. Александр Фидзина (с.ш. 82) обработал на компьютере наблюдения, полученные астрономом в университете польского города Ополе, и уточнил период недавно открытой в Одессе переменной звезды. Анастасия Савченко (с.ш. 117) измерила блеск почти 70 звезд на изображениях знаменитой катаклизмической звезды WZ Стрелы в четырех разных фильтрах, и не только изучила поведение самой звезды, но и определила коэффициенты связи инструментальной системы этого же польского телескопа со стандартной. Она награждена дипломом третьей степени. Так же отмечена дипломом третьей степени Надежда Маслова (Мариинская Гимназия), которая также провела анализ переменности блеска и периода другой переменной звезды RW Dra, но уже по изображениям, полученным в США.

Второе место занял "ветеран" секции астрономии Малой академии наук Максим Могорян (Мариинская Гимназия), который уже четвертый год представляет результаты исследований переменных звезд. В этом году он открыл 7 новых переменных звезд и определил их периоды. Все эти звезды оказались затменными двойными.

Екатерина Андрич (с.ш. 86) рассчитала достаточно сложную

математическую модель затмения сверхплотной звезды - белого карлика, затмеваемого сплюснутым сильной гравитацией красным карликом, и применила расчеты к недавно открытой экзотической двойной системе - затменному полюру. Наблюдения получил старший научный сотрудник одесской астрономической обсерватории Сергей Колесников на крупнейшем в Украине телескопе ЗТШ Крымской астрофизической обсерватории. Екатерина и рекомендована к поездке в Киев на Всеукраинский тур МАН.

Следует отметить, что все 5 исследований переменных звезд могут быть рекомендованы к публикации во "взрослых" журналах после соответствующей доработки.

Уже второй год работает секция "Аэрофизика и космические исследования". Она пока еще малочисленна (8 работ), но, после теоретического тура, в ней также выделились два серьезных лидера, не только представивших научные работы, но и лучше всех решившие задачи. Роман Солецкий (8 класс, Ришельевский лицей) моделировал формирование каменных планет под действием гравитации. Решение дифференциальных уравнений, интегрирование аналитическое и численное - это было поразительно слышать от самого младшего участника, блистательно в этом разобравшегося. Но, увы, возраст уже являлся для него препятствием для участия в международных олимпиадах, несмотря на победу на Всеукраинской.

А в Киеве представлять на конкурсе Одесскую область рекомендован также "ветеран" кружка Олег Бобров (с.ш.11), который составил ряд компьютерных программ для моделирования движения астероидов в окрестностях так называемых "треугольных точек Лагранжа" в системах "Солнце-Юпитер" и "Земля-Луна". Дипломом третьей степени награждена 8-классница Анна Андросенко (Мариинская Гимназия), определившая по изображениям, полученным в США, координаты кометы Борисова - первой кометы, открытой в прошлом году в Украине, и среднюю скорость.

Прекрасную собственную фотосессию серебристых облаков представил Александр Белый (Черноморский лицей). Они лучше всего заметны перед восходом или после захода, когда Солнце их освещает снизу. Юрий Павленко (Мариинская гимназия) рассчитал характеристики прохождения спутников Марса по диску Солнца. Михаил Войтюк (с.ш. 82) разрабатывал возможный календарь для будущих жителей Венеры, Екатерина Руденко (с.ш. 63) сравнила комету ISON с другими кометами и представила "твердотельную" модель движения.

Ирина Кулик (Броскивская с.ш.) нарисовала созвездия по координатам. Также были представлены реферативные работы, которые показали хороший уровень участников, но для успешных выступлений

практическая часть должна быть обязательно. Наталья Зубова (Великодолинский лицей) и Илья Дмитриев (гимн. 1) рассказали о черных дырах, Евгения Бояльская (с.ш. 107) о солнечной активности и ее влиянии на Землю, Анастасия Калужинская (с.ш. 40) о планетах-карликах Солнечной системы, Анатолий Терлецкий - о двойных и кратных астероидах, сближающихся с Землей, Сергей Граур (Первомайская с.ш.) о влиянии Луны на живые организмы, Виктория Свицерская (с.ш. 86) о поясе Койпера. Артем Явдошук (с.ш. 4 г. Ильичевск) рассказал об эволюции Солнца (а его стихотворения приведены на сайте <http://artyomushko.id1945.com/stihi/>).

Авторам лучших научных работ был вручен "Одесский астрономический календарь".

Так что, кроме 13 11-классников, на конференцию представили доклады 2 10-классника, 4 9-классника и 3 8-классника, из которых двое вошли в призеры. Очень жаль, что по правилам МАН, разрешается посылать только одного участника от секции. Хотелось бы просить в будущем, чтобы можно было разрешить давать дипломы соответствующей степени (в том числе, первой) в соответствии с баллами. В этом году по обеим секциям было по два лидера, очень близких по набранным баллам (Екатерина Андрич и Максим Могорян, Олег Бобров и Роман Солецкий). И, конечно, всегда очень обидно тем, кто "чуть не победил". Но таков формат этого конкурса. В любом случае, в нем участвовали победители отборочных конкурсов, т.е. лучшие из лучших.

Хочется обратиться и к школьным учителям и руководителям МАН. Нужны работы с практическим вкладом! Ведь постановка задачи и консультации возможны и через Интернет, если нет возможности приехать для личных встреч. По четвергам и субботам, в помещении планетария в парке Шевченко работает бесплатный астрофизический кружок (17-19 часов). Руководит им Владислава Игоревна Марсакова, доцент кафедры астрономии физического факультета Одесского национального университета им. И.И.Мечникова. А консультации членам секции астрономии МАН в соседнем помещении проводятся по субботам. В обсуждении конференционных докладов также принимали участие доценты Лариса Сергеевна Кудашкина и Александр Анатольевич Базей, сотрудники обсерватории Лидия Львовна Чинарова и Владимир Троянский.

Не надо откладывать работу по МАН на завтра! Как показывает опыт предыдущих лет, за очень редкими исключениями, шансы на победу наибольшие у тех, кто уже имеет опыт в МАН и у кого наблюдается личностный рост без звездной болезни. А дружба, возникшая во время этого конкурса, может сохраниться надолго.

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.

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!



Zdobywcy nagrody konferencji: Oleg Bobrov, Karerina Andrych i Anastasia Savchenko.
(Archiwa Koła AN w Odessie)

Misja astrobiologiczna w stratosferze

Agata Kołodziejczyk^{1,2}

¹Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, ²Astronomia Nova,
fichbio@gmail.com

Młodzież z Gimnazjum nr 1 w Lęborku, biorąca udział w projekcie Pan Stanisław-Szkoła w Kosmosie (panstanislaw.edu.pl), wraz z naukowcami z uniwersytetów i instytutów badawczych w Poznaniu, Krakowie i Ostrawie, przeprowadziła pionierskie eksperymenty astrobiologiczne. Po raz pierwszy młodzież zaangażowana była w projekty naukowe, ucząc się metodyki przeprowadzania eksperymentów badawczych. Uczniowie wzięli osobiście udział w przygotowaniu próbek biologicznych, własnoręcznie wykonali preparaty i zdjęcia mikroskopowe oraz dokonali analizy danych. Projekt naukowy koordynowała dr Agata Kołodziejczyk ze Stowarzyszenia Astronomia Nova. Wspólnie z Polskim Towarzystwem Rakietowym (PTR), zaprojektowane zostały kapsuły stratosferyczne, a następnie mistrzowsko wykonane przez Kacpra Zielińskiego, dr Adama Matusiewicza i Andrzeja Chwastka z PTR. Kapsuły spadały na spadochronach z wysokości ponad 30km i ku zdziwieniu wielu osób, powróciły w nienaruszonym stanie wraz z mikroorganizmami. Agata Kołodziejczyk zaprosiła do współpracy specjalistyczne jednostki naukowe dla przeprowadzenia analizy wyników po powrocie mikroorganizmów. Do przygotowania próbek do lotu i pomocy w analizie dołączyły się Małgorzata Koliczka, dr Adam Nawrot i Krzysztof Zawierucha z Uniwersytetu w Poznaniu, Daniel Stec, dr Łukasz Michalczyk, Joanna Bobula i dr Edyta Fiałkowska z Uniwersytetu Jagiellońskiego, Oldrich Motyka z Uniwersytetu w Ostrawie i dr Magdalena Owczarek-Kościelniak z Instytutu Botaniki PAN w Krakowie.

Celem misji było sprawdzenie przeżywalności mikroorganizmów, grzybów, roślin i zwierząt w stratosferze. Wśród mikroorganizmów poleciały niesporczaki zarówno żywe, jak i w postaci anabiozy czyli życia utajonego. Oprócz niesporczaków poleciały szpeciele, artemie i wrotki znane ze swej odporności na niesprzyjające warunki środowiska. Z królestwa grzybów wybrane zostały dwa szczepy drożdży laboratoryjnych *Saccharomyces cerevisiae*, o znanym genomie, piwne drożdże Grodzkie oraz pospolicie znane czarne drożdże z melaniną (czarnym pigmentem), znane ze swojej niezniszczalności (gatunek *Xiantella*). W próbkach poleciały również porosty i po raz pierwszy mszaki oraz poczwarki muszek owocowych i ślimaki. W dniu 4 października 2014, w dwóch niezależnych misjach: dziennej o 12.00 i nocnej o 20.00 kapsuły z porównywalnymi próbkami osiągnęły pułapy odpowiednio 30km i 33km. Misja balonowa koordynowana była przez zawodowców z Copernicus Project. Oba balony startowały z Obserwatorium Astrogeodynamicznego w Borowcu. Kapsuły odzyskano,

a materiał biologiczny poddano analizie porównując z kontrolą naziemną, czyli próbkami, które nie poleciały balonem. Wybrani uczniowie w nocy barwili próbki drożdży błękitem metylenowym, wykonywali preparaty mikroskopowe oraz zdjęcia do policzenia śmiertelności komórek polegającej na policzeniu stosunku ilości komórek martwych (wybarwionych na granatowo), do komórek przezroczystych. Uczniowie będą analizować ilość i powierzchnię chloroplastów w liściach dwóch gatunków mszaków, *Ortotrichum* i *Physcomitrella*, za pomocą programu do analizy obrazu Image J. Wyniki eksperymentu zostaną opublikowane w czasopiśmie *Wszechświat*.



Uradowana Agata Kołodziejczyk po powrocie kapsuły astrobiologicznej ze stratosfery.

Spośród przebadanych organizmów wszystkie przeżyły, poza ślimakami i poczwarkami muszki owocowej. Trudne warunki, z jakimi musiały się zmierzyć organizmy, to głównie niska temperatura (w misji dziennej $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, max. $V=396\text{ km/h}$ i $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ w misji nocnej), oraz intensywne nasłonecznienie w misji dziennej. Zmiany ciśnienia atmosferycznego, które na wysokości 30km osiągają wartości bliskie 0 nie miały wpływu na materiał biologiczny w próbkach szczelnie zamkniętych, ale zarówno w przypadku porostów, jak i ślimaków, nawiercone zostały małe dziurki w celu wyrównania ciśnień.

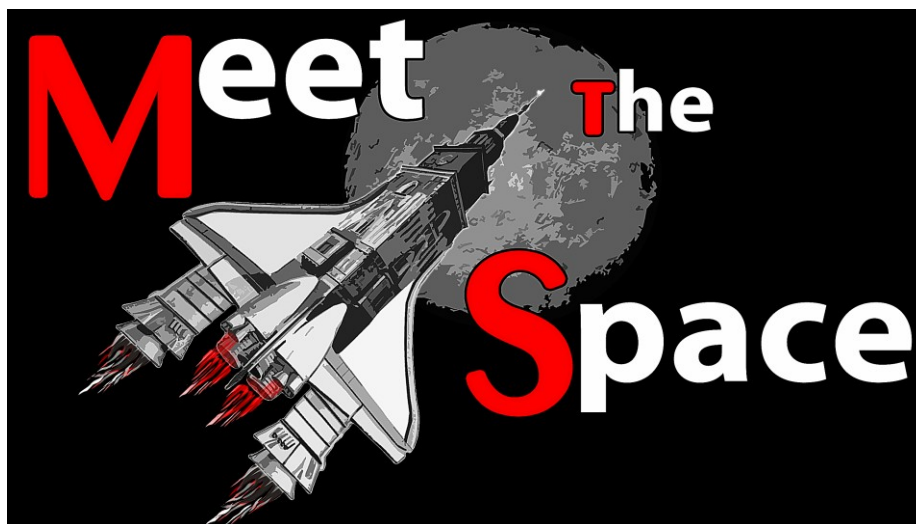
W wyniku eksperymentu dowiedzieliśmy się jak reagują różne organizmy, jedno i wielokomórkowe, na szybkie zmiany warunków środowiska. Badaliśmy organizmy zarówno w stanach obniżonego metabolizmu, jak i formy metabolicznie czynne, zanurzone w wodzie albo 15% roztworze glicerolu w celu ochrony tkanek przed zamrożeniem. Co ciekawe, w przypadku roślin zaobserwowano, że uszkodzenia ścian komórkowych i chloroplastów występowały w większym stopniu w misji nocnej, niż w misji dziennej. Może to być związane zarówno z różnicami w temperaturach pomiędzy misjami, jak i w różnicach aktywności chloroplastów w fazie dziennej i nocnej. Pierwszy raz zbadana została śmiertelność organizmów w misji nocnej. Badania wykazały zaskakująco niską śmiertelność organizmów w odpowiedzi na zmienne warunki środowiska.

Konferencja Meet The Space II

Agata Kołodziejczyk^{1,2}

¹Instytut Nauk o Środowisku, UJ w Krakowie, ul. Gronostajowa 7

²Astronomia Nova, fichbio@gmail.com

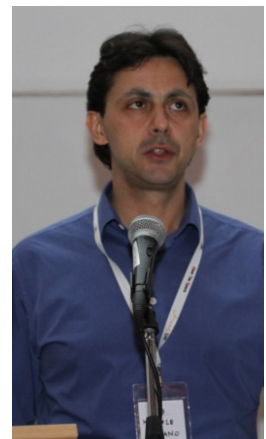
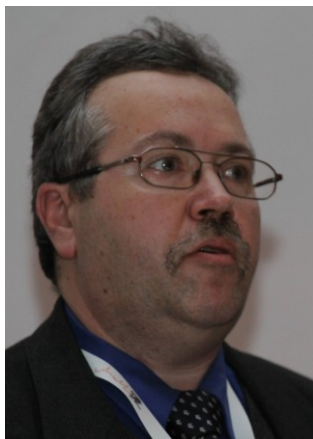


Już po raz drugi Stowarzyszenie Astronomia Nova wraz z Instytutem Nauk o Środowisku UJ zorganizowało Międzynarodową Konferencję Naukowo-Biznesową „Meet The Space”. W tym roku konferencja współorganizowana była przez Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego, dodatkowo wiele instytucji i firm przyczyniło się do uświetnienia tego wydarzenia. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Fundacja „Pociąg do Gwiazd” wsparły finansowo przedsięwzięcie, Konsulat Stanów Zjednoczonych w Krakowie zapewnił wystawę zdjęć z misji łazików Marsjańskich NASA, Muzeum Lotnictwa Polskiego wypożyczyło pierwsze polskie rakiety, a studenci i doktoranci Politechniki Wrocławskiej zaprezentowali łazika *Scorpio*, który wygrał Europejski konkurs łazików marsjańskich oraz został laureatem plebiscytu Naukowy Projekt Roku. Firma WObit zaprezentowała polskiego robota przemysłowego SCARA oraz przeprowadziła profesjonalne warsztaty „Reach for Robotics” dotyczące praktycznego zastosowania robotów kartezyjskich. 27-28 listopada w Krakowie na spotkanie przyjechało 130 uczestników, w tym 20 spoza Polski. Spośród prezentowanych wykładów wyróżnić można historyczną prezentację o polskich raketach Andrzeja Chwastka i Adama Matusiewicza, wystąpienie prof. Szwarzenberga-Czernego o polskich satelitach naukowych, wykład Adama Nawrota o czynnikach ludzkich w misjach kosmicznych oraz wykład prof. Biesiady na temat wpływu astronomii na postęp technologiczny. Z ciekawością słuchało się zagranicznych prelegentów, młodego Nikolaosa Perakisa z niemieckiego Centrum Badań Kosmicznych DLR i Michele Armano z hiszpańskiej jednostki Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), który wyjaśniał, jak za

pomocą fal mikrograwitacyjnych stać się właścicielem złóż ropy naftowej. W tym roku zaszczyli nas swoją obecnością przedstawiciele firm, które rozpoczęły, albo chciałyby rozwinąć przemysł sektora kosmicznego. W szczególności reprezentanci firm WObit, Microsoft, Maker Machine, SKA-Polska i SSVB byli otwarci na szeroko pojętą współpracę. Dyskusji nie było końca w trakcie nocnych wizyt w krakowskich restauracjach i piwnicach, gdzie wymieniano wiedzę, doświadczenie i zawiązywano nowe projekty kosmiczne. Poza częścią konferencyjną i profesjonalnymi warsztatami robotycznymi była możliwość obejrzenia wystawy „On the Way to Space”, którą zaszczyliła obecnością Pani Podsekretarz Stanu Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju Iwona Wendel i Prorektor UJ - prof. Stanisław Kistryn. Wystawę stanowiły: (1) obrazy i zdjęcia udostępnione przez konsulat amerykański; (2) drukarka 3D Prix udostępniona przez firmę Maker Machine, która drukowała pamiątkowe breloki do kluczy z logo konferencji; (3) łożnik *Scorpio*, któremu można było wydawać polecenia i dowiedzieć się o jego działaniu bezpośrednio od jego twórców; (4) robot przemysłowy prezentowany przez firmę WObit, (5) czterośmigłowiec (quadcopter) prezentowany przez twórcę Kacpra Zielińskiego z firmy Aero-life; (6) teleskopy i ciekawostki astronomiczne prezentowane przez Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii; (7) nowinki technologiczne wirtualnej rzeczywistości prezentowane przez firmę Microsoft; (8) zdjęcia ze stratosfery zaprezentowane przez Copernicus Project oraz (9) prywatna kolekcja meteorytów Jaromira Króla, który z pasją opowiadał o skarbach z kosmosu. Wystawę obejrzało 80 uczniów szkół podstawowych i liceum wraz z 7 nauczycielami, którzy przybyli na darmowe warsztaty edukacyjne prowadzone przez pasjonatów kosmosu w ramach przedsięwzięcia Meet The Space.

Na warsztatach robotowych organizowanych przez robotowo.pl uczniowie 4 klasy szkoły podstawowej i licealiści z V L.O. w Krakowie uczyli się programowania i budowy robotów; na warsztatach astronomicznych prowadzonych przez Milenę Ratajczak uczniowie szkoły podstawowej rysowali księżycy planet Układu Słonecznego; na warsztatach astrobiologicznych Krzysztof Zawierucha wraz z Danielem Stecem pokazywali żywe niesporczaki i wrotki, na warsztatach raketowych Andrzej Chwastek tłumaczył jak zbudowana jest rakietka, a Damian Mayer - ambitny licealista, opowiadał kolegom o swojej modelarni. Po części teoretycznej, transmitowanej dzięki uprzejmości Tomka Kozara z firmy Microsoft do szkół w Lęborku, Koszalinie i Ząbkach, licealiści wykonali własne rakiety i odpalili je na pobliskim terenie. Zarówno ilość jak i różnorodność działań podjętych w ramach tegorocznej konferencji Meet The Space świadczy o tym, jak wiele ludzi zaangażowało się w uświetnienie imprezy. W szczególności pragniemy podziękować: (1) komitetowi naukowemu, prelegentom i autorom plakatów konferencyjnych za podzielenie się cenną wiedzą i doświadczeniem,

(2) osobom prowadzącym bądź pomagającym w prowadzeniu warsztatów profesjonalnych i edukacyjnych oraz firmie Microsoft za umożliwienie transmisji warsztatów do trzech innych szkół w Polsce, (3) osobom, które aktywnie przyczyniły się do utworzenia wystawy „On the way to space” czyli Romanowi Jurankowi, Marcinowi Jeziornemu i Konsulatowi USA za wypożyczenie wystawy obrazów, Dyrektorowi Muzeum Lotnictwa wraz z załogą za wypożyczenie i transport historycznych rakiet polskich, Jędrzejowi Górskiemu i Szymonowi Dzwonczykowi wraz z zespołem *Scorpio* za transport i prezentację łazika, firmie WObit za transport i prezentację robota przemysłowego, firmie Maker Machine za prezentację drukarki 3D, zaprojektowanie i wydrukowanie breloków z logo konferencji, firmie Microsoft za prezentację najnowszych urządzeń wspomagających edukację, Polskiemu Towarzystwu Astronomicznemu za prezentację teleskopów i zachwywanie astronomią, Jaromirowi Królowi za prezentację meteorytów, Maciejowi Jakimcowi z Copernicus Project za udostępnienie wystawy zdjęć ze stratosfery oraz osobom, które odpowiedzialne były za transport tej wystawy czyli Maciejowi Urbanowiczowi i Mariuszowi Słoninie, Kacprowi Zielińskiemu z firmy Aero-life za pokaz czterośmigłowca i nagranie filmu, (4) organizacjom, które wsparły finansowo przedsięwzięcie „Meet The Space 2014” czyli Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego (kwota 14 000 zł.) i Marcinowi Mazurowi - prezesowi Fundacji „Pociąg do Gwiazd”, (5) organizacjom, które podarowały materiały turystyczne, długopisy i teczki dla uczestników konferencji, czyli Urzędowi Miasta Kraków, Poland Convention Bureau i Urzędowi Marszałkowskiemu województwa małopolskiego, (6) komitetowi organizacyjnemu wraz z osobami spoza komitetu, które bezinteresownie brały udział w pracach organizacyjnych czyli Agnieszce Nowak, Tomaszowi Suchodolskiemu, Andrzejowi Chwastkowi, Jaromirowi Królowi i Adamowi Nawrotowi, (7) wszystkim osobom przychylnym i uczestnikom wydarzenia za obecność. Mamy nadzieję, że w przyszłym roku konferencja Meet The Space stanie się już poważnym wydarzeniem zauważalnym w Europie. Do zobaczenia za rok!



Marek Biesiada, Alex Schwarzenberg-Czerny, Nikolaos Perakis i Michele Armano.

W dalszej części przybliżymy, już w języku angielskim, szczegóły konferencji, w szczególności abstrakty większości przyczynków konferencyjnych. Osoby bliżej zainteresowane zaprasza się do odwiedzenia strony www.meetthespace.org.

2nd International Space Science and Business Conference „Meet The Space”
Kraków, 27-28 November 2014

WELCOME

In the context of Polish accession to the European Space Agency, emerging Polish Space Agency and increasing need to build procosmic culture in society, the Astronomia Nova Association (www.astronomianova.org), together with Jagiellonian University organize a conference, which will be a continuation of the Kraków's annual meetings integrating international scientific and business environments related to space exploration.

We are proud to host so many active and open-minded scientists, engineers and businessmen from Poland and other countries. Recent success of the meeting measured with a number of emerged projects and collaborations inspired us to continue and develop this enterprise. This time we expand business and educational platforms by preparing networking sessions, professional and educational workshops, inspiring lectures and exhibitions.

„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.

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. In 1884, in his Kraków laboratory, Prof. Olszewski was the first to liquefy hydrogen in a dynamic state, achieving a record low temperature of $-225\text{ }^{\circ}\text{C}$ (48 K). Also here was studying a famous petroleum industry pioneer, who in 1856 built the world's first oil refinery - Ignacy Łukasiewicz. Finally, Kraków is a city of polish famous science fiction writer - Stanisław Lem. It is a place originating the polish conquest of space, where in early 60's Prof. Walczewski and his team constructed a high-range rocket Meteor and reached the space! Original Meteor rockets are with us during this days.

We hope, that this meeting will bring new opportunities for you, will speed up realization of ongoing projects and will inspire to develop a new business-scientific plans. Please, feel invited to actively contribute in the event by sharing your passion, knowledge and experience.

I wish you on behalf of organizing committees, an exciting and productive meeting!
(Agata Kołodziejczyk, coordinator of the conference)

ABSTRACTS

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

Title: LISA Pathfinder and the Quest for Modified Gravity.

Abstract: The LISA Pathfinder spacecraft by ESA is on schedule to fly by autumn 2015. Implementing a high precision free-fall in-flight system near a Lagrangian point, the mission relies on technologies never used before in space environments and crucial to gravitational waves observatories. The core instrument configuration makes LISA Pathfinder a gradiometer of unprecedented sensitivity. The designated orbit places it in position to further cruise through a volume of space where Newtonian pulls compensate and the Newtonian acceleration is close to zero. In the global picture that sees several dark matter/energy models and many theories at work to match observations, the free-fall specialist LISA Pathfinder can directly explore gravity at its possible depart from the Newtonian regime, realizing a null dynamical test so far missing between astrophysical measurements and planetary tests. We will explicitly consider MOND theories as a test canvas and show that without further modifications the LISA Pathfinder instrument could sample several scales of the transition regime. We shall highlight the science case, the current experiment, the measurement design and the related data analysis.

Tomasz Buratowski, AGH University of Science and Technology, Poland, tburatow@agh.edu.pl

Title: Projects related with space technology realised in AGH UST Department of Robotics and Mechatronics.

Abstract: In Department of Robotics and Mechatronics several projects are currently developed that are directly connected with space technologies. The first one is SPACEDRILL a project developed with Space Research Centre of Polish Academy of Sciences and Department of Drilling and Geoengineering AGH UST. The aim of the project is to create a small mobile drilling rig that can work in harsh environments. The system is being designed with strict weight and power restrictions. The total mass of the system will be up to 26 kg. Another project is a inspection robot. It can adjust itself to different terrain. The robot is designed to work in harsh conditions and can also operate fully submerged.

Michał Czapski, Mars Without Borders, USA, czapski.michal@gmail.com

Title: Mars Without Borders (MWOB) and its first Expedition to Mars Desert Research Station (MDRS).

Abstract: MarsWithoutBorders (MWOB) is an international interdisciplinary group of scientists and analog astronauts with backgrounds in the physical and life sciences, engineering, medicine, and creative arts. Coming from different parts of the globe, various teams will be planning to conduct research and field-test of software and hardware in full immersive analog simulation expeditions at various terrestrial analog stations, such as the Mars Desert

Research Station (MDRS) and the Flashline Artic Research Station (FMARS). The main objective of MWOB is to develop and test capabilities and technologies relating to future human missions to Mars. Mitigation countermeasure strategies to maintain health and safety of humans living in space is another key area the team will look at. Mars Without Borders team is getting ready for its first expedition at Mars Desert Analog Simulation located on the San Rafael Swell of southern Utah and operated by Mars Society, which will launch on Dec 14, 2014. The MWOB team will enter the MDRS as MWOB Crew 145 and will stay there for 2 weeks conducting research which will assess and improve capabilities and technologies for human space exploration such as:

- 3D printing of medical supplies on Mars (as the first MDRS MWOB Crew we are allowed to use a 3D printer)
- Simulation of medical emergencies (extravehicular activities, triage, search and rescue), anesthesia and surgery
- Yoga and meditation for human space exploration
- Interrelation between possible biological activity and geological formations (includes terrain scouting, mapping and EVA activities)
- Astrophotography
- Tele-education and outreach
- Space art & design for astronaut mental wellness

Even only as an approximation of the real habitat that one day will be constructed on the Red Planet, MDRS still provides insight into what physical and social challenges the first Mars settlers might encounter during their exploration of the harsh Martian environment. Lessons learned during this expedition can have a valuable share in the first real mission design to another planet.

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

Title: Ocean of ice: can there exist life on Europa?

Abstract: The Europa, the fourth largest moon of Jupiter, icebound and surrounded by a thin oxygen atmosphere. It is of particular interest to astronomers and astrobiologists mainly due to the unmanned Galileo spacecraft. This is because it has provided data suggesting that under a thick ice shell it may be a liquid or semi-liquid ocean. It was found that the presence of such ocean is possible thanks to the strong gravitational pull of Jupiter. The tectonic activity of Europa is enough to activate hydrothermal vents on the ocean floor. On Earth, around such chimneys a rich and complex ecosystems functioning and are completely independent from solar energy. Their existence is completely dependent on the activity of chemotrophic bacteria which use, as an energy source, the oxidation of sulfides. According to the one

of the theory explaining the origin of life on Earth, hydrothermal vents may have played a significant role in the formation and evolution of early life forms. Especially in Kriogenie (850-635 million years ago), when the conditions on Earth were similar to those prevailing currently on Europa. Currently, also on Earth some aquatic ecosystems are evolving for millions of years under the ice (an example is Lake Vostok in the Antarctic continental glacier), without any contact with atmosphere. When playing certain stages of the history of life on Earth and analyzing the existing deep-water ecosystems on Earth formed around hydrothermal vents such as Lake Vostok and the researchers suggest that similar ecosystems could develop into Europa.

Adam Grzesiczak, Astronomia Nova, England, adam.g@outlook.com

Title: Project SSK by Astronomia Nova Association.

Abstract: Brief presentation of project SSK, idea of Astronomia Nova Association to land on the surface of the moon.

Benjamin Hochheimer, German Aerospace Center (DLR),

benjamin.hochheimer@dlr.de

Poster Title: Test facilities to assess properties of a Nitrous Oxide/Ethene premixed Bipropellant for satellite propulsion systems.

Abstract: Attitude and orbit control in today's satellite propulsion systems are mostly realized with Hydrazine as a Monopropellant. Due to its toxicity it is difficult to handle and applications run by Hydrazine will be restricted by the REACH-Regulation in the future. Hence, there is a growing demand of more environmentally friendly propellants, so called Green Propellants. As a prospective candidate, a combination of Nitrous Oxide (N₂O) as oxidizer and Ethene (C₂H₄) as fuel was selected within the research at the German Aerospace Center (DLR) in Lampoldshausen. By implementing it as a premixed Bipropellant it is possible to achieve the advantages of a Bipropellant in terms of a high ISP (320 s at 10 bar chamber pressure, oxidizer fuel ratio ROF of 9, equilibrium reaction and $\epsilon=40$ against vacuum) and those of a Monopropellant with a single propellant tank and simple feed system respectively. Currently, this mixture is tested and analyzed at the test facility M11 in gas phase. Tests with a combustion demonstrator unit are conducted to evaluate the properties of the combustion processes by measurement of thrust, temperature and pressure data in different conditions. The demonstrator is flexible in terms of injector segments as well as ignition methods and the length of the combustion chamber can be modified. To achieve the desired ROF the oxidizer and fuel get mixed in gaseous phase by setting different partial pressures. Then the ROF can be checked via a gas-phase chromatograph in the DLR chemistry laboratory. In the future tests with liquid N₂O/C₂H₄ will be conducted. To liquefy this mixture a set up with an external cooling system is planned. For longer test runs the present capacitive cooled combustion chamber segments get replaced with water cooled

segments. To qualify the propellant in vacuum conditions a vacuum chamber is available at the M11 test facility and will be equipped with the necessary feed systems

Marcin Jeziorny, Wieruszow Astronomical Association, Poland,
maj8423@gmail.com

Title: "MarsOne science or fiction ?"

Abstract: The topic covers technical capabilities of a journey to Mars and settlement there from empirically point of view.

Mikołaj Karawacki, Institute of Physics, University of Silesia, Poland,
mapkarawacki@gmail.com

Title: The quest for a home away from home. Detection & characterization of exoplanets.

Abstract: One of the oldest questions humanity asks - whether or not is there life beyond Earth and whether or not is there another earthlike planet - can be now asked in a scientific manner. The talk will briefly present the methods developed for finding extrasolar planetary systems and will emphasize the physical parameters of exoplanets obtained with various detection methods as well as the characteristics of exoplanets that can be inferred from their physical parameters. The closing point of the talk will be the issue of planetary habitability.

Piotr Koperski, Astronomia Nova, Poland, wuj-truj@o2.pl

Title: Science and challenges on the Moon for the SSK project by Astronomia Nova Association.

Abstract: What kind of interesting and generally useful information for the humanity can be gained by a low budget mission on a Moon? Is it possible? And what are the challenges?

Michał Moroz, Kosmonauta.net, Poland, michal.moroz@kosmonauta.net

Title: Why should you apply for the International Space University?

Abstract: The International Space University (ISU) was founded by Peter Diamandis, Todd Hawley and Robert Richards in 1987. Since then over 3000 people have studied at various programmes at ISU. The summer studies programme (SSP) takes part each year on another continent. The studies cover all different aspects of "space", from its history, through engineering, to space humanities and technology companies. Graduating ISU studies helps all participants a lot to successfully enter the global space industry.

Kamil Muzyka, Polish Academy of Science, Poland, tygrzyk1986@o2.pl

Title 1: The legal aspects of space industrialisation, transportation and settlement.

Abstract: Every major human endeavour requires a legal framework in order to function properly. Extracting resources from asteroids, creating and operating private habitat, tourist and industrial manufacturing stations as well

as settlements placed on celestial bodies still have many unsettled legal issues, such as governance, property, rescue procedures or the right of salvage.

Title 2: The Outline of Personhood Law Regarding Artificial Intelligences and Emulated Human Entities

Abstract: On the verge of technological breakthroughs, which define and revolutionize our understanding of intelligence, cognition, and personhood, especially when speaking of artificial intelligences and mind uploads, one must consider the legal implications of granting personhood rights to artificial intelligences or emulated human entities.

Adam Nawrot, Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, ForScience Foundation, Poland, anawrot@igf.edu.pl

Title: Human factors in space missions – reflections about polar expeditions.

Abstract: Success of a space missions mostly depends on a crew. Long time in a group of foreign people and limited living space, will be a cause of conflicts. Understanding problem and preparing astronauts how to deal with constraints, is important for a space missions. Expeditions to the Polar Regions are good examples of the group development in a harsh environment. Several months in limited space, with this same people generate psychological stress.

In the past many expeditions to Arctic and Antarctic regions had these same social and emotional problems. There is big knowledge about the difficulties associated with isolation in extremes environment. There is no difference between research expeditions and villages in Arctic. Humans' reactions are similar.

Understanding of the human factors and the group development is crucial for a space mission's success. Especially that they will last longer in more extreme conditions.

Nikolaos Perakis, German Aerospace Center - DLR, Germany, nikolaos.perakis@tum.de

Title: Development of an experimental demonstrator unit using Nitrous Oxide/Ethylene Premixed Bipropellant for satellite applications.

Abstract: In the continuously growing scientific area and market of satellite propulsion systems, the need for replacement of toxic propellants like Hydrazine with human- and environment-friendlier substances called Green Propellants has arisen. Within the context of this research initiative and in terms with the REACH-Regulation, the German Aerospace Center (DLR) in Lampoldshausen is developing and testing an experimental demonstrator based on the technology of Nitrous Oxide Fuel Blends, which involve the mixture of Dinitrogenmonoxide with Carbon Hydrides. Specifically, at the testing facility of M11, the combination of Nitrous Oxide (N₂O) and Ethylene (C₂H₄) as a premixed Bipropellant for applications in satellite propulsion modules is being examined. The combination of a high specific impulse (320s at 10 bar, $\epsilon=40$ against vacuum) with the classic advantages of lighter feed and

storage systems connected to monopropellants, render the mixture a strong candidate for usage as a green propellant in satellite applications. Within this project, the development of different injection systems has taken place, in order to examine the combustion properties of the propellant in different phases (gas or liquid) and in different mass flow rate regimes. By taking into consideration the two phase flows present in satellite thruster firings due to the injection against vacuum, the tests ran so far involve a gaseous mixture. Since the outlook of the project aims for a liquid storage and injection of the propellant, a simulation tool describing the necessary conditions for the phase change (condensation or evaporation) was also generated. The absence of accurate experimental data for the state of the mixture in the 2 phase region renders the simulation a preliminary tool of the design of the mixture's liquification facility. Further CFD Simulations in combination with experimental tests for the full description of the combustion properties and the mixture's physical characteristics in gaseous and liquid phase are planned for the future.

Oleksandr Potashko, Scientific Enterprise „Fractal”, Ukraine,
tumburland@gmail.com

Title 1: Catching comet's particles in the earth's atmosphere by using balloons.

Abstract: The project is intended to catch cometary particles in the atmosphere by using balloons. The investigation is based upon knowledge that the Earth crosses the comet's tails during an year. One can catch these particles at different altitudes in the atmosphere. So, we will be able to gradually advance in the ability to launch balloons from low to high altitudes and try to catch particles from different comet tails. The maximum altitude that we have to reach is 40 km. Both methods - distance observation and cometary samples from mission Stardust testify to the presence of organic components in comet's particles. It would be useful to know more details about this organic matter for astrobiology; besides, the factor poses danger to the Earth. Moreover, it is important to prove that it is possible to get fundamental scientific results at low cost - at any university.

Title 2: Criteria of presence of life on heavenly bodies.

Abstract: The basic efforts of search for life are concentrated on a micro-level. Usually researchers seek bio-markers. As a rule they are fossil-thinking and speculate within far past. The macro-level also represents the big interest, especially due to - after a geological stage of interplanetary researches comes on astrobiological stage. The criteria for non-gaseous heavenly bodies are offered

- presence of volcanoes on heavenly bodies
- presence of an atmosphere.

On our planet the Earth we can see, that in vicinities of underwater volcanoes there is a life as a rule. Most extreme cases of a finding of a life in a vicinity of underwater volcanoes testify that they are isolated systems - in biological sense. The life could not be brought from the outside - physical and chemical conditions would not allow this. It is necessary to admit a hypothesis about origin of life in area of underwater volcanoes. Naturally, the life arises does not near each volcano - as a rule it is unstable phenomenon but if activity of a volcano passes in a steady state, the probability of safe origin of a life raises, such attempts occur again and again. Hardly such steady volcanoes are possible on a land – so as they might work continuously during thousand and thousand years. Presence of an atmosphere is obviously a required condition within the limits of volcanic reasoning on origin of life. An atmosphere speaks that volcanic activity takes place. Certainly, in case of an atmosphere does not decrease. Reduction, dispersion of an atmosphere speaks that volcanic activity decreases or goes on recession. Supervision from satellites of the Earth testifies that the atmosphere of the Earth is not a constant, and within reduction of volcanic activity the density of the terrestrial atmosphere falls. If there is a steady atmosphere, on presence of life on a planet can testify presence of the seas with volcanic activity. Hence, satellites of the Jupiter with a firm ice core represents good candidates for detection of life as well as Titan - the satellite of Saturn. Once we will find life such a manner we get a way on modern originating of life – and practical application – what is origin of nowadays viruses.

Mariusz Tarnopolski, Astronomical Observatory, Jagiellonian University, Poland, mariusz.tarnopolski@uj.edu.pl

Poster Title: Nonlinear Time Series Analysis of Hyperion's Lightcurves.

Abstract: Many minor bodies in the Solar System are of irregular shape, i.e. have a non-zero oblateness parameter, e.g. asteroids or some moons. The oblateness, also called the ellipticity, is defined as $w^2=3(B-A)/C$, where $A<B<C$ are the body's principal moments of inertia. These can be estimated based on an image of the body or by means of the lightcurve inversion techniques. An oblateness high enough to exceed the critical value given by the Chirikov Overlapping Criterion, allows the body to be in a chaotic rotational state. This is connected to the existence of a positive maximal Lyapunov Exponent (mLE). Many theoretical works showed that the Lyapunov Time for Hyperion (the biggest known celestial body of such a highly aspherical shape, $w^2=0.79$, with an orbit of $e=0.1$ around Saturn) is from 1.5 the orbital period ($P_{orb}=21$ d) up to 7 P_{orb} . However, these results were obtained by means of solving the differential equations describing the satellite's rotation for given initial conditions. We explored the existing in literature photometric observations treating them as experimental time-series in order to estimate the mLE using the Wolf et al. and Kantz & Schreiber

algorithms. We undertook numerical experiments to answer the question how to perform the ground-based observations to obtain the temporal mLE as accurately as possible and found out that one should observe Hyperion for at least a few months having observational points as dense as possible. This may be achieved for example by a cooperation of 2-3 observatories in different locations.

Łukasz Wilczyński, Planet PR, Poland, l.wilczynski@planetpr.pl

Title: Mars - wschód marketingu eksterytorialnego.

Abstract: Innowacyjność, nowe technologie, „miasta inteligentne“ (smart cities) – to wszystko już teraz jest w działaniach marketingowych miast i regionów na świecie. Jaka więc czeka nas przyszłość w tej dziedzinie i czy może nią być marketing eksterytorialny. Naszym zdaniem wyznacza on obecnie nowy kierunek, oparty na wspólnej i zunifikowanej komunikacji jednego miejsca przez podmioty z różnych sektorów (komercyjny, samorządowy/państwowy, pozarządowy). Tak właśnie wygląda już komunikacja turystyczno-naukowo-inwestycyjna związana z najbliższym sąsiadem naszej planety. Science-fiction czy może znany kierunek poruszany od wielu lat na różnych konferencjach branżowych?

Bogdan Wszolek, Jan Długosz University in Częstochowa, Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl, bogdan.wszolek@gmail.com

Poster Title: Revitalization of radiotelescopes from Psary and Komorowo.

Abstract: In 2010 four radiotelescopes were dismantled in Psary with hope that they will be again fully valuable instruments for radioastronomy and/or for communication with space devices. Dishes of antennas have diameters: 9, 13, 13 and 16 meters. Two of four antennas are already built in Rzepiennik Biskupi (RT-9) and in Częstochowa (RT-13). The installation of the other RT-13 was started in Cieszęcin. Furthermore, in 2014 5.4-meter radio frequency terminal (RFT) was dismantled in Komorowo and installed in Rzepiennik Biskupi. We are searching for specialists to cooperate with us to make use of these instruments as soon as possible.

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

Title: Validation of the Quaternion Steepest Descent Attitude Estimator (QSDAE) designed for very small satellites by means of computer simulation.

Abstract: One of the main challenges facing designers of very small satellites like a CubeSats is to provide an attitude measurement or estimate. It is usually essential to know the spatial orientation of the spacecraft in order to point a communication antenna or other satellite instruments in the desired direction. The orientation knowledge is also necessary for an on-board attitude control system (ACS) to operate. For large satellites it is possible to achieve attitude determination by means of precise and sophisticated attitude

sensors (like star trackers, Earth horizon sensors, etc...). For small satellites, on the other hand, space, mass, energy, and CPU power constraints are more restrictive and more cost effective solutions are preferred. In such a case one has to estimate the attitude relying on relatively simple vector measurements that can be acquired with small, lightweight and inexpensive sensors. In the paper an estimation algorithm called Quaternion Steepest Descent Attitude Estimator (QSDAE) designed by the authors will be presented. An assumption is made that only measurements of magnetic field, direction to the Sun and angular velocity of the satellite are available on board. They can be provided by a 3-axis magnetometer, a Sun sensor set and a gyroscope respectively. The algorithm employs a prediction-correction scheme. The prediction is based on the angular velocity measurement while the remaining sensors data are used during the correction stage. The latter is derived using optimisation problem formulation and steepest descent minimisation method. Only single optimisation iteration is executed in each individual time step, providing the estimator with filtering capabilities. The algorithm is computationally inexpensive, scalable (can accommodate arbitrary number of sensors) and tolerates intermittent measurement (e.g. from the Sun sensor). An example computer simulation of estimator performance will be presented taking into account the modelled sensor noises, the gyroscope bias and unavailability of the Sun direction measurement during the eclipse. Apart from the satellite sensor suite, on-board environment models and estimation algorithm such a simulation requires complex reference models. They are not only needed to model satellite attitude dynamics and orbital motion, but also factors like the Earth magnetic field, the Earth-Sun system geometry and the solar eclipse conditions. The elaborate model has been implemented in a hybrid software environment consisting of Matlab/Simulink program and Scilab/Xcos application supplemented with CelestLab aerospace library. This flexible framework allowed to perform Monte-Carlo statistical evaluation of the proposed observer response to noisy and incomplete input data. Several simulations conducted for various conditions confirmed the algorithm efficiency and allowed to assess a steady state error, a convergence rate and a noise attenuation capabilities of the estimator.

Krzysztof Zawierucha, Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland, zawieruchakrzysiu26@gmail.com

Poster Title 1: Survival of crustacean *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) and rotifers *Bdelloidea* after exposure to the “cosmic shock” in the stratosphere.

Abstract: *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) is a common aquatic crustaceans, natural living in warm salt lakes and was found as euryhalins organism which can live in water from brackish to even 50% salinity. Moreover, this species can form dormant eggs and is used as a model organism to different tests e.g. toxic of chemicals. Second tested organisms were rotifers *Bdelloidea*. Feature

which distinguishes the bdelloids is exclusive parthenogenesis. This group of animals exhibits a high resistance to adverse factors (e.g. temperature, UV radiation) and has ability to anhydrobiosis at any life stage. Current research have been conducted within “Pan Stanisław” educational project. *A. salina* dormant egg were weighed out and placed in dry form in the plastic eppendorf tube – 0.1 gram in each tube. *Bdelloids* come from laboratory cultures and were placed alive in the plastic eppendorf tube. Than all tubes were placed in the two capsules (one pair tube for day mission and one pair for night mission). Last one pair of tube have been held in the room temperature as a control. Samples were lifted to the stratosphere on 4th of October 2014 in two independent launches using stratospheric balloon: during the day at 12.00 and during night at 21.00 from the Aerogeodynamic Observatory in Borowiec. During day mission, capsule flew up to 30 648 m asl., where the temperature was -6 °C and pressure about 0 millibars*. During descent, average speed was 82.05 m/s with maximum speed 110 m/s (396 km/h) and lowest temperature - 22 °C between 6901m and 6455m asl. During night mission capsule flew up 33 600 m asl reaching there the lowest temperature -33 °C. After return of capsules on the Earth, dormant egg of *Artemia salina* were cultured during 60 hours in 20‰ salinity and stable temperature reaching 25 °C. While, *Bdelloidea* from each tubes have been observed under stereo microscope. Both tested organisms have been survived in control as well as in stratospheric experiment. These results are confirm the previously data about high resistance of this animals and consist first analyses of cosmic shock impact to the survival *A. salina* and *Bdelloidea*. The data obtained suggest that small microinvertebrates, even aquatic, have high ability to the different way of disperse.

Co-authors: Małgorzata Koliccka and Krzysztof Zawierucha from Department of Animal Taxonomy and Ecology, Faculty of Biology, Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland, Agata Kołodziejczyk and Edyta Fiałkowska from Institute of Environmental Sciences, Jagiellonian University, Kraków, Poland, Adam Nawrot from forScience Foundation, Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, Poland.

Poster Title 2: Survival of tardigrade *Milnesium tardigradum* (Doyère, 1840), after exposure to the “cosmic shock” in the stratosphere.

Abstract: Tardigrada, also known as water bears, are phylum of microscopic metazoans inhabiting almost all ecosystems throughout the World. While not being any tougher than the majority of animals when in an active (hydrated) form, tardigrades in a cryptobiotic (dehydrated) state are able to withstand extreme environmental conditions such as temperatures ranging from absolute zero to 150 °C or high doses of ionising and UV radiation. Water bears have been shown to be a promising animal model for studying astrobiology and space sciences. In this study we tested for survival rates of active (hydrated) specimens of *Milnesium tardigradum* Doyère, 1840 after they have been

exposed to stratosphere environment. Thirty animals were placed in a mixture of spring and distilled water in three plastic eppendorf test vials (ten specimens per vial). One vial was kept at room conditions on the ground (control) and the two remaining vials were attached to two balloons, one launched at daytime (12:00) and the other at night (20:00) on the 04.10.2014. Both balloons have reached stratosphere, thus tardigrades were subjected to changes in altitude from ca. 0 km to 30-33 km asl, temperatures ranging from -33 °C at the highest altitudes to +27 °C (day mission) and 3 °C (night mission) on ground (amplitudes of 60 °C and 36 °C, respectively), and speed reaching 110 m/s (82 m/s on average). After the return of capsules to Earth, tardigrades from all vials were observed under a stereomicroscope in order to assess their viability. More than a half of specimens in all vials survived, which is evidence that active (hydrated) tardigrades can survive a “cosmic shock”. The study presented here has been conducted within the “Pan Stanisław” educational project.

Co-authors: Krzysztof Zawierucha, Department of Animal Taxonomy and Ecology, Faculty of Biology, Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland, Daniel Stec, Department of Entomology, Institute of Zoology, Jagiellonian University, Kraków, Poland, Agata Kołodziejczyk, Institute of Environmental Sciences, Jagiellonian University, Kraków, Poland; Łukasz Michalczyk, Department of Entomology, Institute of Zoology, Jagiellonian University, Kraków, Poland, Maciej Jakimiec, Copernicus Project Foundation, Adam Nawrot 5forScience Foundation, Poland and Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland.

Michał Zieliński, Jagiellonian University, Poland, michal@zielinscy.org.pl

Grzegorz Gajoch, AGH University of Science and Technology, Poland, gajoch@gmail.com

Title: CanSats competition.

Abstract: Engineering contests provide excellent opportunity for students to broaden their skills and knowledge. We describe our participation in can-sized satellite building contest CanSat. CanSats competition is organized by European Space Agency and aimed at high-school students. In less than 6 months they develop and build their own devices. During contest finals ESA launches students' projects by rocket. We have built a planetary probe which mission was to determine if examined planet is habitable. Our project was awarded with first price.

EXHIBITION

Title: On The Way To Space

Exhibition prepared by Consulate General of the United States, Polish Aviation Museum, Copernicus Project, Maker Machine, Microsoft, Polish

Amateur Astronomers Society, Aero-life, Project Scorpio and WOBIT Company.



Delegacja ministerialna podczas zwiedzania wystawy.

PROFESSIONAL WORKSHOPS

Title: „Reach for Robotics” WObit

During the workshop participants learnt about a Cartesian Robot, which is based on linear module MLA production of WObit. Participants learnt how to program and practically use the controller MIC488. The main aim was to get the basic knowledge about robot programming and know how to build and program a Cartesian Robot. For many people this workshop was a chance to robotize their production processes or to robotize their scientific project with a low cost.



Title: „Scrum for effective project managing”.

During the workshop the fundamental principles of the SCRUM project management methodology were presented. Participants learnt and practiced various techniques of planning tasks and executing meetings, which lead to delivering products (not only software products) in time for their customers and help maintaining a positive atmosphere in the company.

SOME PHOTOS





80-ta rocznica urodzin Jurija Gagarina obwieszczona przez ISS

Krzysztof Piecuch

Astronomia Nova, sp9rqa@gmail.com

Jurij Gagarin (9.03.1934, 27.03.1968) przeszedł do historii, jako pierwszy człowiek, który był w kosmosie. Urzeczywistnił odwieczne marzenia ludzkości o lotach w stronę gwiazd. 12 kwietnia 1961 roku odbył w statku kosmicznym Wostok lot po orbicie satelitarnej Ziemi, dokonując jednokrotnego (niepełnego) jej okrążenia w ciągu 1 godziny 48 minut.

W dniach 18 i 20 grudnia 2014 Międzynarodowa Stacja Kosmiczna ISS przeprowadziła nadawanie testowych obrazów w systemie SSTV (televizja z powolnym analizowaniem). Okazją do tego była 80 rocznica urodzin pierwszego kosmonauty. Odbiór takiego pojedynczego obrazka trwa kilkadziesiąt sekund. Nadawanie przeprowadzono na częstotliwości 145.800[MHz] modulacją FM. Częstotliwość ta znajduje się w paśmie amatorskim, więc możliwy był odbiór przez wszystkich krótkofalowców posiadających odpowiedni odbiornik i antenę na to pasmo. Utrudnieniem dla odbiorców było to, że stacja ISS za każdym razem przelatywała pod innym kątem i zjawisko Dopplera dla fal radiowych trzeba było na bieżąco korygować.



Dla przykładu zaprezentowano tu dwa obrazy odebrane z ISS. Jak trudno bywa korygować efekt Dopplera, o ile się tego nie robi automatycznie za pomocą komputera, przedstawia obrazek poniżej. Zielone paski, biegnące środkiem, są właśnie efektem lekkiego odstrojenia odbiornika od właściwej częstotliwości, która wraz z przebiegiem ISS zmieniała się od ok. 145.803 do ok. 145.797 MHz. Korekcję na efekt Dopplera przeprowadzano ręcznie, co nie zawsze udawało się zrobić optymalnie. Odbiór przeprowadzono za pomocą dookólnej anteny Diamond X-50 oraz transceivera Yaesu FT-736.



Autor, prezentując wyniki własnych wprawek w nawiązywaniu kosmicznych kontaktów, pragnie zachęcić innych do podobnych zabaw. Nasłuch radiowy najrozmaitszych sond kosmicznych jest dziś możliwy nawet dla radioamatorów.

Część trzecia

(artykuły popularnonaukowe)



C/2014 E2 Jacques 2014-08-03 Paweł Górka

Fotografia nieba nadesłana na III Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii. (fot. P. Górka)

Projekt kosmiczny SSK

Adam Grzesiczak

Astronomia Nova, adam.g@outlook.com

Księżyc to jedna z naszych przyszłości, dalekiej czy też nie, jedno jest pewne, że kiedyś ludzie tam zamieszkają na stałe. Powodów do tego jest tak wiele jak powodów do odkrycia Ameryki przez Kolumba, a nawet więcej, chociaż tym razem nie szukamy krótszej drogi do Indii, lecz drogi na Marsa, i ku innym światom w Układzie Słonecznym i poza nim.

Droga na Księżyc łatwa nie jest, ale możliwa. Warto wspomnieć, że człowiek chodził po Księżycu 45 lat temu, a w momencie ogłaszania planów jego odwiedzin w 1961 roku, Ameryka nie miała nawet rakiet zdolnych do wyniesienia bezpiecznie ludzi na orbitę okołozemską!

Żyjemy w czasach gdzie praktycznie każdy może wysłać swojego satelitę w kosmos, mamy niesamowite możliwości, które daje nam współczesna technologia. Na konferencji Meet the Space II (Kraków, 27–28 listopada 2014) Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN) ogłosiło oficjalnie swój projekt kosmiczny o nazwie SSK (Spełnienie Snu Keplera), który przewiduje wysłanie lądownika na Księżyc. Ideą misji SSK jest spełnienie snu Keplera, który Johannes Kepler opisał cztery wieki temu w swojej książce *Somnium* (Polski przekład: Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2004). Pomysł misji pochodzi od dr. Bogdana Wszółka, założyciela i prezesa AN, wielkiego miłośnika Keplera. Wszółek sugeruje, aby posłać, najlepiej w rejon krateru Keplera, kamerę fotograficzną, zdolną fotografować Ziemię i przekazywać na bieżąco, drogą radiową, fotografie do naziemnego centrum kontroli misji. Zdjęcia Ziemi byłyby udostępnione darmo wszystkim zainteresowanym na świecie, np. w formie wygaszacza ekranów komputerowych. Podczas prac definiujących misję SSK, dr Piotr Koperski zasugerował rozszerzenie projektu o elementy naukowe, w szczególności obejmujące badanie pyłowej atmosfery Księżyca. Do tego także chcemy zademonstrować precyzyjne lądowanie oraz przetestować różne technologie. Wszystko to, aby pomóc ludzkości oraz przyszłym misjom w podróży na Księżyc i dalej.

Aby wykonać główne cele misji lądownik będzie miał zainstalowane odpowiednie czujniki oraz kamery, dzięki którym będzie mógł fotografować Ziemię, powierzchnię Księżyca oraz sam siebie. Urządzenia lądownika mają być zasilane przez baterie słoneczne. Zakłada się pracę ciągłą, tzn. w warunkach znaczącego promieniowania kosmicznego, przy wyładowaniach elektrycznych w atmosferze pyłowej Księżyca i w zakresie temperatur od -200 do $+200$ stopni Celsjusza. Trzeba zastosować bardzo dokładną regulację temperatury, ogrzewając lub usuwając ciepło z wrażliwych elementów. Dodatkowo nogi lądownika muszą wytrzymać lądowanie oraz utrzymać sam lądownik przez kilka lat.

Z wielu powodów, między innymi z racji opóźnienia sygnału, nie da się kontrolować lądownika w czasie rzeczywistym i dlatego będzie on musiał wylądować automatycznie. Lądowanie odbędzie się za pomocą laserów oraz analizy obrazów z kamery lądowania, gdzie komputer musi zdecydować czy miejsce jest wystarczająco bezpieczne. Jeśli nie, to musi znaleźć nowe, z uwzględnieniem ilości dostępnego paliwa.

Dla szybszej realizacji projektu SSK, AN ciągle poszukuje osoby z odpowiednimi kompetencjami – chętne do dzielenia pasji i bezinteresownego włączenia się w prace.



Krater Keplera (średnica około 30 km, głębokość 2.5 km) i jego okolice.
(*NASA Lunar Orbiter III, 1967*)

Rewitalizacja EC-1 a popularyzacja astronomii

Tomasz Kisiel

EC1 Łódź – Miasto Kultury, Łódź, ul. Targowa 1/3

Abstrakt

Od kilku lat Łódź ulega transformacji. Dawne zabudowania fabryczne przekształcane są na mieszkania (lofty), centra handlowe (Manufaktura), czy punkty usługowe (Off Piotrkowska). Tuż przy przebudowywanym właśnie dworcu kolejowym Łódź Fabryczna trwa proces rewitalizacji dawnej Elektrowni Łódzkiej, w latach 50-tych XX wieku przemianowanej na EC-1. W dawnych budynkach elektrowni znajdzie się Centrum Sztuki Filmowej oraz Centrum Nauki i Techniki. W każdym z nich powstanie planetarium, jedno o średnicy 14 m, drugie 10 m. Działalność każdego z nich dostosowana będzie do specyfiki otoczenia zarówno pod kątem technologicznym, organizacyjnym, jak i tematycznym.

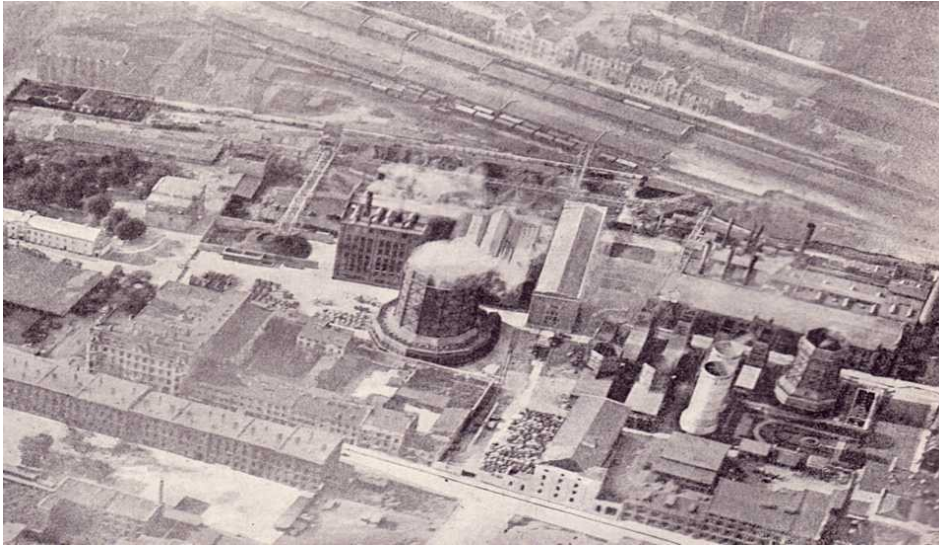
Wstęp

Wraz z rozwojem nowoczesnych technologii popularyzacja nauk ścisłych, w tym fizyki i astronomii, przyjmuje nowe formy. Pojawiają się interaktywne wystawy wykorzystujące multimedialne elementy tak, by przyciągnąć uwagę dzieci, młodzieży i dorosłych. W roku 2010 otwarte zostało Centrum Nauki Kopernik w Warszawie, a do dnia dzisiejszego również inne, takie jak Centrum Nauki Experiment w Gdyni czy Centrum Nowoczesności Młyn Wiedzy w Toruniu. Kolejne miasta planują otwarcie podobnych instytucji, co często wpisuje się w różnego rodzaju programy zmian funkcjonalności dawnych terenów przemysłowych. Również w Łodzi trwają końcowe prace nad przekształceniem dawnej Elektrowni Łódzkiej (później Elektrociepłowni nr 1 – EC1) w nowoczesne multimedialne centrum popularyzacji nauki i sztuki. Projekt pod nazwą „Rewitalizacja EC-1 i jej adaptacja na cele kulturalno-artystyczne” jest jednym z wielu projektów służących zamianie opuszczonych terenów fabrycznych zlokalizowanych w obrębie centrum miasta w obiekty przydatne w nowej sytuacji społeczno-ekonomicznej. Innymi bardzo znanymi projektami w Łodzi o podobnym charakterze były przebudowa dawnych zakładów tkackich w centrum handlowo-usługowe „Manufaktura” czy adaptacja budynków fabrycznych na tzw. „lofty” w dzielnicy Księży Młyn.

Rewitalizacja EC-1

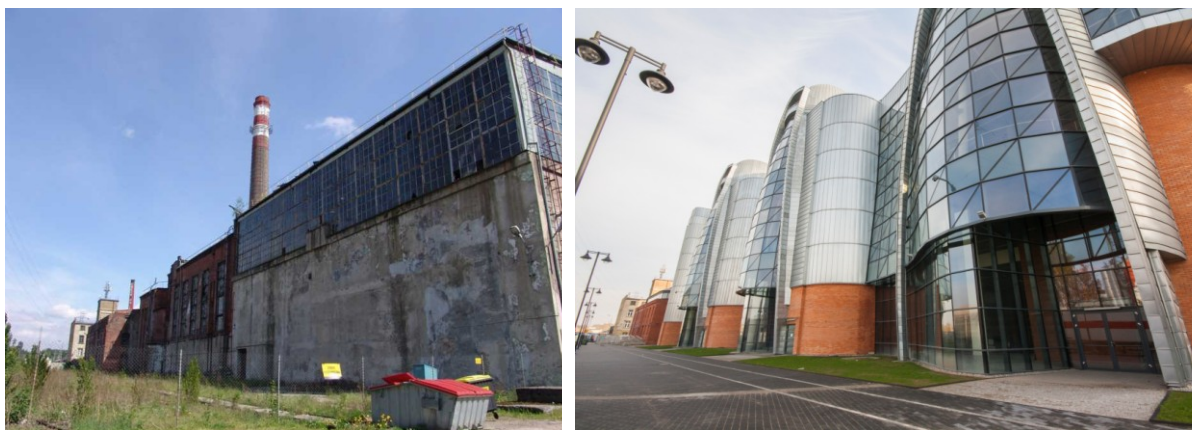
W roku 1907 ukończona i oddana do użytku została Elektrownia Łódzka, która była jedną z pierwszych elektrowni na obecnych terenach Polski. Szybki rozwój technologii i powszechna elektryfikacja spowodowały, że stopniowo

rozbudowywano elektrownię o kolejne urządzenia. W roku 1929 wykupiono tereny sąsiednich zakładów fabrycznych i w przeciągu jednego roku wybudowano całkowicie nowy kompleks budynków nowej centrali. 23 grudnia 1929 roku nastąpiło uroczyste uświetnienie wykończenia jednego z palenisk. Już w połowie 1930 roku nowa centrala dostarczała energię elektryczną.



Fot. 1. EC-1 z lotu ptaka w roku 1932.

W 1956 roku, wraz z uruchomieniem elektrociepłowni nr 2, Elektrownię Łódzką przemianowano na EC1. W kolejnych latach prowadzono modernizację elektrowni co pozwoliło na jej eksploatację aż do zamknięcia w roku 2000. Przez kilka lat teren popadał w ruinę, aż w roku 2008 Rada Miejska w Łodzi podjęła decyzję o przekształceniu dawnych zakładów elektrociepłowni w nowoczesne centrum kulturalno-artystyczne.



Fot. 2. EC-1 Wschód przed rozpoczęciem (2010) i po zakończeniu rewitalizacji (2012).

Centrum Nauki i Techniki oraz Centrum Sztuki Filmowej

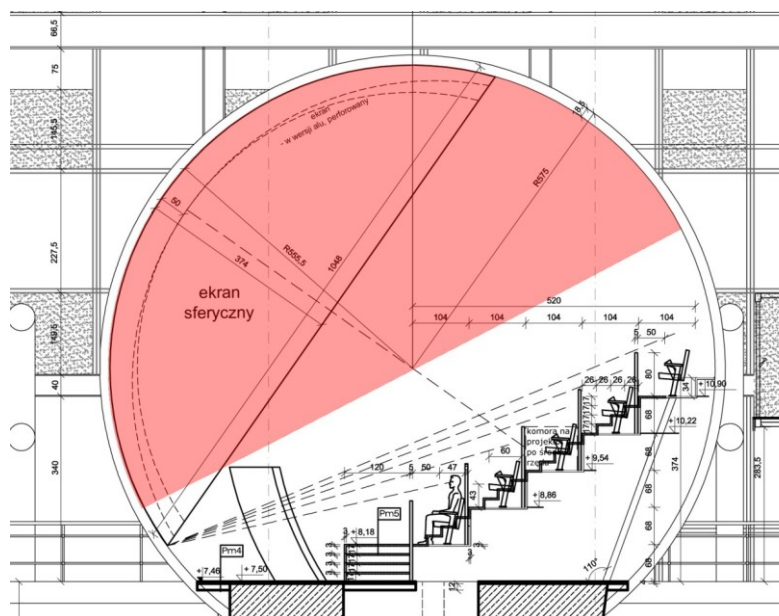
Teren EC-1 podzielony jest na trzy główne kompleksy budynków: EC-1 Południowy Wschód zajmowany obecnie przez wytwórnię filmową

Se-Ma-For (teren nie jest objęty projektem rewitalizacji), EC-1 Wschód przeznaczoną na Centrum Sztuki Filmowej oraz EC-1 Zachód, w którym znajdować będzie się Centrum Nauki i Techniki.

Centrum Sztuki Filmowej powstaje w najstarszej części kompleksu, którego część została całkowicie przebudowana. Mieścić w nim będą się studia postprodukcji audio i wideo, Teatr Dźwięku (jedno z największych studiów nagrań w Polsce), a także planetarium o średnicy 14 metrów, które wyposażone będzie w najnowocześniejszy sprzęt projekcyjny w technice cyfrowej o rozdzielczości tzw. 8K.

Centrum Nauki i Techniki zajmować będzie zachodnią część kompleksu rozbudowanego w trakcie realizacji projektu o nowe budynki. Wyposażone w najnowocześniejsze urządzenia multimedialne, będzie ono wykorzystywało część zachowanych urządzeń elektrowni do prezentowania zagadnień związanych z produkcją i dystrybucją energii elektrycznej w ramach jednej z trzech ścieżek zwiedzania „Przetwarzanie Energii”. Pozostałe dwie ścieżki „Rozwój wiedzy i cywilizacji” oraz „Mikroświat i Makroświat” w sposób interaktywny będą prezentowały zjawiska z zakresu nauk przyrodniczych, fizyki, chemii, astronomii, oraz umożliwiały użycie większości stanowisk w celach dydaktycznych. Stanowiska będą opomiarowane, co umożliwi nauczycielom wykorzystanie ich do omawiania konkretnych zjawisk zawartych w programie nauczania.

W ramach ścieżki „Mikroświat i Makroświat” działać będzie też Sferyczne Kino 3D, działające w oparciu o technologię planetarnego systemu projekcyjnego o rozdzielczości 4K Active Stereo. Średnica ekranu wynosić będzie 10 metrów.



Fot. 3. Sferyczne Kino 3D w dawnej Hali Maszyn EC-1 Zachód.



Fot. 4. Planetarium w EC-Wschód.

Podsumowanie

W chwili obecnej trwa proces formowania się zespołów zarówno Centrum Nauki i Techniki jak i Planetarium. Planowany termin otwarcia to druga połowa roku 2015. Dzięki swojemu położeniu w obrębie centrum miasta, a także na mapie Polski, już niedługo może to być bardzo ciekawa propozycja nie tylko dla miłośników nauk przyrodniczych, ale i dla wszystkich osób, chcących spędzić czas w sposób ciekawy i niezwykły.

RFT-5.4 w rzepiennickim obserwatorium

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

W roku 2014 pozyskano dla obserwatorium astronomicznego w Rzepienniku Biskupim resztki byłej stacji satelitarnej RFT (ang. radio frequency terminal) w Komorowie [1]. Nowoczesna stacja amerykańskiej firmy *ViaSat*, zainstalowana w Komorowie na szczycie wieży o wysokości 21 metrów, została oddana do użytku w 2004 roku. Nadawczo odbiorcza paraboloidalna antena, o średnicy czaszy 5.4 metra, była przystosowana do współpracy m.in. z amerykańskim satelitą *IKONOS-2*. Antena, współpracująca z satelitą, pozwalała otrzymać obrazy powierzchni Ziemi z niewyobrażalnie dużą rozdzielczością. Centrum miało służyć wojskowym i cywilnym zadaniom kartograficznym, a w razie potrzeby rozpoznawaniu i szczegółowemu określaniu rodzaju i ruchu wojsk. Umieszczenie stacji blisko wschodniej granicy Polski dobrze służyło celom strategicznym NATO oraz stanowiło ważny element obronności kraju.

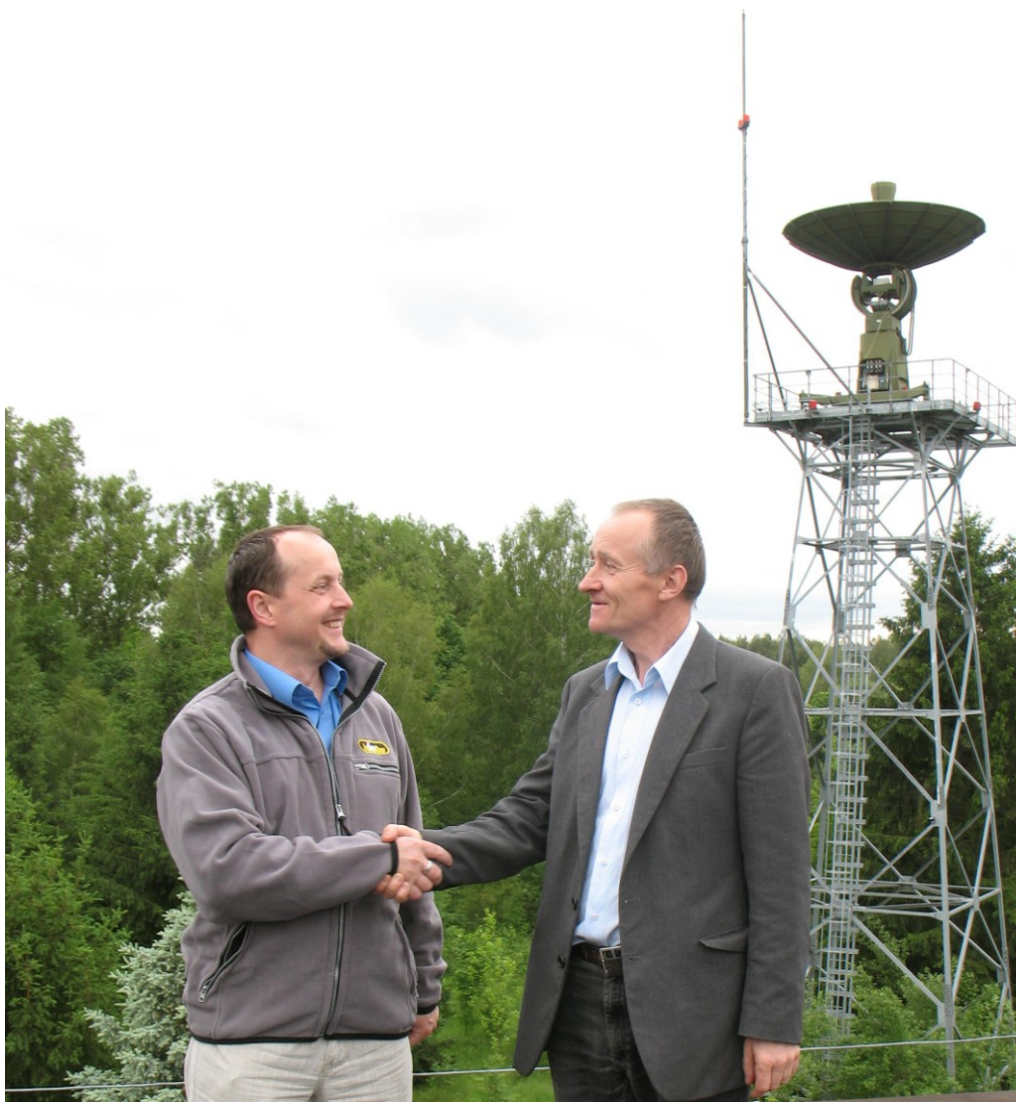


Zardzewiały szyld byłej stacji satelitarnej w Komorowie oraz szczyt wieży z radioteleskopem (po prawej).

Satelitarne Centrum Operacji Regionalnych (SCOR) w Komorowie powstało w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, zainicjowanego przez spółkę giełdową *Techmex SA* i państwową Agencję Mienia Wojskowego. SCOR było jedynym w Europie Środkowo-Wschodniej ośrodkiem zarządzania satelitami. Jego powstanie wymagało wielu uzgodnień, m.in. z rządem USA. Z niejasnych przyczyn polityczno-ekonomicznych w marcu 2010 SCOR upadło. Przez kilka lat pozostawienia obiektu bez odpowiedniego nadzoru złodzieje dokonali prawie całkowitej dewastacji ośrodka. W 2014

roku cały teren byłego centrum, wraz ze zrujnowanymi obiektami, zakupił pan Paweł Radomski, po czym wieżę i zdezelowaną antenę odsprzedał autorowi. Po demontażu antena została przetransportowana i złożona na terenie obserwatorium astronomicznego w Rzepienniku Biskupim, gdzie ma być rewitalizowana siłami specjalistów zrzeszonych w Astronomii Novej (www.astronomianova.org).

Demontaż anteny i podtrzymującej jej masywnej wieży okazał się wyjątkowo trudnym i niebezpiecznym przedsięwzięciem. Pracownicy wykonywali zadania w ścisłym reżimie wysokościowym, a dźwig pracował na granicy swojej wytrzymałości. Olbrzymie śruby mocujące elementy wieży okazały się nadzwyczaj odporne na próby odkręcenia. Właściwy demontaż odbył się w dniach 16-18 czerwca 2014, a w dniu 27 czerwca dokończono rozkręcanie segmentów wieży i przygotowano wszystko do transportu. Przed południem dnia następnego transport szczęśliwie dotarł do Rzepiennika Biskupiego.



Paweł Radomski (z lewej) i autor przypieczętują warunki sprzedaży widocznego w tle obiektu.



Skomplikowane operacje demontażu (z kluczem w rękę Kamil Wszolek).

RFT-5.4 jest instrumentem mobilnym, przystosowanym do transportu samolotem lub za ciągnikiem. W dwie osoby w ciągu trzech godzin można całość przygotować do transportu albo ponownie przygotować do pracy. Firma *ViaSat* (dawniejsza *Scientific Atlanta*) wyprodukowała urządzenie na potrzeby armii USA. Precyzyjnie wykonana paraboloidalna czasza anteny (lustro pierwotne) składa się z 16 lekkich aluminiowych paneli przystosowanych do szybkiego montażu. Lustro wtórne układu cassegraina jest specjalnie obudowane i daje się szybko i precyzyjnie montować we właściwym miejscu. Instrument odbierał sygnały radiowe w paśmie 8.025 – 8.5 GHz, a nadawał na częstotliwościach 2.042 i 2.052 GHz. Satelita IKONOS-2, z którym kontaktowała się stacja, obiega Ziemię po orbicie kołowej w 98 minut na wysokości 680 km. Cały hardware i software stacji odpowiadał współczesnym standardom NATO. Wyposażone w odpowiednie falowniki silniki elektryczne są w stanie zmieniać położenie anteny z prędkością do 5 stopni na sekundę (w każdej osi) i umożliwiają bardzo szybkie skierowanie anteny na dowolny punkt na niebie ponad horyzontem.



W drodze do rzepiennickiego obserwatorium.

Wiele informacji dotyczących RFT-5.4 zostało odtajnionych i jest możliwych do pozyskania na amerykańskich stronach internetowych. Zachowała się też obszerna dokumentacja stacji w Komorowie. Otwarł się w rzepiennickim obserwatorium wspaniały „poligon” dla elektroników, informatyków i innych specjalistów, którzy zechcą zmierzyć się z najwyższą światową myślą naukową i pomóc zrewitalizować cenny instrument, który mógł iść na złom.

RFT-5.4 w rzepiennickim obserwatorium posłuży najprawdopodobniej dwóm zasadniczym celom. Po pierwsze, jako radioteleskop do obserwacji Słońca i innych naturalnych radioźródeł. Po wtóre, jako antena odbiorcza i nadawcza dla potrzeb łączności z sondami kosmicznymi. W szczególności planuje się użycie anteny dla obsługi telekomunikacyjnej planowanej misji instrumentalnej na Księżyc. Taką misję opracowuje od pewnego czasu Astronomia Nova, która w instrumentach pozyskanych wcześniej z Psar [2] i teraz z Komorowa upatruje, obok innych funkcji, naziemne zabezpieczenie łącznościowe dla planowanych lotów kosmicznych.



Pierwsze prace montażowe – z autorem w akcji Piotr Firlej (z lewej) i Artur Kuźmicz.

Zachęca się kompetentne osoby, nie tylko członków Astronomii Novej, do włączenia się w proces przystosowania uratowanego instrumentarium do ambitnych zadań z zakresu astronomii, astronautyki i telekomunikacji kosmicznej. Znosi się na świetną przygodę!



Montaż czaszy. W akcji autor wraz z synem Kamilem.



Zamocowanych 12 paneli czaszy.

Autor wyraża wdzięczność wszystkim osobom, które w jakikolwiek sposób pomogły mu uratować resztki stacji satelitarnej w Komorowie. W szczególności: Michałowi Grzesiczakowi za przekazanie informacji o antenie w Komorowie. Danielowi Maciejewskiemu za podwózkę z Częstochowy do Komorowa dla przeprowadzenia wizji lokalnej. Pawłowi Radomskiemu za sprzedaż instrumentarium, życzliwą gościnę podczas prac rozbiórkowych oraz różnorodną pomoc logistyczną. Kamilowi Żurawskiemu za doradztwo i pracę przy demontażu. Kamilowi Wszółkowi za rozległe zaangażowanie w proces demontażu anteny i wieży. Za pomoc w montażu szczegól-

ne podziękowanie należy się Kamilowi Wszółkowi, Agacie Kołodziejczyk, Arturowi Kuźmichowi i Piotrowi Firlejowi.



RFT-5.4 na swoim nowym stanowisku w Rzepienniku Biskupim.

(Wszystkie zamieszczone w artykule fotografie pochodzą z archiwum autora)

Referencje

- [1] Wszółek B., 2014, Prace Naukowe AJD, Fizyka t. IX, , Wydawnictwo AJD w Częstochowie, str. 189 (w wersji elektronicznej książka jest dostępna na stronie www.if.ajd.czest.pl)
- [2] Wszółek B., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, Wydawnictwo AJD w Częstochowie, str. 121 (w wersji elektronicznej książka jest dostępna na stronie www.astronomianova.org)

Odlotowo w Rzepienniku Biskupim

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki AJD w Częstochowie
²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl



Dr Agata Kołodziejczyk „odpala” I Sympozjum Rakietowe. (*archiwa AN*)

W dniach 2-3 sierpnia 2014 w rzepiennickim obserwatorium astronomicznym odbyło się pierwsze letnie Sympozjum Rakietowe, zorganizowane przez Polskie Towarzystwo Rakietowe (PTR) i Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN). Ze strony PTR przybyli specjaliści od paliw i silników rakietowych. AN reprezentowały osoby zaangażowane w opracowanie instrumentalnej misji księżycowej. Agata Kołodziejczyk, koordynator AN d/s konferencji naukowych, „odpaliła” sympozjum. Po tym wygłoszono trzy proszone wykłady specjalistyczne:

- Bogdan Wszolek – „Instalacja RFT-5.4 w Rzepienniku Biskupim” ,
- Antoni Frodyma – „Podstawy fizyczne działania propelantów i ich zastosowania odstrzałowe” ,
- Adam Matusiewicz – „Działalność PTR w zakresie budowy silników rakietowych” .

W gronie kilkunastu specjalistów szeroko dyskutowano szczegóły przedstawione podczas wykładów oraz budowano płaszczyznę współpracy pomiędzy AN i PTR. Prezesi obu organizacji przybliżyli sobie swoje pasje i wizje dalszego rozwoju. Na dobry początek współpracy zespół: Agata Kołodziejczyk, Adam Matusiewicz, Kacper Zieliński i Andrzej Chwastek za-

projektował i wykonał kapsuły do wyniesienia przez balon stratosferyczny dla wstępnego przetestowania planowanego w dalszej przyszłości eksperymentu astrobiologicznego z pokładu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS).



Od lewej: Bogdan Wszolek, Antoni Frodyma i Adam Matusiewicz w trakcie swoich wykładów. (archiwa AN)



Zasłuchani w treści wykładów. (archiwa AN)



Agata Kołodziejczyk z kapsułami do eksperymentu stratosferycznego. (archiwa AN)

O zachodzie Słońca uczestnicy sympozjum wyszli w plener, gdzie ciężar dyskusji przeniósł się na anteny satelitarne i ich możliwość wykorzystania dla potrzeb telekomunikacji kosmicznej. Pod wspaniałym rozgwieżdżonym niebem, z wyraźnie widoczną Drogą Mleczną, urządzono ognisko. Przy żywej muzyce (akordeony, trąbka i gitary) i obficie zastawionym prowizorycznym „stole szwedzkim” śpiewano, posilano się, kontemplowano niebo i dyskutowano na różne tematy aż do świtu. Przy pomocy małej anteny krótkofalarskiej, podczas przelotów ISS, podsłuchiwano jej załogę.



Uczestnicy sympozjum przy rzepiennickich radioteleskopach. (archiwa AN)



Od lewej: Kacper Zieliński, Bogdan Wszolek i Daniel Maciejewski podczas uruchamiania dronu wykonanego przez Kacpra Zielińskiego. Próba nie powiodła się w związku z przegrzaniem się elementów elektronicznych w wyjątkowo upalny dzień.
(archiwa AN)



W drodze na miejsce startowe rakiet. (archiwa AN)



Od lewej: Adam Matusiewicz ze swoją rakietą, start rakiety, Kacper Zieliński i Agata Kołodziejczyk przy rakiecie „Anihilacja” tuż przed startem. (archiwa AN)

W następny dzień przed południem przystąpiono do warsztatów rakietowych. Poprzedziła je nieudana próba uruchomienia dronu, wykonanego przez Kacpra Zielińskiego z PTR. W ramach warsztatów odpalono dwie rakietki amatorskie na paliwo stałe. Pierwsza, wykonana przez Adama Matusiewicza, wzniosła się na wysokość ponad 200 metrów i w częściach wylądowała na spadochronie tuż obok stanowiska startowego. Druga, autorstwa Kacpra Zielińskiego, poszybowała około trzy razy wyżej. Miała zamocowaną kamerkę, która filmowała otoczenie w czasie lotu. Wszystko wylądowało bezpiecznie na spadochronie w odległości 20 metrów od miejsca startowego. Rzepiennik Biskupi i jego najbliższe okolice doczekały się pierwszych fotografii z pokładu rakiety – dzień 3 sierpnia 2014 (niedziela) przejdzie do historii ze względu na to chlubne wydarzenie.



Jedna z klatek filmu wykonanego kamerką umieszczoną na rakiecie „Anihilacja”, wystrzelonej w Rzepienniku Biskupim 3 sierpnia 2014. W dolnej części pośrodku widnieje rzepiennickie obserwatorium astronomiczne. (Autor rakiety i filmu: Kacper Zieliński)



Inicjatorzy i obserwatorzy pierwszych lotów rakietowych w Rzepienniku Biskupim po szczęśliwym zakończeniu akcji. (archiwa AN)

Centrum Edukacji Astronomicznej i Astronautycznej w Cieszęcinie

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki, AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

Idea powołania Centrum Edukacji Astronomiczno Astronautycznej (CEAA) w gminie Wieruszów zrodziła się w 2010 roku. Jej autorem był Pan Kazimierz Błaszczak, miłośnik astronomii i astronautyki z Wieruszowa, niezłomny animator działań edukacyjnych w zakresie astronomii, adresowanych głównie do uczniów wieruszowskich szkół. Wezwany przez autora do ratowania anten radiowych z likwidowanego Centrum Usług Satelitarnych w Psarach [1], natychmiast zareagował pozytywnie, wyłożył prywatne środki i pozyskał dla Wieruszowa pierwszorzędny instrument, japońską antenę radiową, o średnicy czaszy 13 metrów (RT-13). Dzięki swojej nadzwyczajnej operatywności i skuteczności działań, pozyskał sojuszników dla budowy radioteleskopu w środowiskach astronomicznych i oświatowych oraz wsparcie ze strony władz samorządowych.



Od lewej: Kazimierz Błaszczak (pomysłodawca i organizator budowy radioteleskopu i CEAA), Bogdan Wszolek (astronom, prezes Astronomii Nowej, naczelny konstruktor RT-13) i Bogdan Nawrocki (Burmistrz Wieruszowa, który udostępnił teren w Cieszęcinie pod budowę RT-13 i udzielił finansowego wsparcia budowy w kwocie 60 000 zł. brutto na rok 2014).



Podczas oglądu proponowanej przez Burmistrza lokalizacji budowy RT-13 przy budynku szkolnym w Cieszęcinie. Od lewej: mgr Paweł Malik (dyrektor Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie), mgr inż. Janusz Mazurowski (jeden z projektantów budowy), płk. dr inż. Henryk Ogorzelski (specjalista w zakresie technologii raketowych), mgr inż. Kazimierz Błaszczak (założyciel i przewodniczący Koła Astronomii Novej w Wieruszowie, członek Mars Society, polski kandydat do misji Mars One).



Szyld na budynku szkolnym w Cieszęcinie.

Kiedy końcem roku 2010 rozebrany RT-13 znalazł się w gminie Wieruszów, z pomocą merytoryczną na okoliczność odbudowy, uruchomienia i późniejszego wykorzystania pospieszyło Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN), skupiające w swoich szeregach kilkudziesięciu polskich i zagranicz-

nych astronomów, na czele z jego prezesem, dr. Bogdanem Wszółkiem (www.astronomianova.org). Podczas wielokrotnych spotkań roboczych zrodziła się idea stworzenia przy radioteleskopie Centrum Edukacji Astronomiczno Astronautycznej. Po uruchomieniu RT-13 centrum stopniowo poszerzyłoby się o instrumenty optyczne (teleskopy), do obserwacji dziennego i nocnego nieba, oraz o planetarium. Pomysłodawcom organizacji CEAA przyświeca idea szerzenia w społeczeństwie wiedzy o niebie, jako środowisku, z którego człowiek wyrasta i które ma czynić sobie poddanym. Każdy, którego duch ciągnie ku postępowi, byłby tu mile widzianym gościem, uczniem, współpracownikiem.



Elementy radioteleskopu przez kilka lat były zmagazynowane na wolnym powietrzu w Wieruszowie, zanim trafiły na plac budowy.

RT-13 został wyprodukowany przez Japończyków w 1986 roku dla Centrum Usług Satelitarnych w Psarach koło Kielc. Pracował tam do 2010 roku, kiedy podjęto decyzję o likwidacji Centrum. Był wykorzystywany do cywilnej, a w razie potrzeby wojskowej, telekomunikacji kosmicznej. Jako zupełnie sprawny, choć pozbawiony wszystkiego, co było objęte tajemnicami, został fachowo oznakowany i rozebrany pod kierunkiem Bogdana Wszółka.

RT-13 może służyć równie dobrze do odbioru fal radiowych emitowanych przez sondy kosmiczne, jak i przez różnorakie ciała niebieskie. Może więc pracować zarówno na potrzeby telekomunikacji kosmicznej (jak to było w Psarach) jak i na potrzeby radioastronomii. Warto zauważyć również, że obrazy nieba otrzymywane przez wszelkie teleskopy kosmiczne są przesyłane na Ziemię drogą radiową, a to znaczy, że bez naziemnych radioteleskopów, takich jak RT-13, nie byłby możliwy rozwój współczesnej astronomii.

RT-13 w Cieszęcinie jest jedynym tego rodzaju instrumentem w województwie łódzkim. Bliźniaczy instrument w stosunku do niego został zbudowany

w województwie śląskim (Częstochowa) w 2012 roku. Za toruńskim RT-32 oba te instrumenty znajdują się na drugim miejscu w Polsce, co do ważności i potencjalnych możliwości. Dla pełnego zagospodarowania potencjału tego wiodącego naukowego instrumentu w regionie potrzebni są specjaliści z zakresu astronomii, elektroniki, informatyki i technik telekomunikacyjnych. Kazimierz Błaszczak i Bogdan Wszolek zapraszają do współpracy chętne i kompetentne osoby, które włączą się do pracy przy radioteleskopie, jako wolontariusze.

W październiku 2014 ostro ruszyły prace budowlane w Cieszęcinie. Wytyczono geodezyjnie teren pod budowę, przesadzono krzewy ozdobne kolidujące z budową, wbito symbolicznie łopaty i wykopano dół pod fundament. Następnie wykonano prace szalunkowe i zbrojeniowe. O listopadowej pełni Księżycy, zakończono wylewać fundament – ok. 70 m³ betonu.



Honorowo przy łopatach (od lewej): Bogdan Nawrocki (burmistrz Wieruszowa), Stanisław Mieszala (aktywny budowniczy), Kazimierz Błaszczak (organizator budowy), Agata Barańska (dyrektor SP nr 1 im. Janusza Korczaka w Wieruszowie i Cieszęcinie).



Wykop pod fundament dla RT-13 w Cieszęcinie.



Pomiary geodezyjne.



Bogdan Wszolek i Kazimierz na placu budowy w Cieszęcinie ustalają ostatnie szczegóły, dotyczące wykonania fundamentu (4 listopad 2014).



Fundament przed zasypaniem ziemią. Na jego dnie umieszczono w szczelnie zamkniętym słoju „kapsułę czasu” – z przesłaniem do ludzi, którzy za kilka wieków być może ją znajdą.



Budowa RT-13 w Cieszęcinie oraz towarzyszące jej ważniejsze wydarzenia są przedmiotem skrupulatnej kroniki filmowej w wykonaniu Agnieszki Elbanowskiej z Warszawy i jej ekipy. Na zdjęciu (od lewej): Paweł Chorzepa, Agnieszka Elbanowska i Marek Kita.

TABLICA INFORMACYJNA

BUDOWA RADIOTELESKOPU ASTRONOMICZNEGO

PRZY SZKOLE PODSTAWOWEJ W CIESZĘCINIE TEL. _____

POZWOLENIE NA BUDOWĘ NR 211/2014 Z DNIA 7.01.2014

NADZÓR BUDOWLANY PINB W WIERUSZOWIE

INWESTOR GMINA WIERUSZÓW

WYKONAWCA PRZEDSIĘBIORSTWO KOMUNALNE W WIERUSZOWIE S.A.

KIER. BUDOWY inż. KAZIMIERZ WAWRZYNIAK

INSPEKTOR NADZORU inż. ALEKSANDRA WALASZEK

PROJEKTANCI BIURO PROJEKTOWE BUDOWNICTWA "PROTECH"

POGOT.: RATUNKOWE 999 GAZOWE 992 ENERGET. 991

POLICJA 997 STRAŻ POŻARNA 998 INSP. PRACY _____

KAPSUŁA CZASU

Przesłanie od budowniczych radioteleskopu w Cieszęcinie do ludzi za kilkaset lat!

My – uczniowie szkół wieruszowskich i wszyscy obywatele Wieruszowa, którzy przyczynili się do budowy tego wspaniałego radioteleskopu przekazujemy przesłanie dla ludzkości: życie w pokoju i przyczyniajcie się do rozwoju gospodarczego, postępu techniki i podboju kosmosu. Mamy nadzieję, że świat za 1000 lat będzie wyglądał wspaniale a ludzie będą zdrowi i szczęśliwi. W dużym stopniu będą mogli pozytywnie wpływać na przyrodę i otaczający świat.

Cieszęcin, gmina Wieruszów, dn. 04.11.2014 r.

Bogdan Wszolek
Główny konstruktor RT-13
Prezes Astronomii Nowej

Burmistrz Niemiszona
Bogdan Nawrocki

Kazimierz Blawiecki
Pomysłodawca i Organizator
Budowy Radioteleskopu RT-13
w Wieruszowie - Cieszęcinie

Mioban Luban
Niestworza Niestworze!

Treść przesłania umieszczonego w „kapsule czasu”.



„Kapsuła czasu” przygotowana do umieszczenia w najgłębszym miejscu wykopu fundamentowego. Po uroczystym zebraniu w miejscowej remizie kapsułę zaniesiono na plac budowy, gdzie Kazimierz Błaszczak i Bogdan Wszolek, w asyście kilkudziesięciu osób, opuścili kapsułę przy świetle Księżyca.

W czwartek 20 listopada przystąpiono do montażu czaszy RT-13. Ta trudna technicznie i organizacyjnie praca została wykonana przez Bogdana i Kamila Wszółków (którzy wcześniej zbudowali identyczny radioteleskop w Częstochowie i dwa podobne w Rzepienniku Biskupim) oraz przez miejscowych pomocników, którzy wcześniej wykazali się odpowiednią kulturą i sprawnością na placu budowy.



Bogdan
Wszółek



Stanisław
Mieszala



Kazimierz
Błaszczak



Zygmunt
Wierzbicki



Kamil
Wszółek

Osoby najbardziej zaangażowane w budowę RT-13 w Cieszęcinie.

W pierwszej fazie, po przetransportowaniu elementów radioteleskopu na plac budowy, należało sporządzić rejestr brakujących części (przeważnie śrub), elementów uszkodzonych podczas rozbiórki i transportów, oraz elementów domagających się zabezpieczeń antykorozyjnych przed przystąpieniem do montażu. Jedne rzeczy dawało się naprawić we własnym zakresie, inne trzeba było powierzyć wyspecjalizowanym zakładom. Kiedy z kolei firmy sobie nie radziły z naprawami, trzeba było to przemyśleć i zrobić samemu. Dla przykładu, firma blacharki samochodowej podjęła się naprawy uszkodzonego panelu. Po naprawie okazał się być gorszym niż na początku. Trzeba było powierzyć rzecz jeszcze innej firmie. W przypadku zwierciadła wtórnego, uszkodzonego na obwodzie, firma odmówiła naprawy. Przyszło rzecz wziąć na siebie i chałupniczo odbudować brakującą część. Okazuje się, że w zderzeniu z nowoczesną technologią kosmiczną polskie firmy, nawet powszechnie uznawane za najlepsze, są nieudolne. Wychodzi na to, że czasem prosty chłop jest bliżej kosmosu niż uniwersytety i nowoczesne firmy.

Przystępując do montażu czaszy nie było wiadomo, czy da się ona w ogóle złożyć. Suma wszelkich możliwych do pomyślenia odkształceń podczas wielokrotnych załadunków, transportów, rozładunków i składowań (niestety często przeprowadzanych bez należytej kultury) mogła okazać się zbyt duża by można było zmontować czaszę w kształcie pierwotnym. Maksymalne luzy na śrubach były poniżej jednego milimetra. Ponad 2000 śrub musiało trafić bezbłędnie w przewidziane dla siebie otwory na czaszy o średnicy 13 metrów. Po dokładnym umyciu wszystkich elementów składowych czaszy i po uporządkowaniu ich na placu, według oznaczeń poczynionych przez Bogdana Wszółka podczas rozbiórki w Psarach (na szczęście nie wyblakły po czterech latach), można było przystąpić do montażu.



Zabezpieczenia antykorozyjne. W akcji Stanisław Mieszala i Kamil Wszolek.



Kamil Wszolek i Kazimierz Błaszczak planują szczegółowo zakup brakujących drobnych elementów potrzebnych do montażu.

W pierwszej kolejności mocowano żebra nośne. Ciężkie elementy stalowe, mocowane na 8 śrub do centralnego bębna. Po przykręceniu wszystkich 24 żeber trzeba je było poprzecznie połączyć w monolit przy pomocy około dwustu poprzeczek stalowych. Na szczęście każda była opisana i trafiała w swoje

miejsce. Z nadzieją na ostateczny sukces odnotowano, że czasza na tym etapie montażu dała się bez problemu domknąć! Asekuracyjnie, wszystkie śruby dokręcano w trzech podejściach: najpierw dokręcono lekko, po domknięciu konstrukcji nośnej i odpowiednim wstrząśnięciu całością dla lepszego dopasowania się i zminimalizowania lokalnych naprężeń dokręcono mocniej, i ostatecznie dokręcono śruby i ich kontry na fest, po ułożeniu paneli.



Początek montażu czaszy.

Od lewej: Bogdan Wszolek, Dariusz Patkowski, Kamil Wszolek i Stanisław Mieszala.

Montaż konstrukcji nośnej czaszy odbywał się w bardzo chłodne dni. Towarzyszący pracy stres i wysiłek zostały przyjemnie złagodzone spontaniczną życzliwością dwóch osób, które niespodzianie przyszły na budowę z wiktuałami. Henryk Ogorzelski osobiście upiekł wspaniałą pieczeń i gorącą, pokrojoną w grube plastry, przywiózł i rozdał złaknionym ciepła i jedzenia robotników. Innego dnia, Ewa Jakubowska (miejscowa pszczelarka), przyniosła gorącą herbatę w termosie i dużo smakołyków, w tym z pasieki rodem.



Ewa Jakubowska i Henryk Ogorzelski, z sympatii do przedsięwzięcia, dokarmiają głównego konstruktora RT-13 w Cieszęcinie.



Przedшкоlaki z Cieszęcina - najmłodsi sojusznicy budowy RT-13.



Plac budowy przed montażem paneli. Leżą one umyte i suche w oczekiwaniu powrotu na czaszę.



Teresa Werner w Towarzystwie Kazimierza Błaszczaka i Bogdana Wszółka.

Niedziela 23 listopada, rozdzielająca pierwsze trzy dni budowy od dalszych dwóch, została uświetniona koncertem Teresy Werner w wieruszowskim Domu Kultury. Artystka, sympatyzując z budową radioteleskopu, napisała i zaśpiewała piosenkę „Gwiazdo moja”, dedykując ją budowniczym RT-13. Stwierdziła, że przed koncertem w Wieruszowie przez kilkanaście godzin uczyła się podstaw astronomii. Otrzymała bukiet róż od Wieruszowskiego Koła Astronomii Novej.

Ostatnim, i najbardziej stresującym, etapem montażu czaszy było mocowanie 36 aluminiowych paneli. Każdy panel, kręcony kilkoma nierdzewnymi śrubami do konstrukcji nośnej, powinien się wpasować idealnie na swoje miejsce. W innym razie albo będzie niemożliwością zamontować panel bez ingerencji w konstrukcję nośną, albo odkształci się go od właściwej geometrii poprzez siłowe próby naciągnięcia otworów panelu na otwory konstrukcji nośnej. Wspomniany 3-etapowy asekuracyjny sposób dokręcania śrub okazał się bardzo trafiony – wszystkie panele udało się wpasować w konstrukcję i między sobą!



Wtorek, 25 listopada 2014. Finał montażu czaszy RT-13. Triumfalnie pozują do zdjęcia (od lewej): Wacław Żbikowski, Grzegorz Mieszala, Dariusz Patkowski, Bogdan Wszolek, Zygmunt Wierzbicki, Seweryn Janacz i Stanisław Mieszala.



Ojciec Krzysztof Wasiuk, proboszcz parafii Cieszęcin, z wizytą na budowie RT-13.

Piątek, 12 grudnia 2014,znaczony koniunkcją Księżyca z Jowiszem w gwiazdozbiornie Lwa, przejdzie do historii Cieszęcina, jako dzień, w którym stanął tam radioteleskop. Przez cały czwartek wykonywano jeszcze konieczne prace przygotowawcze do montażu. Odbyło się też spotkanie u świeżo zaprzysiężonego Burmistrza Wieruszowa. Burmistrz Rafał Przybył i jego zastępczyni Renata Świeściak z uwagą wysłuchali budowniczych radioteleskopu, Kazimierza Błaszczaka i Bogdana Wszółka, o celach i znaczeniu przedsięwzięcia realizowanego w Cieszęcinie. Oboje zadeklarowali pomoc na dalszych etapach budowy radioteleskopu oraz przy organizacji Centrum Edukacji Astronomiczno Astronautycznej w Cieszęcinie. Przychylność budowie została wyrażona również przez miejscowego Proboszcza, który w intencji szczęśliwego przebiegu prac montażowych radioteleskopu odprawił mszę.



Młodzież z Gimnazjum Jana Pawła II w Wieruszowie pod przewodnictwem dyrektora szkoły mgr. Pawła Malika z wizytą na placu budowy RT-13.



Kazimierz Błaszczak, Rafał Przybył, Renata Świeściak i Bogdan Wszółek.

W piątek o świcie na plac budowy przyjechał 80-tonowy dźwig. Około godziny ósmej rozpoczęto montaż. Zaangażowali się w niego przede wszystkim: Bogdan Wszolek (główny konstruktor i kierujący montażem), Stanisław Mieszala z synem Grzegorzem, a także Michał Kmiecik i Dominika Augustyniak – studenci I roku fizyki częstochowskiej AJD. Na początek, do leżącej jeszcze „nogi” radioteleskopu, przytwierdzono siłowniki. Następnie, ustawiono nogę na fundamencie i przytwierdzono ją szesnastoma nierdzewnymi śrubami do podłoża. Do umocowanej nogi przykręcono osiemnastoma śrubami czaszę. W dalszej kolejności przymocowano do czaszy trójnóg ze zwierciadłem wtórnym radioteleskopu. Po tej operacji dźwig mógł już odjechać. Stało się to przed godziną dwunastą. W dalszej fazie umocowano jeszcze trzy panele i zorientowano radioteleskop tak, żeby mógł swobodnie obserwować niebo na kierunkach południowych. Kierunki świata zostały ustalone w noc poprzedzającą montaż na podstawie obserwacji Gwiazdy Polarnej.



Skomplikowana operacja montażu czaszy RT-13 w Cieszynie.

Cała operacja montażu była na bieżąco fotografowana i filmowana. Poza działaniami amatorskimi był też kręcony w sposób profesjonalny film dokumentalny pod reżyserią Agnieszki Elbanowskiej.



Osoby bezpośrednio uczestniczące w montażu RT-13 w dniu 12 grudnia 2014.
Od lewej: Michał Kmiecik, Dominika Augustyniak, Grzegorz Mieszala,
Stanisław Mieszala i Bogdan Wszolek.



12.12.2014, godzina 14:00. RT-13, jako chluba województwa i kraju,
rozpoczyna swoje drugie życie w Cieszęcinie, w gminie Wieruszów.

Rola planetarium w nauczaniu astronomii

Bogdan Wszolek^{1,2}

¹Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

²Astronomia Nova, bogdan@ajd.czyst.pl

Od uświadomienia sobie przez pierwotnego człowieka istnienia bytów pozaziemskich, takich jak Słońce, Księżyc i gwiazdy, zrodziła się tęsknota za ich zrozumieniem i fizycznym zbliżeniem się do nich. Wobec oczywistych dzisiaj powodów, zrozumienie, a tym bardziej eksploracja tych odległych światów, to zadanie bardzo trudne. Pozostało więc Człowiekowi na początek ujmować sprawy widoczne na niebie przede wszystkim w sposób uczuciowy, emocjonalny. Pobudzona wyobraźnia wydawała owoce w postaci najróżniejszych baśni i mitów na temat Kosmosu i zamieszkujących go istot. Filozofia, zasadzająca się na pracy wolnych umysłów, wypracowała na przestrzeni tysiącleci naukowe metody poznawania Kosmosu. Astronomia dostarczała w przeszłości, a jeszcze silniej czyni to dzisiaj, podniety dla wielu rozważań filozoficznych i teologicznych. Leży ona u podstaw większości wierzeń religijnych i w miarę postępu pozwala coraz lepiej je porządkować i oczyszczać z fałszywych mitów. Astronomia stymuluje też rozwój innych nauk przyrodniczych i skrzętnie zagospodarowuje ich zdobycze.

Obecna wiedza o niebie jest okupiona ogromnym poświęceniem i niewyobrażalnie wielkim wysiłkiem wielu ludzi, żyjących na przestrzeni tysięcy lat. Tak dawniej jak i dziś, jest bardzo trudna w pozyskaniu, przekazie dydaktycznym i zrozumieniu przez uczących się jej. Oddaje tą prawdę starożytne „Per aspera ad astra”. Choćby tylko z tego powodu wiedza astronomiczna powinna być traktowana jako swoiste SACRUM, którego nie godzi się profanować w żaden sposób i przez nikogo. Innego argumentu dostarcza choćby Norwid swoim „A w gwiazdach ręka pisuje Boża” czy wielki Kepler, który siebie i innych astronomów uważał za „kapłanów Boga Najwyższego w zakresie interpretacji Księgi Natury”.

Wiedza o niebie jest człowiekowi potrzebna, bo, jak to pięknie ujął Ciołkowski, „Ziemia jest kolebką ludzkości, ale nikt nie pozostaje w kolebce na zawsze”. Trzeba zatem Człowiekowi czynić sobie Wszechświat poddanym, a to gwarantuje m.in. pewna wiedza o niebie. Najwyższym powołaniem Człowieka jest najprawdopodobniej poznawanie i przeobrażanie świata; w każdej skali, ale najbardziej chyba w skali kosmicznej. Trudno jest też o zabezpieczenie ładu w organizacji społecznej bez otwarcia się Człowieka na sprawy nieba, Kosmosu. Dlatego należy niestrudzenie kierować myśli ludzi ku rozgwieżdżonemu niebu, którego kontemplacja pomaga zrozumieć Stwórcę i odnaleźć właściwe powołanie ludzkości, a w ramach niego również swoje własne.

Właściwej wiedzy o niebie dostarczają dziś astronomia i astronautyka. W żadnym razie nie współczesna filozofia, teologia czy religie. Zasługi tych

ostatnich można właściwie sprowadzić do wysokich wież w świątyniach, które, skierowane do góry, mogą dla niektórych stać się swoistym „drogowskazem”, impulsem do poważniejszych rozmyślań o niebie. W tym kontekście mocno ujmuje za serce współczesna praktyka stawiania starych rakiet, jako minaretów w biedniejszych wspólnotach muzułmańskich.

Jeśli zgodzić się z tym, że z wiedzą o niebie należy wychodzić do szerokich mas, a zdaje się to wyjątkowo uzasadnione (mimo obiekcji wielu astronomów), to trzeba zastosować odpowiednie sposoby przekazu tej wiedzy. Przede wszystkim, co chcę tu silnie podkreślić, nie należy astronomii szkodzić przez nieodpowiednie oddziaływanie dydaktyczne. Dlatego, choć przez ostatnie lata, do niedawna, mocno przeżywałem niedomagania polskiego systemu oświaty w zakresie programowego nauczania astronomii, rozumiałem, że wycofanie astronomii ze szkół właściwie najlepiej służy astronomii. Służy tym, że nie szkodzi! Skoro nie ma dostatecznej ilości dobrych nauczycieli astronomii, przygotowanych merytorycznie i pedagogicznie, to lepiej dać sobie spokój!

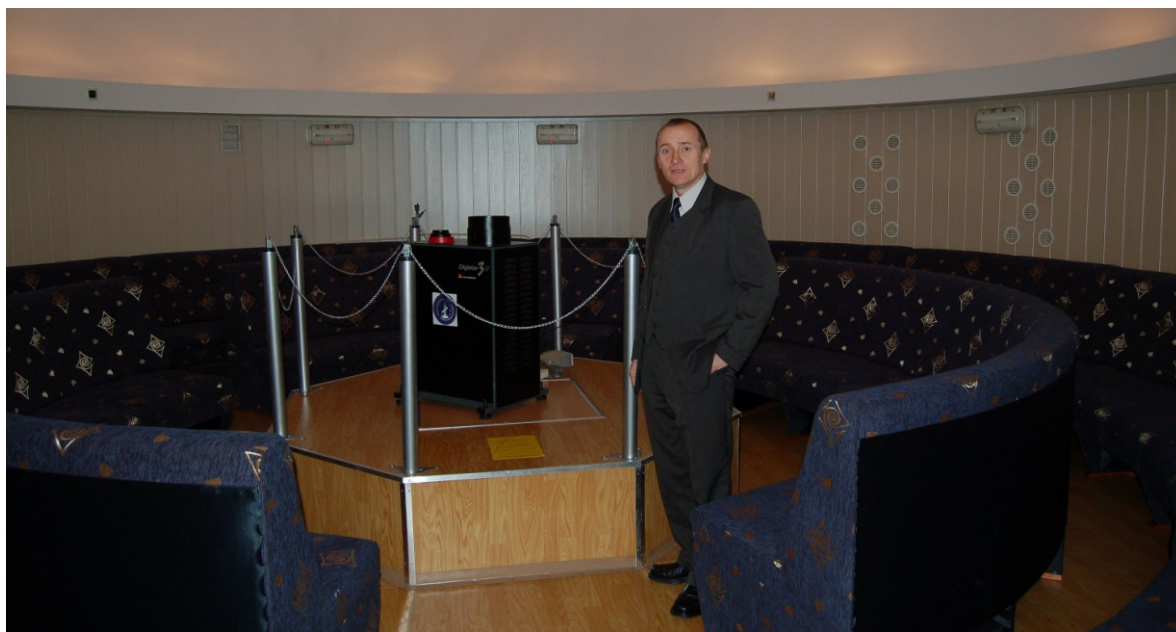
Nauczaniu astronomii mogą świetnie, ale nie zawsze tak jest, służyć planetaria – specjalne obiekty, pełniące funkcje dydaktyczne i popularno naukowe, wyposażone w urządzenia do projekcji treści dydaktycznych, w tym i sztucznego rozgwieżdżonego nieba, na półkulistym ekranie. Wielu ludzi traktuje planetarium, jako swoiste miejsce rozrywki. Gorzej, jeśli obsługa planetarium podziela takie podejście i czyni wszystko by rozrywkowo usatysfakcjonować klienta, nie koniecznie troszcząc się o rzetelny przekaz wiedzy astronomicznej. Wtedy działalności planetarium może bardziej przyświecać chęć zysku niż wypełniania ważnej misji, jaką jest szerzenie wiedzy o Wszechświecie. Planetaria - podobnie zresztą jak szkoły, szkolne obserwatoria, astrobazy, planetaria mobilne itp. - też mogą szkodzić astronomii! Trzeba wielkiej mądrości ze strony organizatorów planetariów, by mogły one należycie spełniać swoją dydaktyczną rolę w zakresie masowego szerzenia wiedzy astronomicznej. W pierwotnym zamyśle planetaria to miejsca specjalne, wyróżnione też architektonicznie, jakby świątynie, w których jest miejsce na rzeczy wzniosłe i nie powinno być miejsca dla spraw pospolitych. Ludzie postrzegający w sobie pierwsze zainteresowania astronomią powinni w planetarium znaleźć oparcie i motywację dla dalszego rozwoju tych zainteresowań. Ludzie, którzy trafią do planetarium przypadkowo, powinni zostać „oczarowani” tym wszystkim, co tam zobaczą i usłyszą. Nie jest istotne, choć wielu dyrektorów planetariów zgrzytnęłoby tu zębami, czy ludzie Ci przyjdą więcej razy do planetarium. Może lepiej zachować pamięć tego jednego wielkiego życiowego spotkania z niebem, niżby spotkania takie miały ulec spowszednieniu!

Oferta planetarium powinna obejmować cały zakres oddolnych społecznych oczekiwań. Same seanse to bardzo mało. Wypada w planetariach organizować prelekcje i referaty, kursy wiedzy o Wszechświecie, wieczory dyskusyjne,

wystawy problemowe, sesje naukowe i popularno-naukowe, pokazy nieba, konkursy astronomiczne, działania wydawnicze. Możliwości audiowizualne planetarium, choć istotne, nie zastąpią inicjatywy, poziomu i zapału jego pracowników. Chciało by się, żeby miarą efektywności pracy planetarium była nie tylko liczba osób je odwiedzających, ale, i to przede wszystkim, ilość osób, które zainspirowane w planetarium, podjęły z pozytywnym skutkiem studia astronomii.

Jeśli ktoś chce zostać astronomem, „na własną musi stać się rękę” (parafrazując Fausta Goethego). Planetarium nie jest uniwersytetem i nie jest jego celem nauczenie ludzi astronomii. Może natomiast, i powinno, być instytucją, w której każde pytanie dotyczące spraw nieba otrzyma kompetentną odpowiedź. Ma z niego emanować też harmonia i piękno, będące jakby odbłaskiem Kosmosu. Powinno przede wszystkim skutecznie stymulować zainteresowanie rozgwieżdżonym niebem. Kto zacznie z zainteresowaniem przyglądać się gwiazdom, jeśli odpowiednio wrażliwy, musi w jakiejś mierze im ulec.

Jedną z form działalności planetarium mogą być pokazy teleskopowe obiektów na prawdziwym niebie. Podczas takich pokazów też można zaszkościć astronomii. Żeby było dobrze, trzeba pokazywać to, i tylko to, co z użyciem określonego teleskopu i przy określonych warunkach obserwacyjnych, da się pokazać wyśmienicie. Nie można ulegać zachciankom uczestników pokazów i pod ich dyktando kierować teleskop na dowolny obiekt, często mało atrakcyjny dla obserwatora. Jeśli pokazujemy kilka obiektów, to warto rozpocząć od mniej atrakcyjnego, a skończyć na najpiękniej wyglądającym.



Autor we wnętrzu zorganizowanego przez siebie w 2006 roku planetarium cyfrowego w Instytucie Fizyki Akademii im Jana Długosza w Częstochowie.

URANIA PROPITIA

SIVE

Tabulæ Astronomicæ mirè faciles, vim
hypothesium physicarum à Kepplero pro-
ditarum complexæ; facillimo calculandi compendio,
sine ullâ Logarithmorum mentione, phæno-
menis satisfaciētes.

Quarum usum pro tempore præsentē,
exacto, & futuro, (accedente insuper facillimâ Superio-
rum SATURNI & JOVIS ad exactiorem, & cœlo satis consonam
rationem, reductione) duplici idioma, Latino & vernaculo
succinctè præscriptum cum Artis Cultoribus
communicat

MARIA CUNITIA.

Das ist:

Neue und Langgewünschte/leichte
Astronomische Tabellen/
durch deren Vermittelung, auff eine sonder-
behende Art/ aller Planeten Bewegung/nach der Länge/
Breite/ und andern Zufällen/ auff alle vergangene/gegenwertige/ und künfftige Zei-
tpuncten fürgestellt wird. Den Kunstliebenden Deutscher Nation zu gutt/
herfürgegeben.

Sub singularibus Privilegiis perpetuis,
sumptibus Autoris, BICINI Silesiorum.,

Excudebat Typographus Olsnensis JOHANN, SEYFFERTUS,
ANNO M. DC L.

Maria Kunicka

Magdalena Wszolek

Astronomia Nova, magdagemini@gmail.com

Maria Kunicka (Cunitz, Cunitia) była kobietą astronomką europejską najbardziej znaną od czasów Hypatii z Aleksandrii. Urodziła się 29 maja 1610 r. w Świdnicy jako najstarsza córka świdnickiego lekarza miejskiego, doktora Heinricha Kunica (Cunitiusa), urodzonego w roku 1580 w Legnicy. Studiował on filozofię i medycynę na uniwersytetach we Frankfurcie nad Odrą i w Rostoku. Interesował się matematyką i astronomią. Pod koniec XVI wieku wraz ze słynnym astronomem duńskim Tycho de Brahe przeprowadzał obserwacje ciał niebieskich w Uranienborgu w Danii. Ożenił się w roku 1603 z córką radcy książęcego Marią Schulz. Ich najstarsza córka od dziecka lubiła spokój i samotność, nie bawiła się lalkami i zabawkami. Z własnej inicjatywy poznawała litery i jako pięcioletka umiała już biegle czytać. Rodzice na jej prośbę zgodzili się, aby jako siedmioletka przysłuchiwała się lekcjom gramatyki łacińskiej i katechizmu pobieranym przez brata. Gdy miała osiem lat zaczęto ją wdrażać do spraw gospodarstwa domowego i prac ręcznych. Swoją wolny czas poświęcała na lektury i naukę języka łacińskiego. Trzy lata później z woli rodziców pobierała lekcje muzyki instrumentalnej i śpiewu, opanowała umiejętność zamiany zapisu nutowego na tabulatorowy i odwrotnie. Także z własnej inicjatywy rozpoczęła naukę języka francuskiego. W tym celu kupiła gramatykę, słownik i Nowy Testament w języku francuskim, a następnie porównując teksty uczyła się. W wieku trzynastu lat i sześciu miesięcy rodzice zdecydowali o jej małżeństwie z prawnikiem Dawidem Gerstmannem z Bolesławca. Ich ślub odbył się 26 września 1623 r. Podczas małżeństwa Maria Kunic wolny czas poświęcała nauce francuskiego i greki, grze na lutni oraz malowaniu. W tym okresie zaczęła się interesować astrologią i na podstawie dzieł Dawida Origanusa próbowała opracowywać prognostyki urodzinowe. Po dwóch latach zmarł jej mąż.

Jednym z nauczycieli Marii Kunic był doktor Elias von Löwen, który został jej drugim mężem w 1629 lub 1630 roku. Doktor Elias Krätschmair był lekarzem, a przede wszystkim uznanym matematykiem, astronomem i astrologiem. Za swoje dzieło *Horologium Zodiacale* wydane w 1626 r. we Wrocławiu cesarz nadał mu tytuł szlachecki von Löwen.

Zainteresowanie astronomią Maria Cunitia zawdzięcza Eliasowi, wspólnie z którym wykonywała badania polegające na porównywaniu tablic Johanesa Keplera (*Tabulae RUDOLPHI*) z tablicami Christiana Longomontana (*Tabulus DANICAS Longomontani*). Na podstawie porównań Maria i Elias stwierdzili, że najlepsze wówczas tablice opracowane przez Keplera wymagają poprawek i uproszczeń. Maria do badań wykorzystwała obserwacje prowadzone wspólnie z mężem oraz dorobek jej męża, który obejmował notatki z 28

letnich obserwacji ruchu planet. Elias Leonibus sporządził 29 notatek z obserwacji Saturna i 87 z obserwacji Jowisza. Maria Cunitia opracowała powtórnie tablice astronomiczne Keplera nanosząc na nie poprawki, dokonując uzupełnień i upraszczając je przez wykorzystanie metody pomijającej użycie logarytmów. Dzieło swojego życia Maria Cunitia zatytułowała „*Urania propitia sive Tabulae Astronomicae mire faciles...*”, co tłumaczyć można „*Przystępna muza astronomii albo tablice astronomiczne*”. Dzieło zostało wydane własnym sumptem w 1650 roku w Oleśnicy w języku łacińskim i niemieckim. Było dedykowane cesarzowi Ferdynandowi III Habsburgowi. Zawierało nowe tablice astronomiczne, nowe efemerydy. Składało się z 23 rozdziałów. Podzielone zostało na trzy części, zgodnie z rodzajami zjawisk zachodzących na niebie – obrót dzienny, ruch planet, zaćmienia. Maria Cunitia tak pisze na temat budowy i podziału swojej książki „Przy składaniu i objaśnianiu tego dzieła kierowałam się porządkiem, jaki w dłonie wetknęła mi sama dziedzina (...) potrójna zmiana ciał niebieskich (...)”.

Maria Cunitia w swoich obliczeniach opierała się na kalendarzu juliańskim i podobnie jak Kepler za punkt odniesienia w przestrzeni przyjęła południk „zero” przechodzący przez Uraniborg (obserwatorium Tychona de Brahe). Także, jak Kepler w Tablicach Rudolfińskich, nie opowiedziała się jednoznacznie za teorią heliocentryczną, a na propagowany wówczas przez jezuitów model Wszechświata według Tychona de Brahe, w myśl którego Ziemia stanowi centralny punkt Wszechświata. Natomiast w swoim dziele przy pomocy tablic umożliwiła dokonanie obliczeń fazy Wenus, jako planety znajdującej się najbliżej Ziemi. W rozdziale XII łacińskiej części książki, poświęconemu Słońcu, nie ma informacji o jego centralnym położeniu, a informacje te pojawiają się w zawołowanej formie w łacińskich rozdziałach dotyczących Saturna i Marsa. Na początku łacińskiego rozdziału o Słońcu Maria Cunitia pisze: „Słońce, jako ster nieba, jest wskaźnikiem i stróżem czasu, i ruchu”.

Maria Cunitia i jej mąż Elias prowadzili korespondencję z wybitnymi astronomami XVII wieku, między innymi z Janem Heweliuszem - gdańskim astronomem, z Ismaëlem Boulliau - francuskim astronomem, Janem Herbiniusem - uczonym rodem z Byczyny, Janem Albrechtem Portnerem z Ratyzbony, z Piotrem Des Noyerssem - sekretarzem polskiej królowej Ludwiki Marii Gonzagi. Po raz pierwszy imię i nazwisko astronomki Marii Cunitii pojawia się w listopadzie 1646 roku w liście Jana Heweliusza do Marin Mersenne, uczonego zakonnika z Paryża. Heweliusz odpowiadał zakonnikowi na jego list przekazując informacje o osobach zajmujących się pokrewnymi mu dyscyplinami. Pisał, że słyszał o przygotowywaniu przez Marię dzieła astronomicznego, i że być może jest ono już w druku. Po około półtora roku doszło do nawiązania korespondencji pomiędzy Heweliuszem a Eliaszem i Marią. Z lat 1648 - 1654 zachowały się między innymi dwadzieścia dwa listy (siedem Eliasa, pięć Marii oraz dziesięć odpowiedzi Heweliusza). Wynika z nich, że Heweliusz i małżonkowie między innymi wymieniali opinie

nt. „Selenographii” i „Uranii propitii” oraz informacje dotyczące prowadzonych obserwacji. Za pośrednictwem Heweliusza egzemplarz Uranii został wysłany w 1651 roku do Ismaëla Boulliau. W kwietniu 1652 roku Ismaël Boulliau w liście do Marii wyraził opinię na temat jej dzieła. Podziwiał jej przenikliwość badania spraw nieba, jasny umysł i siłę. Aprobował fakt wzięcia przez nią za podstawę Tablic Rudolfińskich. Za łatwiejsze niż on stosuje uznał metodę obliczeń zaćmień Słońca, a jako dużo łatwiejsze ustalenie szerokości położenia planet. Przyznał, że w tych obliczeniach go prześcignęła oraz, że gdyby ponownie wydawał swoje tablice, to zastosował by jej metody obliczeń.

Maria i Elias po ślubie zamieszkali w Świdnicy, ale około 1630 (1636) roku jako protestancka rodzina z powodu prześladowań religijnych związanych z kontrreformacją zmuszeni byli opuścić Świdnicę. W 1636 roku przebywali w Łubnicach (obecnie powiat Wieruszów), w posiadłości Cysterek z Ołoboku. Tu przyjęła ich gościnnie Zofia Łubieńska i umożliwiła Marii pracę naukową. Najprawdopodobniej około 1648 roku małżonkowie osiedlili się w Byczynie – rodzinnym mieście Eliasa, gdzie 25 maja 1655 roku wybuchł tragiczny w skutkach pożar miasta. W pożarze spłonął cały ich dobytek, astronomiczny warsztat pracy i dotychczasowy dorobek naukowy. Uniemożliwiło to dalsze badania Eliasowi i Marii oraz zrujnowało ich finansowo. Elias von Löwen zmarł w Byczynie 27 kwietnia 1661 roku, a Maria przeżyła męża o trzy lata i zmarła 22 sierpnia 1664 roku. Ze związku z Eliaszem Maria miała trzech synów: Eliasa Theodora, Antona Heinricha i Franza Ludwiga. Na jej cześć na Wenus nazwano Cunitz krater uderzeniowy o średnicy 48 km. Istnieje też planetoida 12624 Maria Cunitia, a w Byczynie na mocy uchwały Rady Miejskiej z dnia 20 października 1997 roku nadano jednej z ulic w centrum miasta nazwę Marii Cunitii. W marcu 2009 roku w świdnickim Rynku przy wejściu głównym do Muzeum Dawnego Kupiectwa na ławeczce „usiadła” rzeźba astronomki Marii Cunitii z dziełem jej życia.



Rzeźba wyobrażająca sylwetkę Marii Cunitz (Świdnica). (Wikipedia)



Migawki z konferencji Meet The Space (Kraków, 27-28 listopada, 2014).

Część czwarta

(przyczyunki naukowe)

Wybrane materiały prezentowane podczas:
VI Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”,
Częstochowa, 9-10 maja 2014
oraz
Meet The Space II,
Kraków, 27-28 listopada 2014



The analysis of the light curves of the cataclysmic variables – application for HT Cassiopeiae

Karolina Bąkowska

Nicolaus Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences,
Bartycka 18, 00-716 Warszawa, Poland, bakowska@camk.edu.pl

Abstract

HT Cassiopeiae was discovered over seventy years ago (Hoffmeister 1943). Unfortunately, for 35 years this object did not receive any attention, until the eclipses of HT Cas were observed by Bond. After first analysis Patterson (1981) called HT Cas "the Rosetta stone among dwarf novae". Since then the literature about this star is still growing, reaching several dozens of publications. We present orbital period determination of HT Cas during November 2010 superoutburst, but also in longer time span to check its stability.

Introduction

Cataclysmic variable stars are close binary systems containing white dwarf (the primary) and main-sequence star (the secondary). The primary component accretes material from the secondary through the inner Lagrangian point. In non-magnetic systems the matter spirals around white dwarf forming a luminous accretion disk. The location where the matter hits the accretion disk is known as the hot spot.

SU UMa type stars are one of the subclasses of cataclysmic variables. They can be easily distinguished from other types because of the short orbital period ($P_{\text{orb}} < 2.5$ h). Additionally, in the light curves of SU UMa type stars one can see two types of outbursts: normal and superoutbursts. Superoutbursts last longer than normal outbursts and they are about one magnitude brighter. During superoutburst the periodic oscillations called superhumps manifest their presence (for review Hellier 2001).

HT Cas is an eclipsing dwarf nova and in November 2010 this object went into superoutburst, which happened a quarter of a century after the previous, poorly observed, superoutburst. Details about this recent unique phenomenon were reported by Bąkowska et al. (2014a). Additionally, the analysis of hot spot manifestation was made (check Bąkowska & Olech 2014b, 2014c). Moreover, our team made an analysis of the orbital period during November 2010 superoutburst and in post-superoutburst quiescence from December 2010 until March 2012.

Observations

We made two observing campaigns for HT Cas. First data were collected during 21 nights between 2nd and 27th of November 2010. During this world-wide campaign five observers were gathering observations in four countries: Poland, Turkey, Spain and USA, and eight telescopes with diameters ranging from 10 to 100 cm were used simultaneously. Moreover, data collected by the AAVSO (American Association of Variable Star Observers, www.aavso.org) organization were used for this analysis.

Second observing campaign started just after November 2010 superoutburst of HT Cas. Data were collected during 15 nights between 26th of December 2010 and 5th of March 2012 with two telescopes with diameters 60 cm and 14" located in the USA.

HT Cas was monitored in a clear filter ("white" light). Bias, dark current and flat-field corrections were made using the IRAF package. Profile photometry was obtained with DAOPHOTII (Stetson 1987). Relative magnitudes were transformed to the standard Johnson V magnitudes using data published by Henden and Honeycutt (1997). In Fig.1 there are presented resulting light curves from our observing campaigns.

Results

The *O-C* diagram is an excellent tool to check the stability of the superhump or the orbital period and to determine their values. First, we calculated the *O-C* diagram for the moments of minima from November 2010 superoutburst. In total the timings of 70 eclipses were used to calculate the following ephemeris of the minima:

$$\text{HJD}_{\min} = 2455504.49185(3) + 0.0736469(5) \times E \quad (1)$$

Results are presented in Fig.2. Later, the *O-C* diagram for moments of minima from December 2010 until March 2012 was calculated. We used 20 eclipses and obtained following ephemeris of the minima:

$$\text{HJD}_{\min} = 2455557.73937(8) + 0.07364704(4) \times E \quad (2)$$

Orbital period for HT Cas was calculated several times, we present all results in Tab. 1.

Table 1. Values of the orbital period of HT Cas from 1978 till 2010.

Year	No. of minima	Time span [d]	Orbital Period [d]	Error [d]	Author
1978	14	2443727-870	0.073647217	8×10^{-6}	Patterson (1981)
1982-84	23	2445257-993	0.0736472070	24×10^{-9}	Zhang (1986)
1982-83	15	2445235-679	0.0736472039	5×10^{-10}	Horne (1991)
1995-97	23	2450018-701	0.073647211	5×10^{-9}	Ioannou (1999)
2002-03	11	2452531-943	0.07364720309	7×10^{-11}	Feline (2005)
2007	11	2454119-147	0.0736472029	3×10^{-10}	Borges (2008)
2010	70	2455481-521	0.0736469	5×10^{-7}	Bąkowska (2014a)
2010-12	20	2455557-947	0.07364704	4×10^{-8}	This work

HT Cassiopeiae

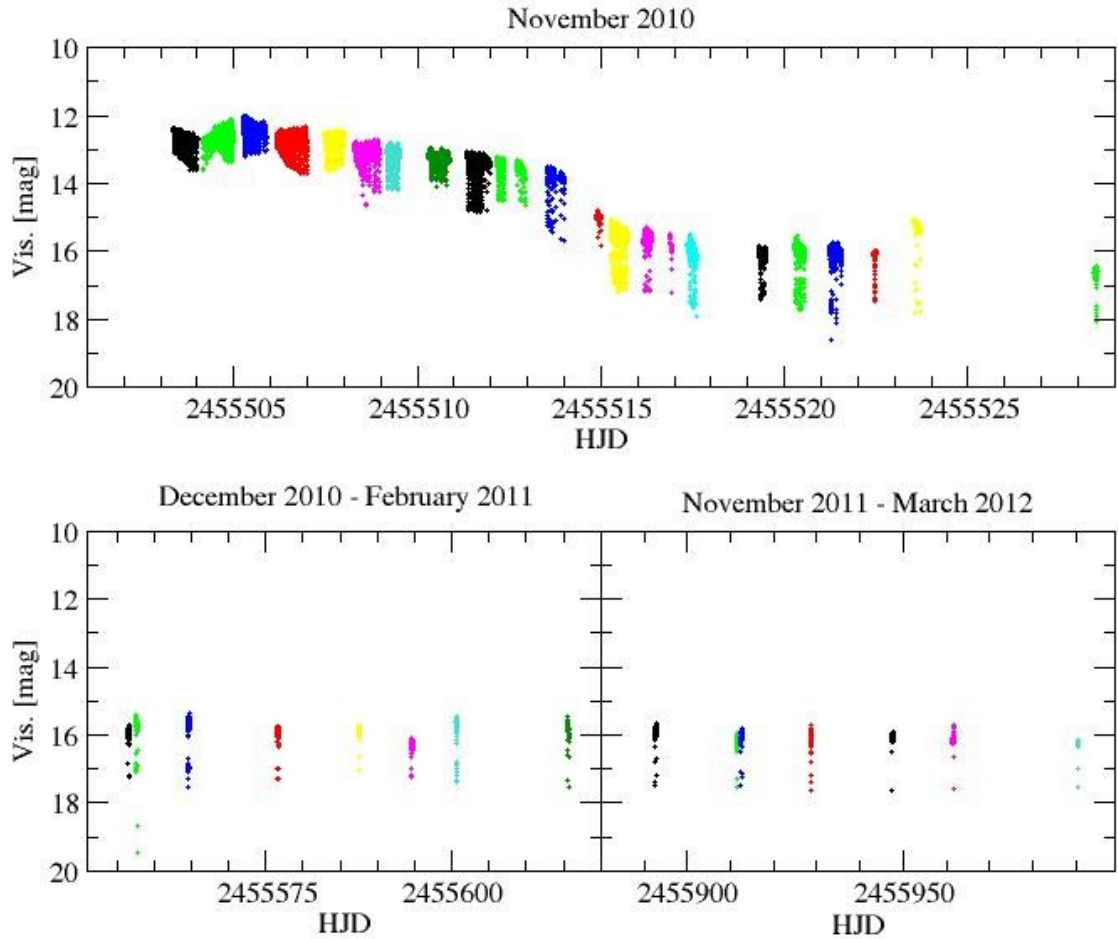


Fig. 1. Top panel: The photometric behavior of HT Cas in November 2010. During that time one can observe an outburst precursor, developed later into a full superoutburst. At the end of November the star came back to its quiescence level. Bottom panels: Light curves of HT Cas during quiescence obtained in December 2010 - February 2011 (left panel) and in November 2011 - March 2012 (right panel).

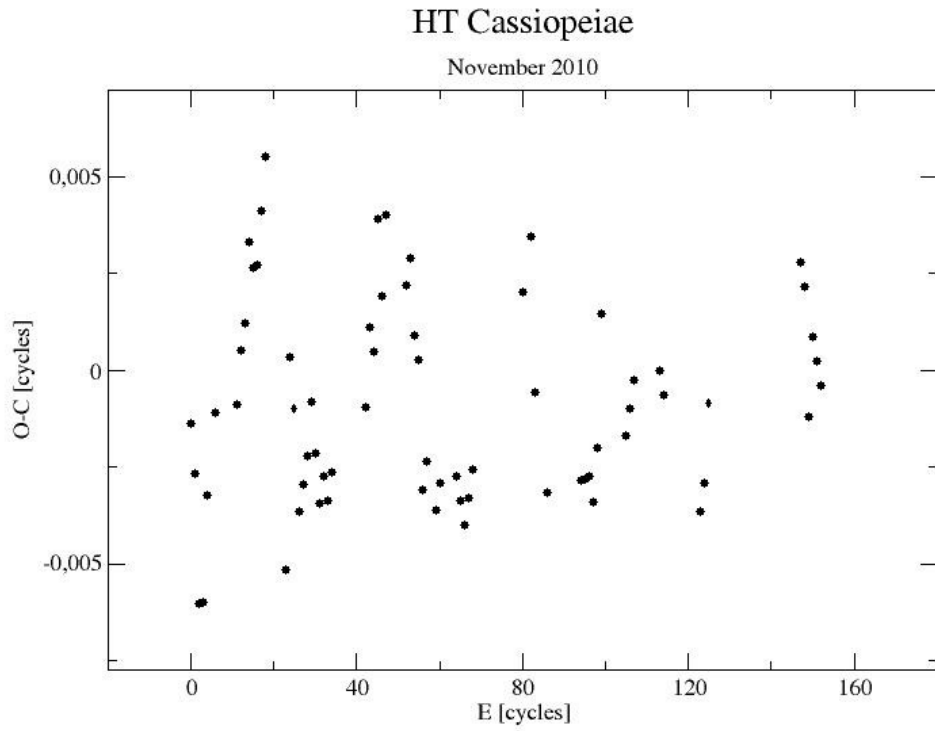


Fig. 2. The *O-C* diagram for eclipses observed during the superoutburst of HT Cas in November 2010. Regular humps are the manifestation of the beat period - composition of the orbital and superhump periods (Figure taken from Bąkowska et al. 2014).

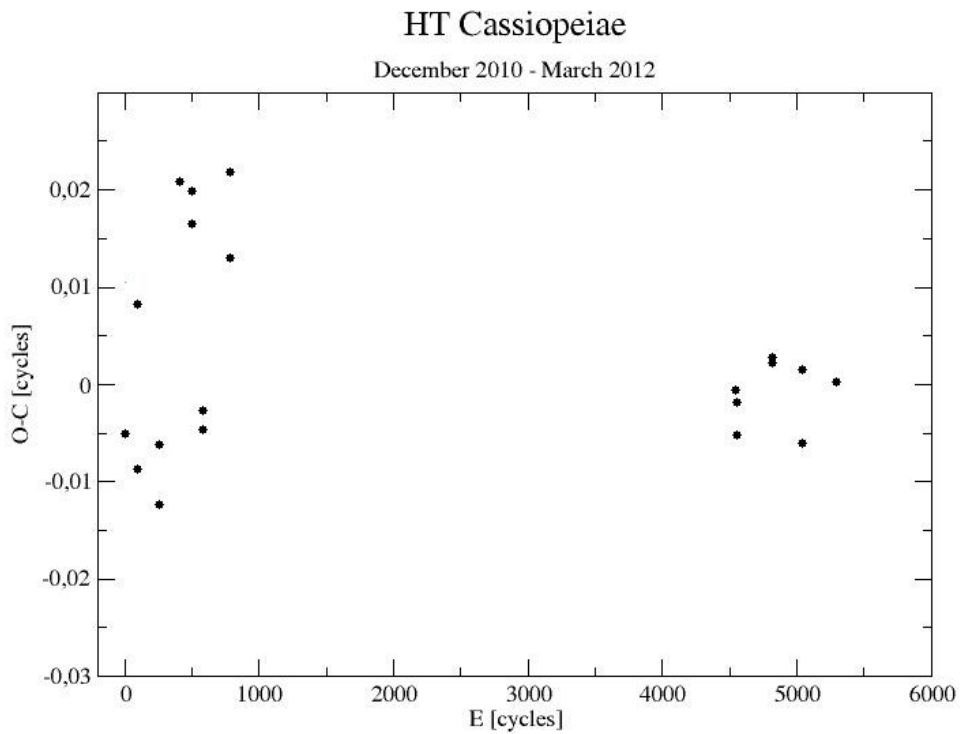


Fig. 3. The *O-C* diagram for eclipses observed during the quiescence of HT Cas in December 2010 - March 2012.

Summary

Our team observed HT Cas during its November 2010 superoutburst and during quiescence between December 2010 and March 2012. We did not detect any significant changes in orbital period. The change we found is below 0.02 sec and it can be the result of the quality of our data. Nevertheless, we plan to check the stability of the orbital period of HT Cas and calculate the *O-C* diagrams from 1978 till 2014 based on all possible available data and our own observations.

Project was supported by Polish National Science Center grant awarded by decision DEC-2012/07/N/ST9/04172 for KB.

Bibliography

- Bąkowska K. et al., 2014a, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, 43, 325
Bąkowska K., Olech A., 2014b, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, 43, 271
Bąkowska K., Olech A., 2014c, *Acta Astron.*, 64, 247
Borges et al., 2008, *A&A*, 480, 481
Feline W. J. et al., 2005, *MNRAS*, 364, 1158
Hellier C., 2001, *Cataclysmic Variable Stars*, Springer.
Henden A. A., Honeycutt R.K., 1997, *PASP*, 109, 441
Hoffmeister C., 1943, *Astron. Nach.*, 274, 36
Horne K. et al., 1991, *ApJ*, 378, 271
Ioannou Z. et al., 1999, *MNRAS*, 310, 398
Patterson J., 1981, *ApJS*, 45, 517
Stetson P. B., 1987, *PASP*, 99, 191
Zhang E. -H. et al., 1986, *ApJ*, 305, 740



Karolina Bąkowska i Agnieszka Kuźmicz



The influence of astronomy on the development of technology

Marek Biesiada

Institute of Physics, University of Silesia, Uniwersytecka 4,
40-141 Katowice, Poland, marek.biesiada@us.edu.pl

[Contribution to Meet The Space II conference]

The issue posed in the title is very challenging. It is not because astronomy didn't influenced the development of technology, but rather because it did so in a very subtle and elusive way. Technology is something extremely practical, driven by pressing needs of development of our civilization. Technology is an innovative side of science in a broad sense and of fundamental research in particular. However, there is very little (if any) scientific disciplines as **impractical** as astronomy. Even though aesthetically appealing, star gazing has always been perceived as detached from pressing needs of the every-day life.

In the same time there is also very little (if any) scientific disciplines as **inspiring** as astronomy! In fact by looking at stars, which even in the biggest current single telescope cannot be resolved and appear point-like features placed on the celestial sphere, mankind was tacitly prepared to develop basic geometric notions like these of a point, a straight line (e.g. the light ray connecting an eye of the observer and the star), a circle or a sphere. Moreover the rigid regularities in astronomical phenomena – from the day and night perpetual sequence, the seasons, apparent motions of planets occurring in repeating cycles up to occurrences of solar and lunar eclipses – prepared mankind to develop the concept of the laws of nature.

For its own purpose astronomy has always used new technologies when they emerged. For example when the first telescope was invented, Galileo immediately used it to look upon the sky. The outburst of discoveries which followed is very well known: craters and mountains on the Moon, spots on the Sun, resolving planets into discs (phases of Venus), discovery of the Jupiter's moons, resolving Milky Way into stars. And it continued further in the history. Every time new technology became available, astronomers skillfully used it: photography, spectrography, photoelectric photometry, CCD cameras etc. When physicists and engineers started to build new detectors: radio receivers, ultra violet, X-ray gamma-ray detectors, infrared cameras, etc. it immediately opened new windows on the Universe.

On the other hand, astronomy often paid this back with applications. For example, after discovering Galilean moons of Jupiter, people realized that there are four accurate "clocks in the sky". At that time (i.e. in the XVII century) it was of great practical importance. Namely the sailors needed to determine their geographic coordinates. For the latitude this was simple by using a sextant (and also astronomical knowledge was crucial for this) but in

order to determine the longitude one had to have clocks synchronized with time of the place of departure. Before the era of mechanical clocks, it is clear that pendulum clock got desynchronized even after a mild storm. Then the rescue came from the clocks in the sky ...

It is impossible to list all the practical applications of astronomy or the ways in which astronomy subtly influenced technology in a short communication like this one. Let me just give an example of the Nobel prizes in physics which were awarded for astronomical discoveries.

Year of Award	Names	Goals
1967	Hans Bethe	„for his contributions to the theory of nuclear reactions, especially his discoveries concerning the energy production in stars”
1974	Sir Martin Ryle, Antony Hewish	„for their pioneering research in radio astrophysics: Ryle for his observations and inventions, in particular of the aperture synthesis technique, and Hewish for his decisive role in the discovery of pulsars”
1978	Pyotr Leonidovich Kapitsa Arno Allan Penzias, Robert Woodrow Wilson	„for his basic inventions and discoveries in the area of low-temperature physics”, „for their discovery of cosmic microwave background radiation”
1983	Subramanyan Chandrasekhar William Alfred Fowler	„for his theoretical studies of the physical processes of importance to the structure and evolution of the stars” „for his theoretical and experimental studies of the nuclear reactions of importance in the formation of the chemical elements in the Universe”
1993	Russell A. Hulse , Joseph H. Taylor Jr.	„for the discovery of a new type of pulsar, a discovery that has opened up new possibilities for the study of gravitation”
2002	Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiba Riccardo Giacconi	"for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos" "for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources"
2006	George Smoot, John Mather	„for their discovery of the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation”
2011	Saul Perlmutter, Brian Schmidt, Adam Riess	"for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae"

Let me just remind that the last will of Alfred Nobel was to “create prize for those who confer the greatest benefit on mankind”. Again, eight of the prizes were given for the most impractical scientific discipline, and two most recent

– awarded within one decade – were given for achievements in cosmology, which is the most impractical discipline within astronomy.

Some of the above mentioned achievements resulted in practical applications. For example aperture synthesis technique of Sir Martin Ryle, awarded the Nobel Prize in 1974, not only enabled radioastronomy to reach incredible angular resolution, but nowadays it is commonly used in navigation and air traffic management. However, most of Nobel Prize winning achievements remained unpractical, but still very inspiring!

Nothing illustrates better this inspiring side of astronomy than another example – history of the Nobel Prize in chemistry awarded in 1996 to Robert Curl, Richard Smalley and Sir Harold Kroto. The prize was given “for their discovery of fullerenes”. Sir Harold Kroto began his scientific career in astrophysics studying interstellar lines and molecular bands especially long chain carbonaceous species. For example his paper² from 1976 published in *The Astrophysical Journal* was about the detection of interstellar emission line in the molecular cloud Sgr B2 attributed to rotational transition of cyanodiacetylene. Inspiration from this led him to the Nobel Prize winning discovery. Almost ten years later he starts the famous paper³ announcing the discovery of fullerenes with the following words: “*During experiments aimed at understanding the mechanisms by which long-chain carbon molecules are formed in interstellar space and circumstellar shells, graphite has been vaporized by laser irradiation, producing a remarkably stable cluster consisting of 60 carbon atoms*”.

The name “fullerene” given to such 60 carbon atoms clusters was inspired by geodesic domes constructed by Richard Buckminster Fuller. This discovery opened a new era of nanotechnology. Fullerenes have found an enormous spectrum of applications: as superconductors, lubricants, catalysts (due to their high reactivity), drug delivery systems (targeted cancer therapies at cellular level), optical devices, photovoltaics, polymer electronics (e.g. Organic Field Effect Transistors – OFET), antioxidants, cosmetics etc. In their discovery, inspired by astrophysics and studies on the origin of organic chemistry, fullerenes have eventually been found in space by team working with Spitzer Telescope in 2010.

The history of this inspiration will continue. One cannot tell in advance how exactly or in which way astronomy will influence future technologies. Some of them we can imagine. For example, in large future projects like the Square Kilometer Array internal data transfer is estimated to exceed current internet traffic of the whole Earth. Algorithms for managing and storage such huge streams of data are being currently under development. One can easily

² Awery L.W., Broten N.W., MacLeod J.M., Oka T., Kroto H.W., „*Detection of the heavy interstellar molecule cyanodiacetylene*” *Astrophys. J.*, 205: L173-L175, 1976

³ Kroto H.W., Heath J.R., O’Brien S.C.O., Curl R.F., Smalley R.E., “C₆₀ : Buckminsterfullerene”, *Nature* 318, 162, 1985

imagine the benefit of such solutions in many applications e.g. for financial markets. On the other hand there are some roads that we know we must go along, but with no foreseeable immediate future applications. For example modern cosmology entered the era of precise measurements of polarization of the cosmic relic radiation. Such measurements are expected to reveal information about the Universe as it was 10^{-43} s after its birth. This knowledge, even though the precious one as far as pure curiosity is concerned, is perhaps the most impractical one can imagine from the everyday life perspective. But, how inspiring it might be! Nobody knows, but new generation space missions devoted to spectro-polarimetry of cosmic microwave background radiation are under development. Poland participates in preparations one of such project – the new ESA mission CORe+. This creates new opportunities for the cosmic sector in Poland, and for our young generation.



Modeling radio scattering phenomena in the Galaxy

Mateusz Daszuta

Uniwersytet Zielonogórski

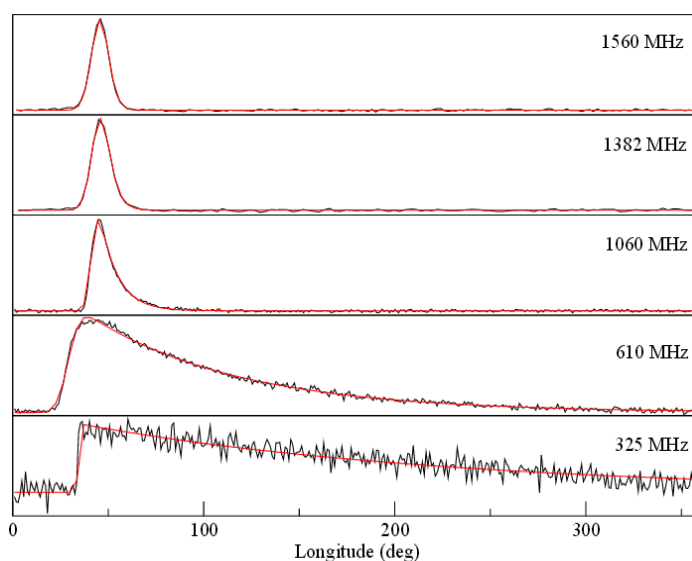
Wstęp

Gaz międzygwiazdowy jest wszechobecny w Drodze Mlecznej i jest on przynajmniej częściowo zjonizowany. Zjonizowana materia wpływa na promieniowanie radiowe pochodzące od obiektów znajdujących się w Galaktyce i poza nią. Wpływ tej materii na fale radiowe objawia się między innymi w postaci zjawiska rozpraszania (Lewandowski et al. 2013). Pulsary są idealnym narzędziem do badania tego zjawiska, ponieważ jako jedyne obiekty we Wszechświecie wysyłają regularne, bardzo krótkie impulsy promieniowania radiowego, a tylko dla tego rodzaju sygnału da się zmierzyć parametry tego zjawiska.

Istnieją co prawda teoretyczne modele opisujące rozpraszanie, jednak analiza tego zjawiska na przestrzeni 40 lat ukazała nieprawidłowości modelu opisującego turbulentny ośrodek (Daszuta et al. 2013, Lewandowski et al. 2011).

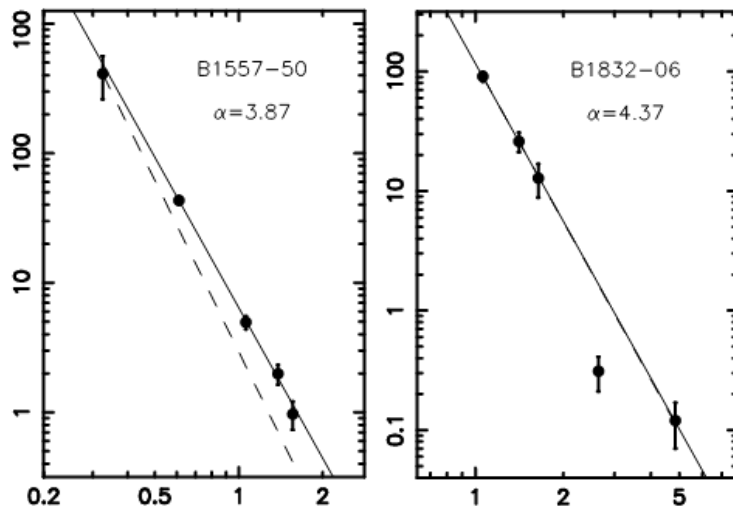
Zjawisko rozpraszania

Zjawisko rozpraszania powoduje, że propagacja sygnału wzdłuż różnych ścieżek promieni, odbywa się z różną geometryczną długością. W wyniku tego zjawiska powstaje opóźnienie czasu przyścia impulsu do obserwatora, które tworzy przy tym charakterystyczny „eksponecyjny ogon”. Na rysunku 1 przedstawiony jest profil pulsara PSR B1557-50, którego obserwacje wykonane były za pomocą radioteleskopu GMRT (Giant Metrewave Radio Telescope) w Indiach. Na osi x znajduje się faza pulsusa ($0^\circ - 360^\circ$), na osi



Rys. 1. Profil pulsara B 1557-50 na różnych częstotliwościach obserwacyjnych.

y natężenie promieniowania (flux). Jak widać, wraz ze wzrostem częstotliwości obserwacyjnej zjawisko rozpraszania ma coraz mniejszy wpływ na propagację sygnału. Zjawisko rozpraszania jest silnie zależne od częstotliwości obserwacyjnej. Do opisu fluktuacji gęstości w ośrodku międzygwiazdowym używa się modelu Kolmogorowa, gdzie oczekiwana wartość indeksu widmowego rozpraszania wynosi 4.4. Pomiary dla bliskich pulsarów ($d < 1\text{kpc}$) i o niskiej mierze dyspersji, czyli całkowitej liczbie koncentracji elektronów znajdujących się między pulsarem, a obserwatorem ($DM < 50\text{ pc cm}^{-3}$) wykazują zgodność z teorią turbulencji Kolmogorowa.



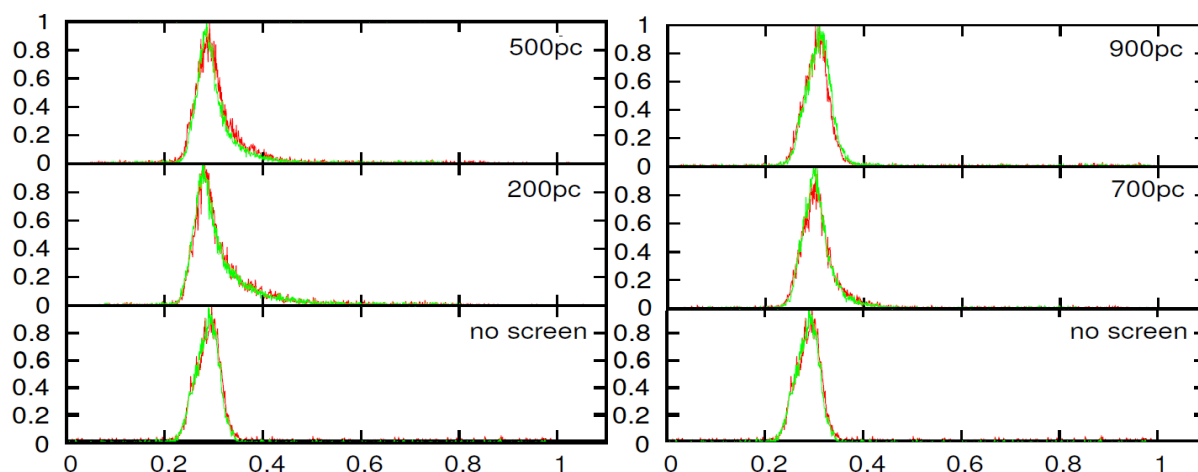
Rys. 2. Indeksy widmowe zjawiska rozpraszania, jako funkcje poszerzenia pulsu od częstotliwości obserwacyjnej.

Na rysunku 2 przedstawione są zależności czasu opóźnienia (oś x) od częstotliwości obserwacyjnej (oś y). Wartość indeksu widmowego dla PSR B1832-06 $\alpha = 4.37$ wykazuje zgodność z przewidywaniami teorii Kolmogorowa. Z kolei dla PSR B1557-50 wartość $\alpha = 3.87$ nie zgadza się z przewidywaniami teoretycznymi.

Niniejsza praca ma na celu stworzenie symulacji komputerowych modelu ośrodka międzygwiazdowego, który będzie w stanie opisać jak najdokładniej efekty opóźnienia i rozpraszania promieniowania radiowego. Przeprowadzenie modelowania zjawiska rozproszenia międzygwiazdowego za pomocą metod numerycznych (symulacji Monte – Carlo) umożliwi stworzenie wielu modeli zjawiska rozproszenia fali radiowej, które odpowiadałyby rzeczywistości umiejscowieniu zjonizowanych obłoków w Galaktyce. Należy tutaj podkreślić, iż stworzenie teoretycznych modeli rozwiązujących to zagadnienie jest praktycznie niewykonalne, dlatego też symulacje zawarte w niniejszej pracy są niewątpliwie ważnym elementem badań nad propagacją fal radiowych w ośrodku międzygwiazdowym.

Symulacje

Symulacje zastały zapisane w języku Python. Wbudowane biblioteki i metody, przyczyniają się do zwiększenia szybkości programu, a także jego łatwej rozbudowy. Zadaniem programu jest wysłanie profilu przez ośrodek międzygwiazdowy, w którym znajduje się ekran rozpraszający sygnał i pomiar poszerzenia pulsu. Najprostszy model i zarazem najczęściej używane narzędzie do analizy ośrodka międzygwiazdowego to model cienkiego ekranu (Scheuer 1968). Niejednorodności występujące w ośrodku międzygwiazdowym znajdujące się między źródłem, a obserwatorem są zazwyczaj skoncentrowane w cienkim ekranie, w połowie drogi rozchodzenia się promieniowania. Wszystkie zaburzenia fali radiowej, produkowane są właśnie na tym cienkim ekranie. Na początku wczytywany jest plik z parametrami (profil, ilość fotonów, odległość ekran – pulsar). Kształt profilu pobierany jest z ogólnodostępnej bazy pulsarowej EPN (www.naic.edu/~pulsar/data/browser.html). Po wczytaniu parametrów, profil jest puszczone przez niezaburzony ośrodek. Następnie ten sam profil puszczone jest przez ośrodek, w którym znajduje się ekran. Rozpraszanie występujące na ekranie powoduje opóźnienie sygnału, występuje więc odebranie wydłużonego profilu. Rysunek 3 przedstawia pierwsze wyniki symulacji. Jest to profil średni pulsara B0809+74. Symulacje wykonane są dla różnych odległości ekranu od pulsara (200 pc – 900 pc). Jak widać im ekran znajduje się bliżej Ziemi, tym opóźnienie sygnału jest krótsze.



Rys. 3. Pierwsze wyniki symulacji dla PSR B0809+74.

Wnioski

Modelowanie propagacji fali radiowej w ośrodku międzygwiazdowym odgrywa istotną rolę w procesie opracowania teoretycznego modelu turbulentnego ośrodka. Porównanie wyników symulacji komputerowych z rzeczywistymi obserwacjami dostarczy istotnych informacji o własnościach ośrodka międzygwiazdowego w Drodze Mlecznej. Dzięki powstałemu modelowi ośrodka międzygwiazdowego możliwe byłoby również usunięcie –

w trakcie obserwacji przez radioteleskop, w czasie rzeczywistym – efektu rozpraszania sygnału.

Bibliografia

Daszuta M., Lewandowski W., Kijak J., 2013, MNRAS, 436, 2492

Lewandowski W., Dembska M., Kijak J., Kowalinska M., 2013, MNRAS, 434, 69

Lewandowski W., Kijak J., Gupta Y., Krzeszowski K., 2011, A&A, 425, 569

Scheuer P. A. G., 1968, Nature, 218, 920

Projekt finansowany przez "Stypendia naukowe dla doktorantów, kształcących się na kierunkach uznanych za szczególnie istotne z punktu widzenia rozwoju Województwa Lubuskiego" nr projektu DFS.VI.052.4.17.9.2014.



Propagacja fali radiowej w ośrodku międzygwiazdowym

Mateusz Daszuta, Magdalena Kowalińska

Instytut Astronomii, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra

Wstęp

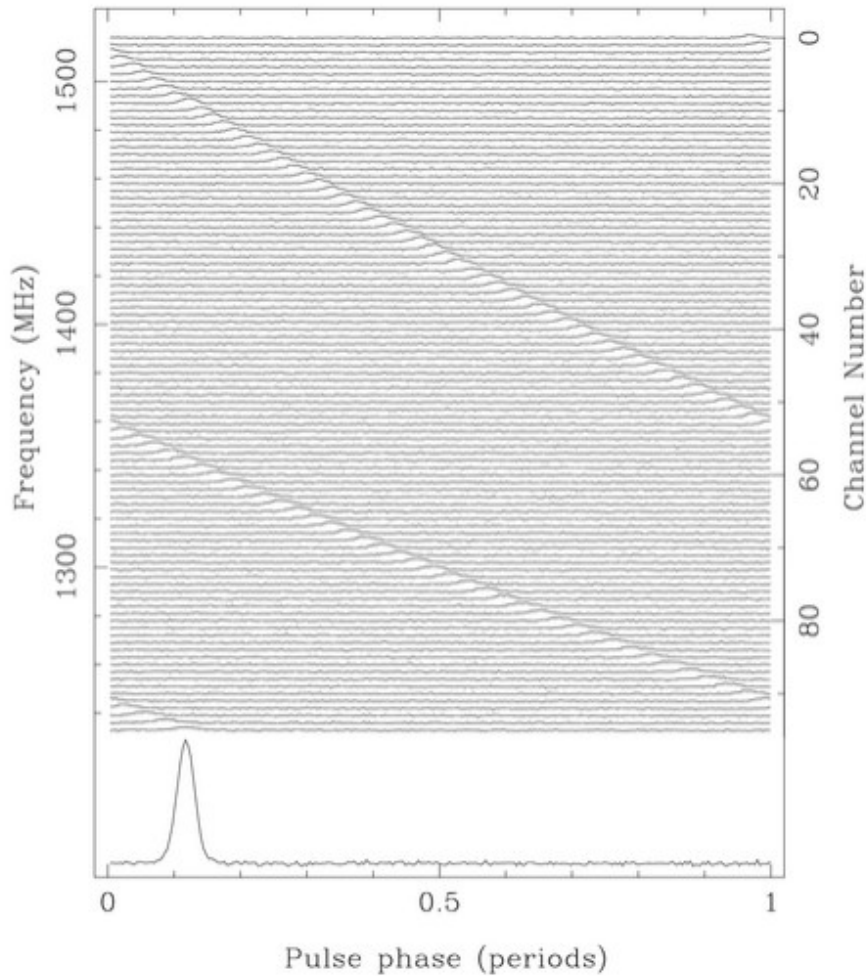
Fluktuacje rozkładu gęstości elektronów w Galaktyce, znajdujące się na drodze linii widzenia obserwatora, prowadzą do zniekształcenia sygnałów radiowych w ośrodku międzygwiazdowym. W konsekwencji fala radiowa przychodząca od pulsara ulega wyraźnemu wpływowi efektu dyspersji, rozproszenia oraz scyntylacji. W pierwszym przypadku wraz ze wzrostem częstotliwości odbierane promieniowanie pulsara dociera do odbiorcy z opóźnieniem. W kolejnym, efekt rozpraszania powoduje propagację sygnału rotującej gwiazdy neutronowej wzdłuż różnych ścieżek promieni, z różną geometryczną długością, natomiast scyntylacje wpływają na zmienność wartości strumienia energii w czasie obserwacji.

Dyspersja pulsu

Jednym z pierwszych efektów zaobserwowanych po odkryciu pulsarów (Hewish et al. 1968) był efekt dyspersji pulsu. Na rys 1. przedstawiona jest sekwencja pulsów pulsara. Wyraźnie widać, że pulsy obserwowane na wyższych częstotliwościach radiowych, przychodzą do obserwatora szybciej od pulsów obserwowanych na niższych częstotliwościach. Zjawisko to wytłumaczone jest przez zależność między częstotliwością i prędkością grupową fali radiowej propagowanej przez zjonizowane składniki ośrodka międzygwiazdowego. W tym wypadku, przesunięcie przychodzącego pulsu jest odwrotnie proporcjonalne do częstotliwości obserwacyjnej. Stała proporcjonalności nazwana jest miarą dyspersji DM (ang. dispersion measure) i jest to zintegrowana gęstość wolnych elektronów n_e na drodze pulsar obserwator dl .

$$DM = \int_0^D n_e dl,$$

Dwa pulsy obserwowane na różnych częstotliwościach różnią się czasem przyjścia. Poznanie różnicy czasów przyjścia pulsów pozwala na wyznaczenie miary dyspersji, co przy zadanej odległości daje możliwość oszacowania średniej gęstości elektronowej.

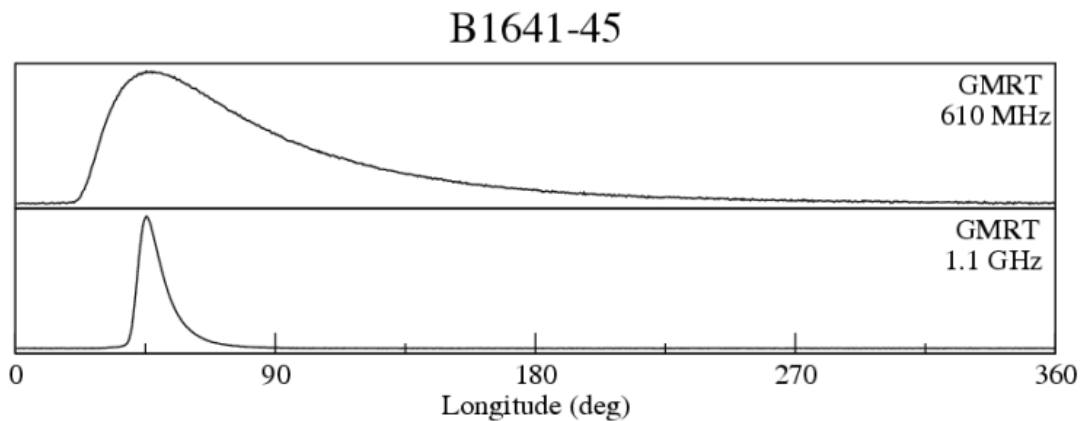


Rys. 1. Zjawisko dyspersji międzygwiazdowej.
(Cordes i in. 2004)

Zjawisko rozpraszania

Fluktuacje rozkładu gęstości elektronów w Galaktyce znajdujące się wzdłuż linii widzenia obserwatora prowadzą do powstania efektów rozpraszania sygnałów radiowych w ośrodku międzygwiazdowym. Efekt rozpraszania powoduje propagację sygnału pulsara wzdłuż różnych ścieżek promieni, z różną geometryczną długością. Wynikiem tego efektu jest opóźnienie czasu przyjscia impulsu do obserwatora tworząc przy tym charakterystyczny ‘eksponencjalny ogon’, zwany jako poszerzenie pulsu pulsara (Rys. 2). Poszerzenie pulsu zależy od miary dyspersji DM (ściślej mówiąc od fluktuacji gęstości elektronowej Δn_e), od częstotliwości obserwacyjnej (im niższa częstotliwość tym efekt rozpraszania będzie silniejszy) oraz od odległości między pulsarem a obserwatorem.

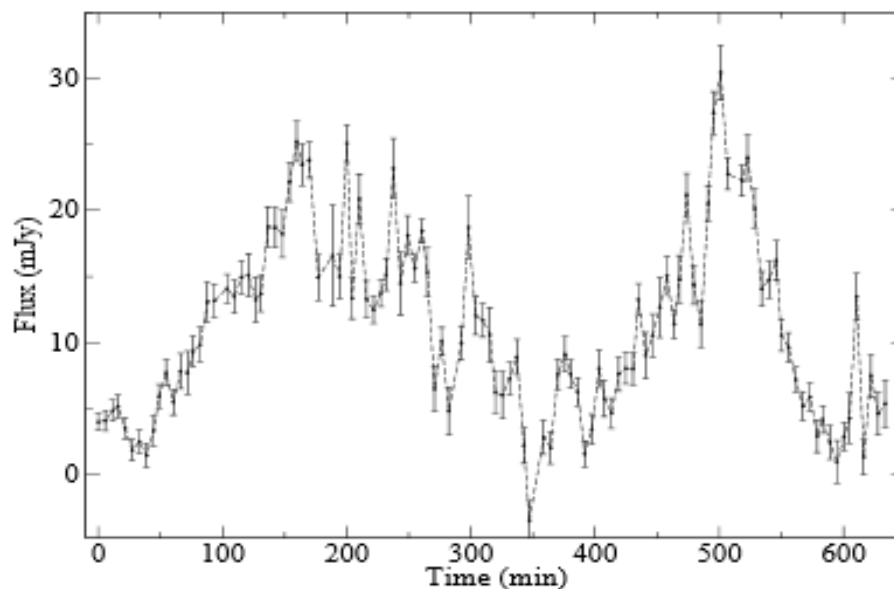
$$\tau_{sc} = \frac{e^4}{4\pi^2 m_e^2} \frac{\Delta n_e^2}{a} d^2 f^{-4}$$



Rys. 2. Wykres przedstawia przykładowy profil pulsara J1641-45 na częstotliwościach 610 MHz i 1.1 GHz, na podstawie którego została wyznaczona wartość poszerzenia pulsar. Obserwacje były przeprowadzone przy użyciu GMRT.

Scyntyłacje międzygwiazdowe

Ośrodek międzygwiazdowy jest zjonizowany i do tego niejednorodny. Niejednorodności te w ośrodku międzygwiazdowym wywołują zmianę fazy w propagującym się sygnale, co obserwuje się, jako zmiany natężenia. Zjawisko to pokazane na Rys. 3 znane jest, jako scyntyłacje międzygwiazdowe i jest ono odpowiednikiem migotania gwiazd, które jest wywołane przez atmosferę Ziemi. W zależności od rozmiarów zaburzeń czoła fali wyróżniamy dwa rodzaje scyntyłacji: słabe i silne, gdzie silne dzieli się na refrakcyjne i dyfrakcyjne. Scyntyłacje dyfrakcyjne charakteryzują się szybkimi zmianami w czasie (sekundy, minuty) z kolei w scyntyłacjach refrakcyjnych skale czasowe są powolne (godziny, dni).



Rys 3. Zależność średniej gęstości strumienia energii od czasu obserwacji.
(Daszuta i in. 2013)

Podsumowanie

Obserwacje pulsarów ze względu na swoją „pulsującą naturę” (wysyłają w dokładnych odstępach impulsy promieniowania radiowego) stanowią idealne narzędzie do badań ośrodka międzygwiazdowego oraz mają istotny wpływ na określenie sposobu propagacji fali radiowej. Obserwacje i badanie zjawiska dyspersji międzygwiazdowej oraz efektów rozpraszania i scyntytacji międzygwiazdowych dostarczają istotnych informacji na temat rozkładu m.in. ośrodka międzygwiazdowego w Galaktyce, ilości elektronów na drodze między pulsarem a obserwatorem, wpływu elektronów na profil pulsara, rozkładu gazu zjonizowanego, rozmiarów chmury obłoku międzygwiazdowego. Te wszystkie informacje pozwalają na określenie własności turbulentnych ośrodka międzygwiazdowego oraz sposobu propagacji fali radiowej w takim ośrodku.

Referencje

- Daszuta M., Lewandowski W., Kijak J., 2013, MNRAS, 436, 2492
Kijak J., Lewandowski W., Bhattacharyya B., Gupta Y., 2011APIC, 1357, 299
Lewandowski W., Dembska M., Kijak J., Kowalinska M., 2013, MNRAS, 434, 69
Lorimer D., Kramer M., 2005, Handbook of pulsar astronomy, Cambridge University Press, 301
Löhmer O., Kramer M., Mitra D., Lorimer D. R., Lyne A. G., 2001, ApJ, 562, L157

Podziękowania

Mateusz Daszuta jest stypendystą w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego oraz z budżetu państwa i Województwa Lubuskiego.

Magdalena Kowalińska jest stypendystką w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego oraz z budżetu państwa i Województwa Lubuskiego.

Akrecja Bondiego w czasoprzestrzeni Reissnera-Nordströma-(anty-)de Sittera

Filip Ficek

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Wstęp

Akrecją Bondiego nazywany jest sferycznie symetryczny, stacjonarny przepływ gazu, spowodowany grawitacją, na obiekt centralny [1]. Zajmować tu się będę akrecją Bondiego zachodzącą w czasoprzestrzeni Reissnera-Nordströma-(anty-)de Sittera, a w szczególności szukaniem położenia punktów dźwiękowych oraz badaniem trajektorii w przestrzeni fazowej $(u^r/u_t)^2(r)$. Interesować mnie będą szczególnie przepływy izotermiczne oraz politropowe. Problemy tu omawiane dogłębnie zbadano dla czasoprzestrzeni Schwarzschilda-(anty-)de Sittera w pracy [2], która stanowiła punkt wyjścia dla niniejszych rozważań. Uzyskane wyniki pokazują możliwość uzyskania zamkniętych trajektorii, które zgadzają się z wynikami uzyskanymi w pracach [2] i [3], dotyczących osobno przypadków ze stałą kosmologiczną i z ładunkiem.

Hydrodynamika w czasoprzestrzeni Reissnera-Nordströma-(anty-)de Sittera

Czasoprzestrzeń Reissnera-Nordströma-(anty-)de Sittera opisuje naładowaną czarną dziurę znajdującą się we wszechświecie ze stałą kosmologiczną. Element liniowy jej metryki można zapisać w postaci:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2m}{r} + \frac{Q^2}{r^2} - \frac{\Lambda}{3}r^2\right) dt^2 + 2\left(\frac{2m}{r} - \frac{Q^2}{r^2} + \frac{\Lambda}{3}r^2\right) dt dr \\ + \left(1 + \frac{2m}{r} - \frac{Q^2}{r^2} + \frac{\Lambda}{3}r^2\right) dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2),$$

gdzie m oznacza masę centralnego ciała, Q jego ładunek, a Λ stałą kosmologiczną. Metryka ta charakteryzuje się istnieniem do trzech horyzontów. Są to horyzont Cauchy'ego, horyzont zdarzeń oraz horyzont kosmologiczny. Czasoprzestrzenie tego rodzaju są szczególnie interesujące ze względu na istnienie dość dużych jakościowych podobieństw pomiędzy horyzontem Cauchy'ego, a wewnętrznym horyzontem w czarnej dziurze Kerr. Rotujące czarne dziury mają duże znaczenie w astrofizyce, lecz są one trudnym obiektem badań teoretycznych z powodu nie rozwiązanej jeszcze w ich przypadku problemu klejenia czasoprzestrzeni. Czasoprzestrzenie Reissnera-Nordströma, jako sferycznie symetryczne, nie stwarzają problemów przy klejeniu, co w połączeniu z wcześniej podkreślonym podobieństwem do Kerr powoduje, że warte może być ich badanie.

Rozważam idealny płyn opisywany przez tensor energii-pędu postaci

$$T^{\mu\nu} = (e + p)u^\mu u^\nu + pg^{\mu\nu},$$

gdzie e jest gęstością energii, p ciśnieniem, u^μ czteropędkością, zaś $g^{\mu\nu}$ tensorem metrycznym. Wprowadzam również gęstość płynu ρ oraz jego entalpię właściwą h zdefiniowaną jako $h=(e+p)/\rho$. Dla takiego płynu w rozważanej czasoprzestrzeni zasady zachowania liczby cząstek oraz energii i pędu redukują się do wyrażen:

$$\rho u^r r^2 = \text{const}, \quad h \sqrt{1 - \frac{2m}{r} + \frac{Q^2}{r^2} - \frac{\Lambda}{3}r^2 + (u^r)^2} = \text{const}.$$

Definiuję prędkość dźwięku a przy pomocy równania $a^2=(\partial p/\partial e)_\sigma$, gdzie pochodna jest wykonywana przy stałej entropii właściwej σ . Dla przepływu barotropowego, czyli takiego w którym ciśnienie płynu jest tylko funkcją jego gęstości, prędkość dźwięku opisywana jest równaniem:

$$a^2 = \frac{1}{h} \frac{dp}{d\rho}.$$

Punkty dźwiękowe

Punktami dźwiękowymi nazywam miejsca, w których prędkość płynu zdefiniowana jako u^r/u_t staje się równa prędkości dźwięku a . Z uwagi na symetrię rozważanej czasoprzestrzeni, punkty dźwiękowe w rzeczywistości będą sferami. Dla przepływu barotropowego, z wypisanych wcześniej zasad zachowania wynikać będzie równość:

$$\left(\left(\frac{u^r}{u_t} \right)^2 - a^2 \right) \frac{\partial(\ln u^r)}{\partial r} = \frac{1}{r(u_t)^2} \left(2a^2(u_t)^2 - \frac{m}{r} + \frac{Q^2}{r^2} + \frac{\Lambda}{3}r^2 \right).$$

Wynika z niej, że dla skończonej wartości $\partial(\ln u^r)/\partial r$, punkt dźwiękowy znajduje się w punkcie takim, że

$$(u_*^r)^2 = \frac{m}{2r_*} - \frac{Q^2}{2r_*^2} - \frac{\Lambda}{6}r_*^2.$$

Odtąd wielkości z gwiazdką odnosić się będą do wartości w punkcie dźwiękowym.

Aby rozwiązać problem znajdowania trajektorii płynu, należy zadać jeszcze warunki graniczne. Zamykamy płyn w kuli o dużym, lecz skończonym promieniu r_∞ takim, że masa zawartej w niej materii jest dużo mniejsza od

masy czarnej dziury. Wówczas akrecja nie ma wpływu na masę czarnej dziury i rozważana sytuacja może być stacjonarna. Na brzegu kuli zadajemy gęstość ρ_∞ oraz prędkość dźwięku a_∞ .

Przepływ izotermiczny

Równanie stanu izotermicznego gazu ma postać $p=ke$, gdzie k jest pewną stałą. Dla takiego równania stanu, prędkość dźwięku jest stała w całej przestrzeni i wynosi \sqrt{k} . Położenia punktów dźwiękowych spełniają równanie:

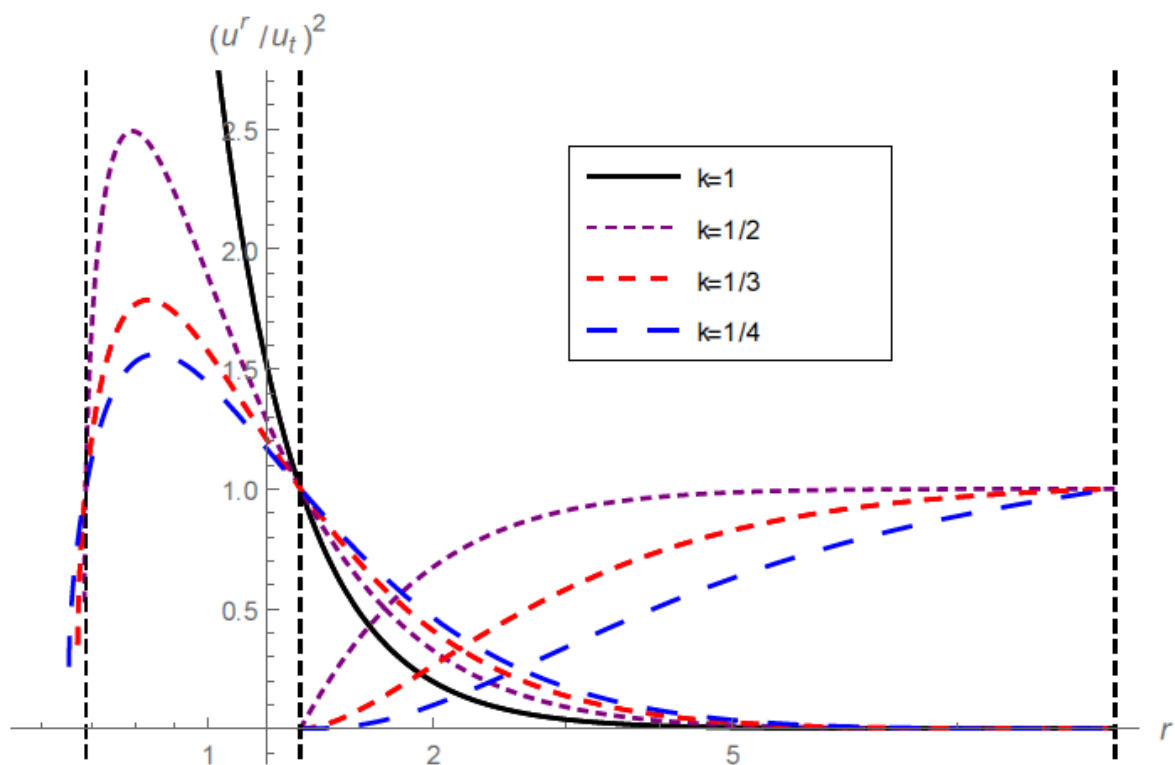
$$k \left(1 - \frac{3m}{2r_*} + \frac{Q^2}{2r_*^2} - \frac{\Lambda}{2} r_*^2 \right) = \frac{m}{2r_*} - \frac{Q^2}{2r_*^2} - \frac{\Lambda}{6} r_*^2.$$

Zasady zachowania w tym wypadku redukują się do formuły:

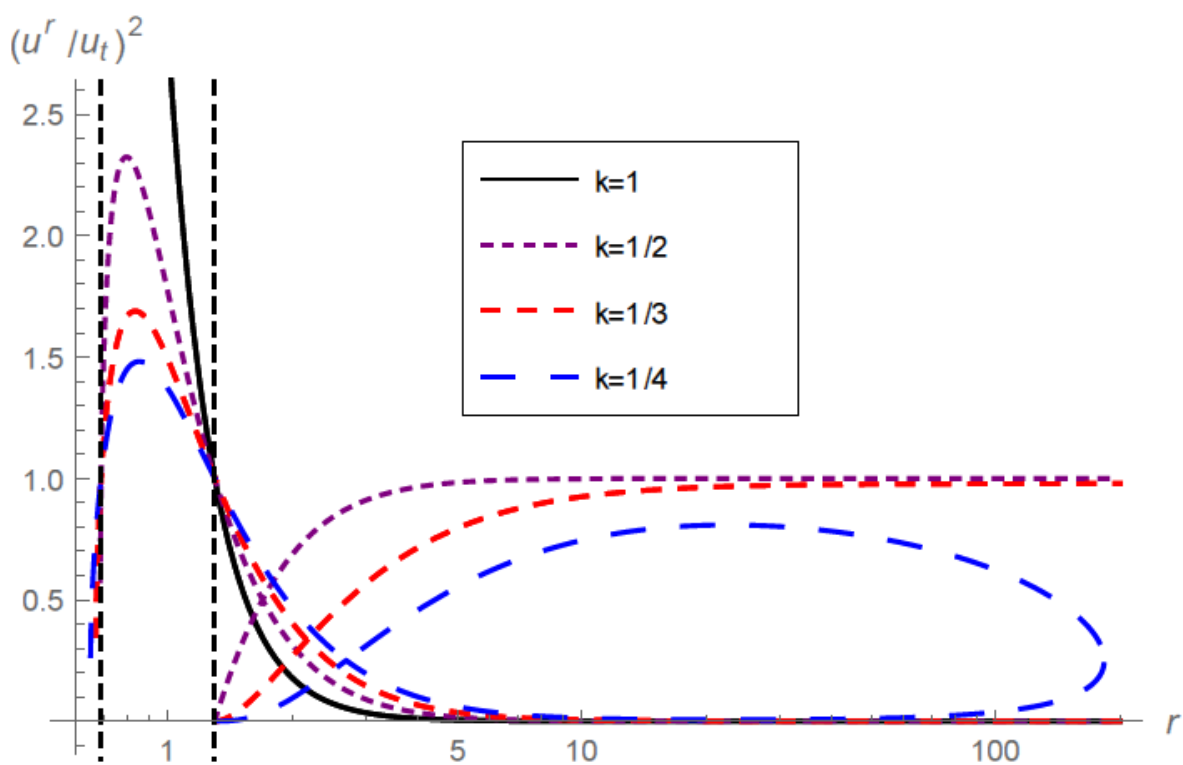
$$\sqrt{1 - \frac{2m}{r} + \frac{Q^2}{r^2} - \frac{\Lambda}{3} r^2} + (u^r)^2 = Cr^{2k} (u^r)^k.$$

Równanie to jest rozwiązywalne numerycznie dla każdej wartości k , lecz dla kilku wartości istnieje również rozwiązanie analityczne. Wartości te to 1, 3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4. Każda z nich zamienia powyższe równania, na wielomian co najwyżej czwartego stopnia względem u^r , czyli funkcję, której pierwiastki da się zapisać w jawnej postaci. Niestety większość z nich ma skomplikowaną postać i nie ma sensu ich wypisywanie, niemniej jednak przy użyciu dowolnego systemu algebry komputerowej, da się je odtworzyć.

Rysunki 1 i 2 przedstawiają wykresy fazowe przepływu w przypadkach $k=1$, 1/2, 1/3 oraz 1/4. Są to przypadki reprezentujące odpowiednio płyny ultrasztywny i ultrarelatywistyczny, gaz fotonowy oraz płyn subrelatywistyczny. Wyniki te jakościowo zgadzają się z tymi otrzymanymi przez Bondiego [1]. Dla przypadków innych niż $k=1$ można zauważyć istnienie rozwiązań dwóch rodzajów. Można je interpretować jako gałąź akrecji oraz gałąź wiatru gwiazdowego. Okazuje się, że w przypadku ujemnej stałej kosmologicznej, dla wartości k mniejszej niż 1/3 możliwe jest otrzymanie zamkniętych trajektorii. Demonstruje to Rys.2. Ponadto dla $k=1/3$ położenie punktów dźwiękowych nie zależy od wartości stałej kosmologicznej. Istnieje też interesująca zależność pomiędzy położeniem horyzontów oraz punktów dźwiękowych w tym przypadku. Jak pokazuje Rys.3, horyzont kosmologiczny znajduje się powyżej "górnego" punktu dźwiękowego, horyzont Cauchy'ego poniżej "dolnego", zaś horyzont zdarzeń pomiędzy nimi. Można udowodnić, że w przypadku gdy dwa horyzonty nakładają się na siebie, zawsze w tym samym miejscu znajduje się też punkt dźwiękowy.



Rys. 1. Trajektorie przepływów dla $m=1$, $Q=95/100$ i $\Lambda=1/100$. Przerwane linie pionowe wyznaczają położenia horyzontów.



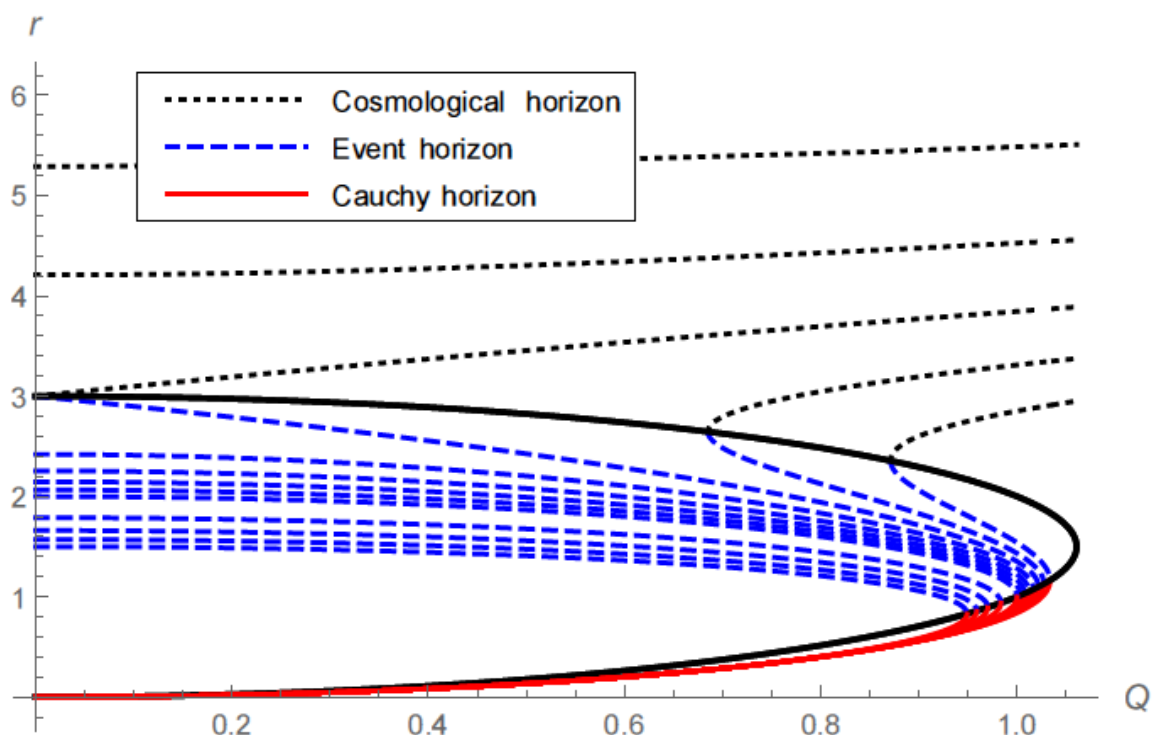
Rys. 2. Trajektorie przepływów dla $m=1$, $Q=95/100$ i $\Lambda = -1/100$. Przerwane linie pionowe wyznaczają położenia horyzontów.

Przepływ politropowy

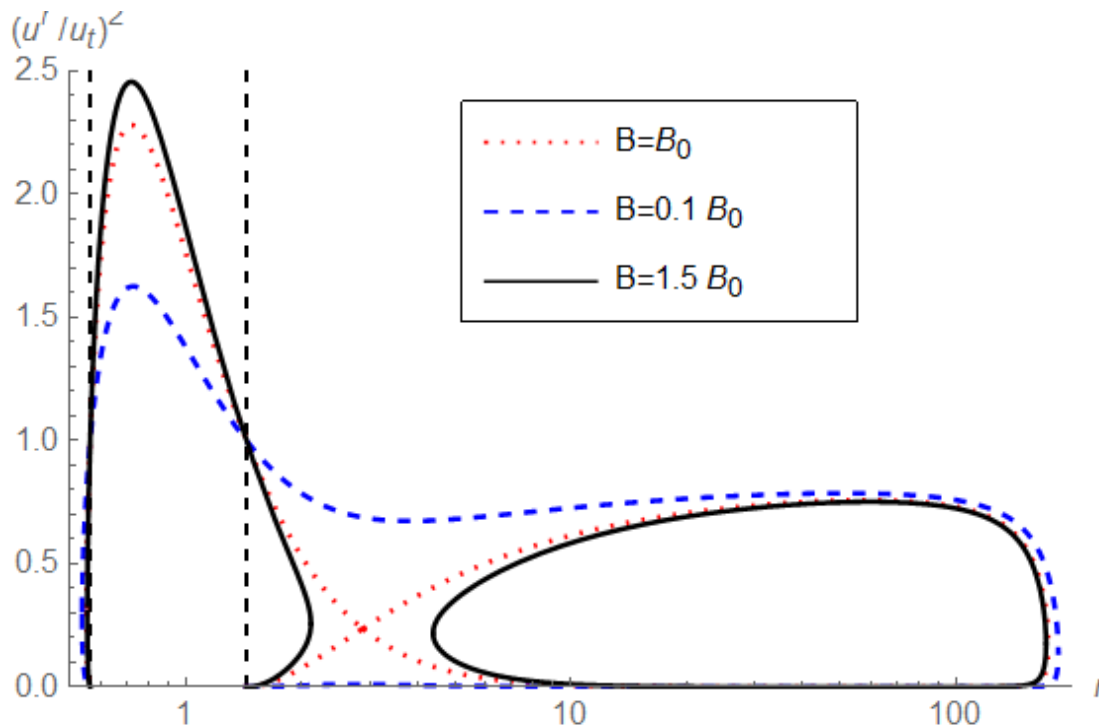
W przepływie politropowym płyn charakteryzowany jest równaniem stanu postaci $p=K\rho^\Gamma$, gdzie K oraz Γ są stałymi. Płyn taki porusza się po trajektorii wynikającej z równania:

$$(\Gamma - 1 - a^2) \sqrt{1 - \frac{2m}{r_\infty} + \frac{Q^2}{r_\infty^2} - \frac{\Lambda}{3} r_\infty^2 + (u_\infty^r)^2} \\ = (\Gamma - 1 - a_\infty^2) \sqrt{1 - \frac{2m}{r} + \frac{Q^2}{r^2} - \frac{\Lambda}{3} r^2 + (u^r)^2}.$$

Dokonując dodatkowych rozważań można dojść do postaci pozwalającej na otrzymanie trajektorii w przestrzeni $(u^r/u_t)^2(r)$. Wyniki te dla przypadku ujemnej stałej kosmologicznej pokazuje Rys. 4. Pokazano na nim rozwiązanie przechodzące przez punkt dźwiękowy, oraz dwa rozwiązania charakteryzujące się zmienioną stałą przepływu B_0 (nie będe tu wchodził w techniczne szczegóły związane z jej znaczeniem). W tym wypadku rozwiązanie transsoniczne jest zamknięte i ma kształt okularów. Rozwiązania nie przechodzące przez punkt dźwiękowy również są zamknięte.



Rys. 3. Położenia horyzontów oraz punktów dźwiękowych (czarna linia ciągła) w zależności od ładunku Q dla różnych wartości stałej kosmologicznej.



Rys. 4. Trajektorie przepływów dla $m=1$, $Q=9/10$ i $\Lambda=-3,535 \cdot 10^{-4}$, $\Gamma=4/3$, $r_\infty=10^6$, $a_\infty^2=0,2$. Przerwane linie pionowe wyznaczają położenia horyzontów.

Podsumowanie

Najważniejszym z otrzymanych wyników jest możliwość otrzymania zamkniętych trajektorii w przestrzeni fazowej dla politrop oraz subrelatywistycznych izoterm. W pracy [2] zostało już pokazane, że w czarnej dziurze Schwarzschilda-anty-de Sittera można otrzymać trajektorie zamknięte "od góry", natomiast z pracy [3] wynika, że w czasoprzestrzeni z ładunkiem trajektorie mogą się zamykać w okolicy horyzontu Cauchy'ego. Na podstawie tych wyników można było się spodziewać, że w czasoprzestrzeni zarówno z ładunkiem, jak i stałą kosmologiczną, możliwe będzie otrzymanie trajektorii zamkniętej z obu stron. Istotnie, takie podobne do okularów krzywe, udało się otrzymać. Ponadto zauważona została interesująca zależność pomiędzy położeniami horyzontów a punktów dźwiękowych w przypadku gazu fotonowego.

Literatura

- [1] Bondi H., 1952, MNRAS 112, 195
- [2] Mach P., Malec E., Karkowski J., 2013, Phys. Rev. D 88, 084056
- [3] Babichev E. O., Dokuchaev V. I., Eroshenko Yu. N., 2011, JETP 112, 784

Metody selekcji modeli kosmologicznych

Włodzimierz Godłowski¹, Marek Biesiada², Zong-Hong Zhu³

¹ Instytut Fizyki, Uniwersytet Opolski, Opole

² Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski, Katowice

³ Department of Astronomy, Beijing Normal University, China

Streszczenie

Jedną z kluczowych kwestii nowoczesnej kosmologii obserwacyjnej jest problem wyboru między różnymi modelami kosmologicznymi. Problem, nazywany problemem degeneracji modeli kosmologicznych, polega na tym, iż wiele różnych modeli wykazuje podobną zgodność z obecnymi obserwacjami. Naszym zdaniem rozwiązaniem tego problemu jest z jednej strony łączna analiza wielu różnych danych astronomicznych, jak dla: supernowych typu Ia (SNIa), radioźródeł Fanaroff-Riley typu IIb (FRIIb), radio galaktyk (RG), oscylacji barionowych (Baryon Acoustic Oscillations) oraz mikrofalowego promieniowania tła (CMBR). Z drugiej, ważną rolę odgrywa użycie kryteriów informacyjnych, jak kryterium Akaike (AIC) i Bayesowskie kryterium informacyjne (BIC) oraz ewidencji i entropii. Ponadto przydatne jest szczegółowe przeanalizowanie przewidywań badanych modeli kosmologicznych, jak na przykład przewidywanych wartości gęstości materii $\Omega_{m,0}$ i porównanie ich z wynikami pomiarów astrofizycznych. Takie podejście umożliwi usunięcie problemu degeneracji i znalezienia modelu kosmologicznego najlepiej pasującego do danych obserwacyjnych

Wstęp

Przełomowym momentem w rozwoju nowoczesnej kosmologii było odkrycie, iż odległe supernowe są słabsze niż oczekiwano (Perlmutter i in. 1998, Riess i in. 1998, Perlmutter i in. 1999). Zinterpretowano to jako rozszerzanie się wszechświata powodowane niezerową wartością stałej kosmologicznej. Taka interpretacja jest nie komfortowa w tym sensie, iż nie potrafimy teoretycznie uzasadnić istnienia niezerowej stałej kosmologicznej o takiej wartości, jaka jest wymagana przez obserwacje. Co więcej, jeśli próbujemy teoretycznie wyliczyć taką wartość, to otrzymane przewidywania teoretyczne i obserwacyjne różnią się o ponad 120 rzędów wielkości. Tak więc, sytuacja jest dla nas całkowicie niesatysfakcjonująca i zaowocowała różnymi próbami znalezienia modelu kosmologicznego, alternatywnego do modelu ze stałą kosmologiczną (Λ CDM).

Testowanie modeli kosmologicznych oparte jest na metodzie funkcji największej wiarygodności i zastosowaniu twierdzenia Bayesa. Zakładając gaussowski rozkład błędów łatwo można obliczyć prawdopodobieństwo otrzymania zespołu rzeczywistych danych obserwacyjnych przy założeniu

prawdziwości konkretnego modelu kosmologicznego A_i . W naszym przypadku zestawem danych obserwacyjnych są obserwowane jasności supernowych m_{obs} . Natomiast model przewiduje, że przy założeniu jego prawdziwości powinniśmy otrzymać jasności teoretyczne m_{teo} . Tym samym prawdopodobieństwo otrzymania rzeczywistych obserwacji przy założeniu prawdziwości danego modelu teoretycznego $p(m|A)$ wyraża się wzorem:

$$p(m|A_i) = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp\left\{-\frac{(m_{\text{teo},i} - m_{\text{obs},i})^2}{2\sigma_i^2}\right\} = \prod_i \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} \exp\left\{-\frac{\chi_i^2}{2}\right\},$$

przy czym należy pamiętać, iż suma kwadratów odchyłeń od wartości oczekiwanej poszczególnych pomiarów podzielona przez wariancję, ma rozkład χ^2 o $N-d$ stopniach swobody, gdzie N jest liczbą obserwacji a d liczbą swobodnych parametrów modelu. Tym samym funkcja największej wiarygodności ma postać: $L \sim \exp(-\chi^2/2)$.

Twierdzenie Bayesa

$$p(A_i|m) = \frac{p(m|A_i) p(A_i)}{p(m)}$$

gdzie, $p(m)$ to prawdopodobieństwo całkowite uzyskania zespołu danych obserwacyjnych, $p(A_i)$ prawdopodobieństwo a priori danego modelu, a $p(A_i|m)$ prawdopodobieństwo modelu pod warunkiem wystąpienia zespołu rzeczywistych obserwacji, umożliwia wyliczenie prawdopodobieństwa prawdziwości każdego z analizowanych modeli kosmologicznych. Klasycznie porównuje się modele w ramach jednej klasy modeli – np. Λ CDM a poszczególne modele różnią się wartościami parametrów kosmologicznych. W pierwszym przybliżeniu zakłada się zazwyczaj że wszystkie modele kosmologiczne są a priori jednakowo prawdopodobne. Za najlepszy model uważa się ten, który daje największe prawdopodobieństwo $p(A_i|m)$.

W ten sposób w ramach modelu płaskiego modelu Λ CDM znaleziono, iż najlepszym modelem jest ten, w którym gęstość materii pyłowej, (czyli o równaniu stanu $p=0$) wynosi $\Omega_{m,0} \sim 0.3$. Z podanych wyżej przyczyn model ten budzi jednak liczne zastrzeżenia. Dlatego też proponowano inne typy modeli, jak np. modele branowe, model Cardassian, modele fantomowe czy uogólniony gaz Czapłygina. Wydawać by się mogło, że łatwo znajdziemy najlepszy model kosmologiczny. Tymczasem pojawiają się dwa problemy. Po pierwsze różne klasy modeli mogą mieć różną liczbę swobodnych parametrów. Tak np. model Λ CDM ma 3 swobodne parametry, podczas gdy uogólniony model gazu Chaplygina (Biesiada Godłowski & Szydłowski 2005) posiada ich aż 5. Z reguły model o większej liczbie parametrów będzie formalnie lepiej pasował do danych obserwacyjnych niż model o mniejszej

liczbie parametrów. Podobnie formalnie parabola zawsze lepiej pasuje do danych obserwacyjnych niż model liniowy, a niekoniecznie odejście od modelu liniowego jest uzależnione fizycznie. Tak więc, gdy będziemy porównywać klasy modeli o różnej liczbie swobodnych parametrów, to zazwyczaj nie będziemy wiedzieć czy różnice w wartości statystyki χ^2 wynikają z tego że model jest istotnie lepszy fizycznie, czy też z tego że model o mniejszej wartości χ^2 ma większą liczbę parametrów. Jednak, nawet gdy klasy modeli mają taką samą liczbę stopni swobody, to często wartości χ^2 różnią się minimalnie – czy więc możemy powiedzieć, że dany model jest lepszy, gdy wartości χ^2 różnią się o 0.1?

Kryteria informacyjne

Odpowiedź na te pytania może dać zastosowanie kryteriów informacyjnych. Najczęściej spotykanymi kryteriami informacyjnymi są: kryterium Akaike AIC (Akaike 1974)

$$AIC = -2\ln L + 2d$$

oraz Bayesowskie kryterium informacyjne BIC (Schwarz 1978)

$$BIC = -2\ln L + d \ln N$$

W kryterium AIC za najlepszy model uważamy model minimalizujący wartość AIC, podczas gdy dla kryterium BIC, uwzględniającego liczebności analizowanej próbki, dopiero różnica wartości BIC powyżej 2 jest znacząca (6 oznacza różnicę istotnie znaczącą).

Kolejnymi kryteriami są: ewidencja

$$P(D|M_i) = \int L(\bar{\theta})P(\bar{\theta}|M_i)d\bar{\theta} \equiv E_i$$

bazująca na rozkładzie całej funkcji największej wiarygodności (a nie tylko jak AIC i BIC na jej wartości maksymalnej), oraz entropia Shannona:

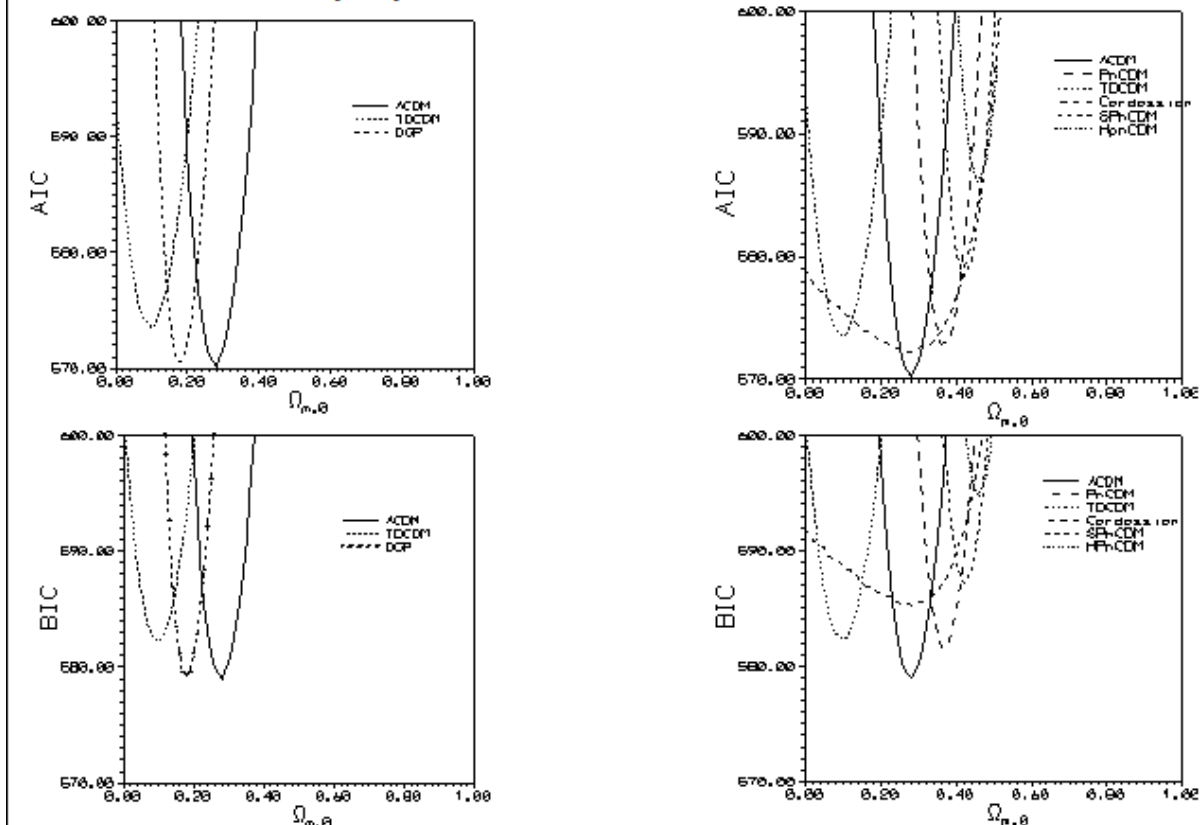
$$Entropy = - \sum f_i \log_a(f_i)$$

Aby zademonstrować potęgę kryteriów informacyjnych rozważmy następujący przykład obrazujący analizę Supernowych Ia pochodzącą z próbek GOLD i Union 2.1 dla kilku popularnych modeli kosmologicznych. Nowa próbka Union 2.1 jest prawie 4 razy liczebniejsza niż stara próbka GOLD, więc można się spodziewać, że oparte o nią wyniki będą znacznie bardziej konkluzywne. Rzeczywiście wartości entropii dla nowej próbki są znacznie mniejsze i dlatego ją wybieramy do dalszej analizy.

Flat models: topological defect, the cosmological constant, phantoms, the Cardassian model, Deffayet-Dvali-Gabadadze)
 Evidence is arbitrary normalized (10^{-36} , 10^{-121} respectively)

Model	χ^2	Entropy (M,0=0.3)	Evidence	d	M,0=0.3	other	
GOLD SNIA DATA N=157 ($\ln N = 5.0562$)							
LCDM	175.87	0.6039	0.6011	0.28488	2	0.31	
TCDM	179.24	0.6272	0.6409	0.06271	2	0.15	
PCDM	174.01	0.5902	0.5775	0.63723	2	0.39	
SPCDM	173.10	0.5812	0.5619	0.94655	2	0.44	
HPCDM	172.68	0.5746	0.5510	1.10983	2	0.47	
CARDA	172.55	0.7178	0.6821	0.71977	3	0.49	(w=-4.1)
DDGP	176.55	0.6385	0.5580	0.19913	2	0.21	0.156
Union 2.1 SNIA Data N=580 ($\ln N = 6.3630$)							
LCDM	566.18	0.4017	0.4532	0.10057	2	0.28	
TCDM	569.47	0.4254	0.4938	0.02402	2	0.10	
PCDM	568.85	0.3881	0.4298	0.02688	2	0.36	
SPCDM	574.41	0.3794	0.4149	0.00140	2	0.42	
HPCDM	582.08	0.3734	0.4048	0.000028	2	0.46	
CARDA	566.59	0.5022	0.7452	0.01256	3	0.28	(w=0.1)
DGP	566.59	0.4315	0.3885	0.09931	2	0.18	0.169

State of art – popular models with Union SNIa data



Jak widać, mimo dość zbliżonych wartości statystyk χ^2 , kryteria informacyjne faworyzują dwa modele: Λ CDM oraz branowy model DGP. Same kryteria informacyjne nie są w stanie pomóc nam w wyborze między tymi modelami. Jednakże można zauważyć, że oba te modele przewidują różną wartość gęstości materii pyłowej $\Omega_{m,0}$. W przypadku modelu Λ CDM $\Omega_{m,0}=0.28$, natomiast w przypadku modelu DGP $\Omega_{m,0}=0.18$. Ta różnica umożliwi nam rozróżnienie między tymi dwoma klasami modeli na podstawie innych niezależnych danych. Ponieważ pomiary astrofizyczne pokazują, że gęstość materii pyłowej $\Omega_{m,0}$ wynosi około 0.3, tym samym oznacza to, że model Λ CDM jest faworyzowany przez obserwacje.

Kolejnym krokiem naprzód jest równoczesne wykorzystanie wielu różnych danych astronomicznych (dla: supernowych typu Ia, radioźródeł Fanaroff-Riley typu IIb, radio galaktyk, barionowych oscylacji akustycznych, mikrofalowego promieniowania tła), czy test wieku życia najstarszych obiektów we Wszechświecie. Przykładowo, jest rzeczą oczywistą, że czas życia najstarszych obiektów we Wszechświecie nie może być większy niż czas życia całego Wszechświata. Tym samym, jeśli otrzymamy, że w danym modelu kosmologicznym czas, który upłynął od Wielkiego Wybuchu jest krótszy niż czas życia najstarszych obiektów we Wszechświecie, to możemy taki model odrzucić.

Podsumowanie

Problem selekcji modeli kosmologicznych jest trudny, ponieważ wiele różnych modeli kosmologicznych wykazuje formalnie podobną zgodność z obecnymi obserwacjami. Jednak zastosowanie kryteriów informacyjnych oraz szczegółowa analiza przewidywań badanych modeli kosmologicznych umożliwia nam rozwiązanie tego problemu, a przynajmniej znaczne zawężenie klas modeli kosmologicznych, które są faworyzowane przez obserwacje.

Referencje

- Akaike H., 1974, IEEE Trans. Auto. Control, 19, 716
- Biesiada M., Godłowski W., Szydlowski M., 2005, Astrophys. J., 622, 28
- Perlmutter S. i in., 1998, Nature , 391, 51
- Perlmutter S. i in., 1999, Astrophys. J., 517, 565
- Riess A. G. i in., 1998, Astron. J., 116, 1009



Niewypały w koronie słonecznej, czyli o zatrzymanych erupcjach

Dominik Gronkiewicz

Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego
gronki@gmail.com

Atmosfera słoneczna to bardzo niespokojne miejsce. W okolicach obszarów aktywnych, gdzie w skrzyżowanym polu magnetycznym zmagazynowana jest energia, a jej uwolnienie napędza wiele spektakularnych zjawisk, takich jak rozbłyski czy erupcje protuberancji, które mogą skutkować, jako koronalne wyrzuty materii.

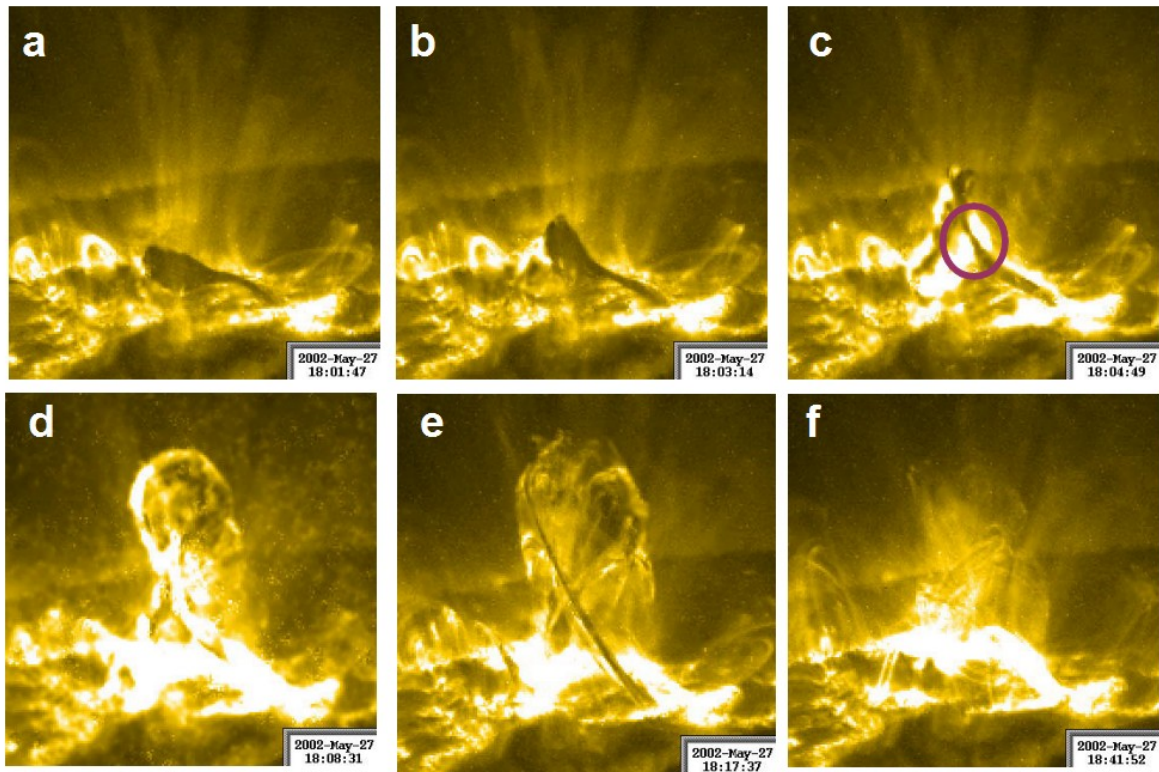
Protuberancje to obłoki chłodnej plazmy, wiszące spokojnie na hamaku z linii pola magnetycznego. Jakiś proces fizyczny może wytrącić taką strukturę ze stanu równowagi. Jeżeli nic jej nie powstrzyma, plazma wraz z polem magnetycznym zostaną wyrzucone ze Słońca w postaci koronalnego wyrzutu materii (CME).

Mechanizmy utraty stabilności są różne [1]. Jednym z nich jest osłabienie pola magnetycznego poniżej protuberancji przez rekoneksję magnetyczną (*tether-cutting*) lub anihilację na poziomie fotosfery (*flux-cancelling*). W obu przypadkach, pole magnetyczne po osłabieniu nie jest wystarczające do utrzymania protuberancji w ryzach. Wskutek tego, obserwujemy unoszenie i wyrzut protuberancji zakończony rozbłyskiem w zakotwiczeniach pętli magnetycznych. Inny mechanizm opiera się na przerwaniu pola ponad protuberancją (*breakout*). W tym scenariuszu, ekspandująca struktura protuberancji naciska na okalające je pole o niestabilnej konfiguracji. Dochodzi do przełączenia i anihilacji tego pola, przez co uwolniona protuberancja jest wyrzucana. Jeszcze inne procesy zachodzą, kiedy struktura magnetyczna protuberancji jest silnie skrzyżowana (nawet o kąt ponad 720 stopni). Taka napężona rura magnetyczna może ulec wyboczeniu skrętnemu (*kink instability*) lub toroidalnemu (*torus instability*), powodując erupcję wmrózoną w nią plazmy.

Nie jest jednak powiedziane, że erupcja z całą pewnością musi opuścić Słońce. Gilbert i in. [2] podzielili erupcje na kilka klas: erupcje pełne, gdzie ponad 90% plazmy i pola magnetycznego jest wyrzucana, częściowe, w których tylko pewien ułamek plazmy i szkieletu magnetycznego opuszcza Słońce, oraz erupcje zatrzymane, kiedy cała plazma i struktura magnetyczna zostaje uwięziona. Niniejszy artykuł będzie dotyczył tej ostatniej klasy erupcji.

Dlaczego erupcja nie daje rady opuścić korony słonecznej? Pierwszym podejrzanym czynnikiem mogłaby być grawitacja. Jednak Ji i in. [3] oraz Mrozek [4] w swoich pracach oszacowali przyspieszenia podczas hamowania frontu erupcji. Opóźnienie struktur widocznych na obrazach ultrafioletowych wyniosło, odpowiednio, 10g oraz 2g, gdzie g – przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Słońca (274 m/s^2). Sama grawitacja jest więc niewystarczająca do wytłumaczenia takich opóźnień.

Nadal badane są mechanizmy, które decydują o tym, czy dana erupcja będzie zatrzymana. Rozpatruje się tutaj możliwości oddziaływania z okalającym polem magnetycznym [4], z plazmą koronalną, lub po prostu osiągnięcie nowego stanu równowagi przez rozszerzającą się lub odkręcającą się strukturę [3].



Rys.1. Sekwencja obrazów TRACE w filtrze 195A, przedstawiająca erupcję zatrzymaną z 27 maja 2004. Fioletowym owalem na panelu (c) zaznaczono miejsce wydzielania energii i grzania plazmy. Opis paneli: (a) stan początkowy (b, c) wznoszenie erupcji (d) położenie maksymalne (e,f) spływ plazmy w kierunku powierzchni Słońca. (źródło: [3], stopklatki z załączonego filmu).

Szeroko dyskutowanym w literaturze zjawiskiem była erupcja z 27 maja 2004. Obserwacje ultrafioletowe (TRACE), rentgenowskie (RHESSI) oraz w świetle widzialnym (BBSO $H\alpha$) były analizowane przez Ji i in. [3] oraz Alexander i in. [5]. Przebieg zjawiska został pokazany na rys. 1. Z jakiegoś powodu, silnie skręcony sznur magnetyczny, stanowiący strukturę ciemnej protuberancji widocznej przy powierzchni na rys. 1a, został wytracony z położenia stabilnego i uległ erupcji poprzez mechanizm wyboczenia skrętnego (*kink instability*). Po osiągnięciu stabilnej konfiguracji energetycznej, ruch ustał. Na obrazach 1e,f widoczna jest plazma spływająca w dół linii pola i gorące pętle rozbłyaskowe. Jednak jaki proces sprawił, że stacjonarna struktura nagle uległa tak dramatycznej ekspansji?

Na rys. 1c zaznaczono fioletowym kolorem pojaśnienie. Obserwacje w paśmie $H\alpha$ pokazują przerwanie ciągłości włókna protuberancji w tym punkcie. Oznacza to jednoznacznie wzrost temperatury plazmy (i całkowitą

jonizację wodoru). W tym samym miejscu zlokalizowano na obrazach RHESSI źródło twardego promieniowania rentgenowskiego. Mamy więc do czynienia z punktem, gdzie plazma jest grzana, a więc wydzielana jest energia, prawdopodobnie w wyniku przełączania pól znajdujących się ponad protuberancją. Zmiana konfiguracji pola magnetycznego otaczającego protuberancję oznaczała zwolnienie „więzów” ją stabilizujących i umożliwiła jej ruch do góry.

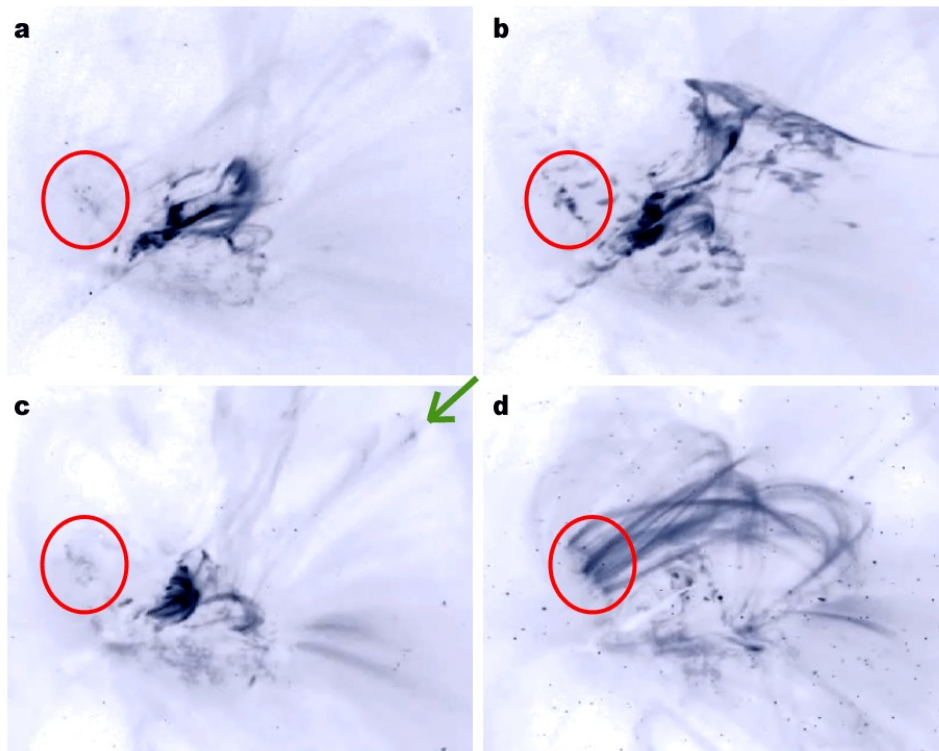
Skoro osłabienie pola ponad protuberancją umożliwiło ekspansję, to poprowadźmy rozumowanie w drugą stronę. Zatrzymanie erupcji na pewnej wysokości pozwala wysnuć hipotezę, że część pól powyżej protuberancji pozostała zamknięta, i to one zablokowały pełną erupcję. Znaczenie pola okalającego erupcję zostało pokazane przez Török & Kliem [6] drogą symulacji magneto-hydrodynamicznych. Modelując erupcję opisywaną przez Ji [3], zakładając identyczną konfigurację pola magnetycznego protuberancji, otrzymywali erupcje pełne lub zatrzymane, w zależności od natężenia i rozkładu pola znajdującego się ponad protuberancją. Szybsze osłabianie pola wraz z wysokością sprzyjało powstawaniu erupcji pełnej.

Istnieje jednak pewna grupa erupcji zatrzymanych, w których oddziaływanie frontu erupcji z polem jest bardziej bezpośrednie, i może powodować wydzielenie energii samo w sobie, co jesteśmy w stanie zaobserwować naszymi instrumentami.

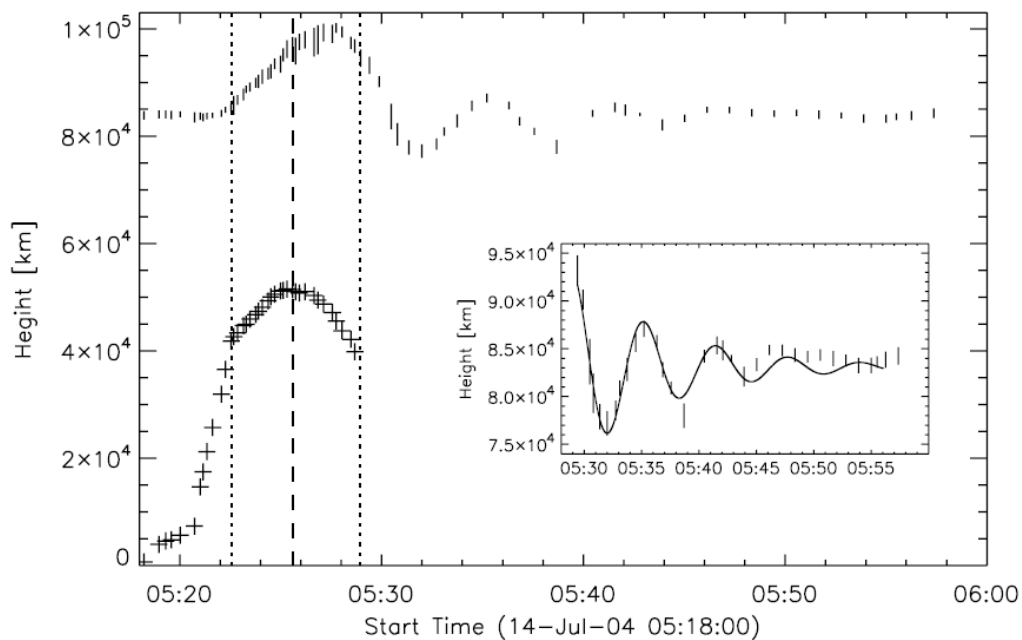
Mrozek [4] analizował zatrzymaną erupcję z 14 lipca 2004, obserwowaną w filtrze ultrafioletowym 171A przez instrument TRACE. (rys. 2) Erupcja, stowarzyszona z rozbłyskiem klasy M6.2, została uwięziona przez system pętli magnetycznych znajdujących się powyżej. Pętle te były w dużej części niewidoczne, zaczęły świecić w tej długości fali dopiero około 2h po początku zjawiska. Po przechwyceniu, nastąpiła wtórna erupcja w kierunku bocznym, jednak jej prędkość była znacznie mniejsza niż erupcji początkowej.

Na rys. 3 widoczny jest profil wysokościowy frontu erupcji. Opóźnienie w fazie hamowania wynosi około 2g. Jedna z pętli znajdujących się ponad erupcją świeciła w ultrafiolecie, możliwe więc było monitorowanie jej pozycji. Podczas hamowania, pętla była unoszona, co potwierdza fakt oddziaływania z erupcją. Po ustaniu naporu frontu, pętla wykonywała tłumione oscylacje o okresie $P = 377$ sek oraz stałej zaniku $\tau = 500$ sek. Autor znalazł niezgodność z modelami teoretycznymi, które przewidują znacznie szybsze rozpraszanie energii oscylacji pętli niż zaobserwowane.

Około dwóch godzin po rozpoczęciu zjawiska, ponad obszarem aktywnym rozświetlił się otaczający go system pętli magnetycznych, wyglądem przypominających pętle porozbłyiskowe (rys. 2d). Wysokość pętli bardzo zbliżona do wysokości zatrzymania erupcji sugeruje, że właśnie te pętle były odpowiedzialne za jej wyhamowanie. Wcześniej, podczas hamowania erupcji, w miejscach zakotwiczeń tych pętli zarejestrowano krótkie impulsowe pojaśnienia (rys. 2b, kółko).

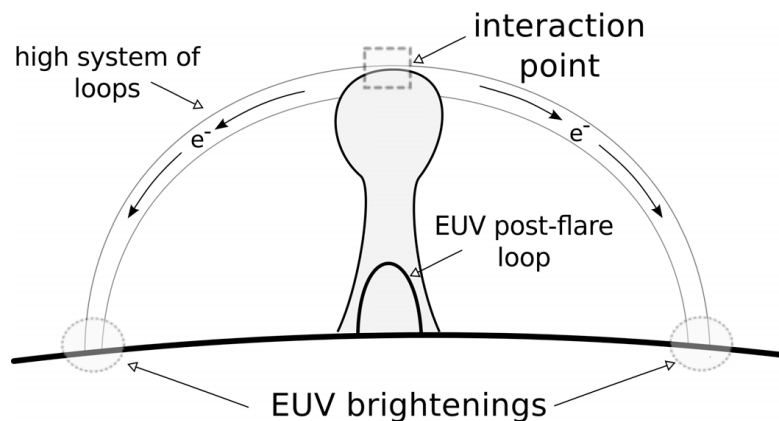


Rys.2. Ewolucja zatrzymanej erupcji z 14 lipca 2004. Czerwonym owalem zaznaczone zakotwiczenia pętli widocznych na panelu (d). Zielona strzałka wskazuje pętlę, w której wzbudzone zostały oscylacje radialne. Opisy paneli: (a) Początek erupcji. (b) Zatrzymanie erupcji przez system niewidocznych pętli (c) Końcowa faza erupcji, oscylacje pętli (d) Świecenie pętli odpowiedzialnych za zatrzymanie erupcji. (źródło: [4], stopklatki z załączonego filmu).



Rys. 3. Profil frontu erupcji oraz położenie jednej z pętli powyżej erupcji (patrz rys. 2). Widoczny jest początkowy wspólny ruch struktur, a następnie gasnące oscylacje (źródło: [4]).

Fakty te rysują nam przypuszczalny scenariusz zdarzeń: dochodzi do kolizji erupcji z pętlami otaczającymi, w obszarze kontaktu zachodzą przełączenia linii pola magnetycznego (rys. 4). Dalej, podobnie jak w standardowym modelu rozbłysku, wyprodukowane w ten sposób nietermiczne relatywistyczne elektrony podróżują w dół pętli i bombardują niskie warstwy atmosfery Słońca. Rozgrzana plazma jest pobudzana do świecenia (stąd pojaśnienia) i wypełnia pętlę, która po ostygnięciu staje się widoczna 2 godziny później w filtrze 171Å.



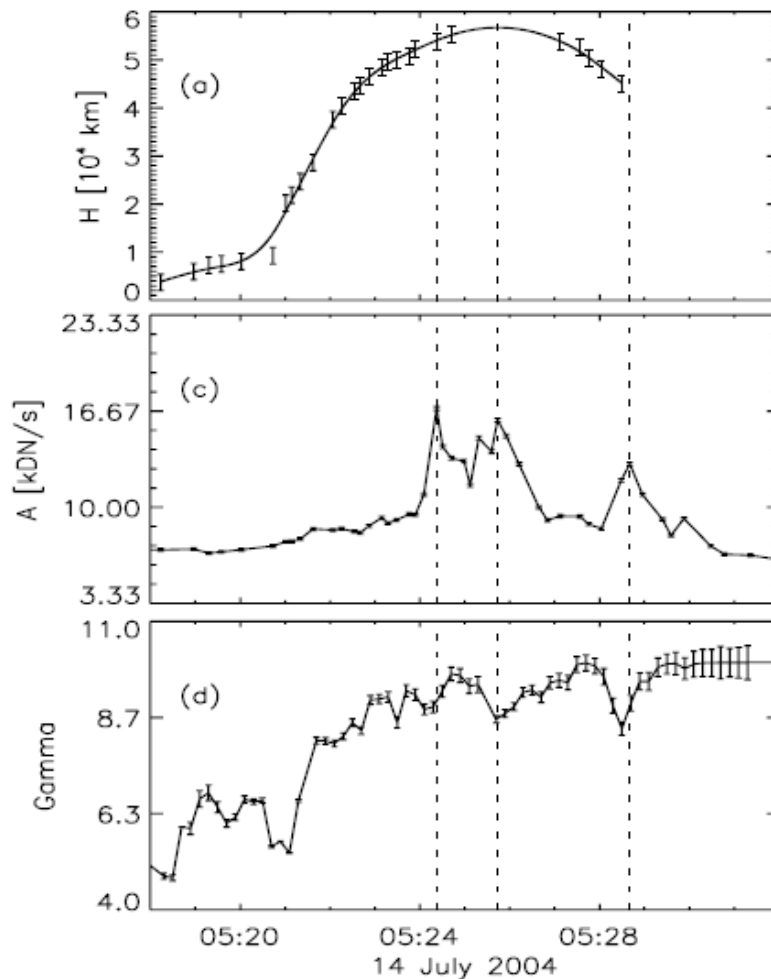
Rys.4. Schemat klasy zatrzymanych erupcji, gdzie erupcja bezpośrednio oddziałuje z otaczającym polem produkując nietermiczne elektrony (źródło: [7]).

To zjawisko oraz dwa inne były analizowane przez Netzel i in. [7]. W dwóch pozostałych przypadkach analizowanych w tej pracy (zjawiska z 1999/10/22 oraz 2004/08/13), obserwowany scenariusz był podobny: podczas zatrzymania erupcji, obserwowano punktowe pojaśnienia w pobliżu obszaru aktywnego. Pojaśnienia okazały się być zakotwiczeniami pętli, które ukazały się na obrazach kilkadziesiąt minut później.

W pracy analizowano również dane rentgenowskie z obserwatoriów Yohkoh i RHESSI. Zaobserwowano krótkie wzrosty strumienia rentgenowskiego (w kanałach 12-25 keV dla RHESSI oraz 23-33 keV dla Yohkoh) połączone ze spadkami współczynnika widmowego gamma, oba skorelowane czasowo z pojaśnieniami w podstawach pętli (rys. 5). Spadek współczynnika gamma oznacza „wypłaszczenie” potęgowe „ogona” widma rentgenowskiego, a więc wzrost wkładu fotonów bardziej energetycznych ($I(E) \sim E^{-\gamma}$, gdzie E – energia fotonu [keV]). W świetle modelu grubej tarczy, możemy to interpretować jako zderzanie z chromosferą energetycznych, nietermicznych elektronów, wyprodukowanych przez przełączenia w trakcie hamowania erupcji.

Autor analizował również obrazy w twardym promieniowaniu rentgena. W jednym z trzech zjawisk (z 22 października 1999) udało się zaobserwować wyraźną emisję w kanale 23-33 keV pochodzącą z frontu erupcji, co sugeruje, że faktycznie może tam dochodzić do wydzielenia energii i produkcji elektro-

nów nietermicznych. Nie zaobserwowano natomiast emisji z obszarów pojaśnień ultrafioletowych w podstawach pętli okalających, co jest zgodne z przewidywaniami, że emisja ta jest poniżej progu detekcji obecnych instrumentów.



Rys. 5. Porównanie profilu wysokości erupcji z 14 lipca 2004, natężenia pojaśnień ultrafioletowych i współczynnika widmowego gamma. (źródło: [7], fragment rysunku).

Instrument TRACE dawno nie funkcjonuje, za to maksimum obecnego 24. cyklu słonecznego zostało objęte przez okres obserwacji nowego, potężnego narzędzia heliofizyków – Solar Dynamics Observatory (SDO). Pomimo nieco gorszej rozdzielczości kątowej niż TRACE, instrument ten w sposób ciągły obserwuje cały dysk słoneczny w ultrafiolecie, z bardzo dobrą rozdzielczością czasową. Z kolei instrument RHESSI, umożliwiający zarówno przeprowadzanie spektroskopii rentgenowskiej jak i rekonstrukcji obrazów nieustannie wpatruje się w Słońce, i pomimo ubiegłu lat i pewnej degradacji detektorów nadal funkcjonuje dobrze. Te ciągłe obserwacje dają ogromne możliwości wyszukiwania, a następnie analizy tych rzadkich i słabo zbadanych zjawisk, w celu lepszego zrozumienia procesów fizycznych, które tam zachodzą.

Literatura

- [1] Chen P. F., 2011, *Coronal Mass Ejections: Models and Their Observational Basis*, Living Reviews in Solar Physics, 2011-1
- [2] Gilbert H. R., Alexander D., Liu R., 2007, *Filament Kinking and its Implications for Eruption and Reformation*, Solar Physics vol. 245, 287-309
- [3] Ji H., Wang H., Schmahl E. J., Moon Y.-J., Jiang Y., 2003, *Observations of the Failed Eruption of a Filament*, ApJ, 595:L135-L138
- [4] Mrozek T., 2011, *Failed Eruption of a Filament as a Driver for Vertical Oscillations of Coronal Loops*, Solar Physics 270, 191-203
- [5] Alexander D., Liu R., Gilbert H. R., 2006, *Hard X-Ray Production in a Failed Filament Eruption*, ApJ 653:719-724
- [6] Török T., Kliem B., 2005, *Confined and Ejective Eruptions of Kink-Unstable Flux Ropes*, ApJ, 630:L97-L100
- [7] Netzel A., Mrozek T., Kołomański S., Gburek S., 2012, *Extreme- ultra violet and hard X-ray signatures of electron acceleration during the failed eruption of a filament*, Astronomy&Astrophysics 548, A89



Piotr Flin, Vladyslava Marsakova i Henryk Brancewicz.



Recurrent jet activity in radio galaxies

Marek Jamrozy^{1,2}

¹Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

²Astronomia Nova

The extragalactic radio sources have been known for about six decades (e.g. Cygnus A was identified with an optical galaxy by Baade and Minkowski in 1954). The commonly accepted mechanism of a radio source creation needs a spinning supermassive black hole (SMBH) with an accretion disk, from which the energy is transferred to the extended lobes by narrow relativistic jets (Scheuer 1974). The coexistence of magnetic field and relativistic plasma leads to radiation by a synchrotron mechanism, which can be observed in the radio domain. Some long-lasting concepts about the basic properties of radio sources have had to be modified recently. It is well known that the jet activity ($\sim 10^7 - 10^8$ yrs), compared with the life of the parent galaxy ($\sim 10^{10}$ yrs), is rather short. However, as it will be explained further, this kind of activity can be resumed, contingent on the physical conditions in the vicinity of the central SMBH. The existence of peculiar sources which cannot be classified neither as FRI nor FR II (Fanaroff & Riley 1974; see Fig 1.) can be a signature of an intermittent AGN activity. These include radio galaxies with two (or more) pairs of lobes emerging from the same radio core and aligned along a common axis (for an example see Fig.2). This category of objects, called double-double radio galaxies (DDRGs; Schoenmakers et al. 2000), constitute a rare class of extragalactic radio sources (about 50 DDRGs are known to date; for references see Saikia & Jamrozy 2009; Nandi & Saikia 2012). DDRGs apparently occur over a wide range of sizes, from hundreds of kpc up to more than one Mpc. Recurrent activity could also have significant implications on feedback processes in active galaxies and on the evolution of galaxies themselves.

The interruptions in the jet production mechanism could be caused by refueling of the central engine, as well as by instabilities in the existing accretion disk. It was suggested by Liu and his collaborators (Liu 2004; Liu et al. 2003, 2012), that this kind of objects may arise due to binary SMBHs interacting with the accretion disk. The second black hole migrates inwards, disrupting the inner parts of the accretion disk. The gap in the accretion disk expands after the binary SMBH coalesces, interrupting jet formation, which can restart later, following the inflow of new material into the central region. As a consequence a DDRG is born. However, a statistical study of a bigger sample is essential to test the generality of this hypothesis.

Another issue which still remains unknown is a mechanism of the inner lobes formation. There are two plausible models to explain how the inner doubles form. In the first one (called the „classical FR II model”), the inner

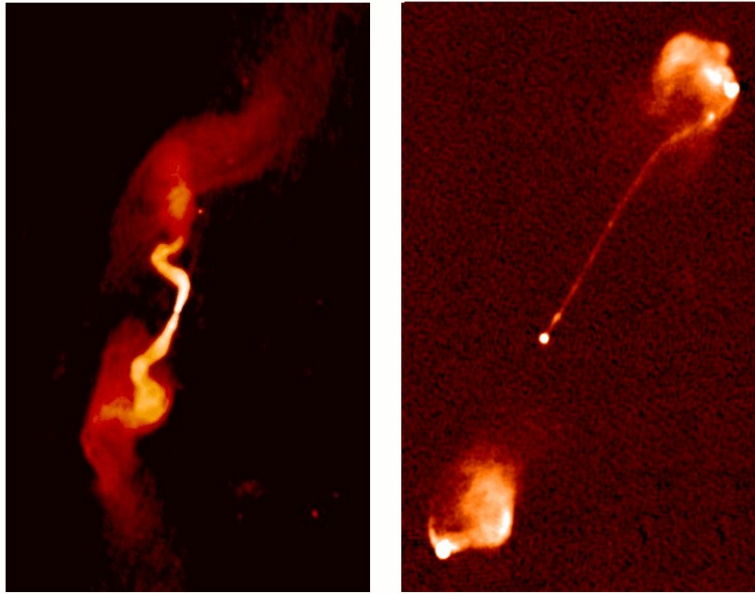


Fig. 1. Images of two large-scale powerful radio sources. *Left panel:* This Very Large Array (VLA) image shows the radio morphology of the radio galaxy 3C31. This system is a typical FRI-type radio source, with conical jets developing into distorted plumes. *Right panel:* This VLA image shows the 5-GHz radio emission from relativistic streams of high energy particles generated by the quasar 3C175. This is a classic powerful double-lobed radio source of the FRII-type. The quasar has double lobes with prominent hot spots, and a narrow jet. Images courtesy of NRAO/AUI.

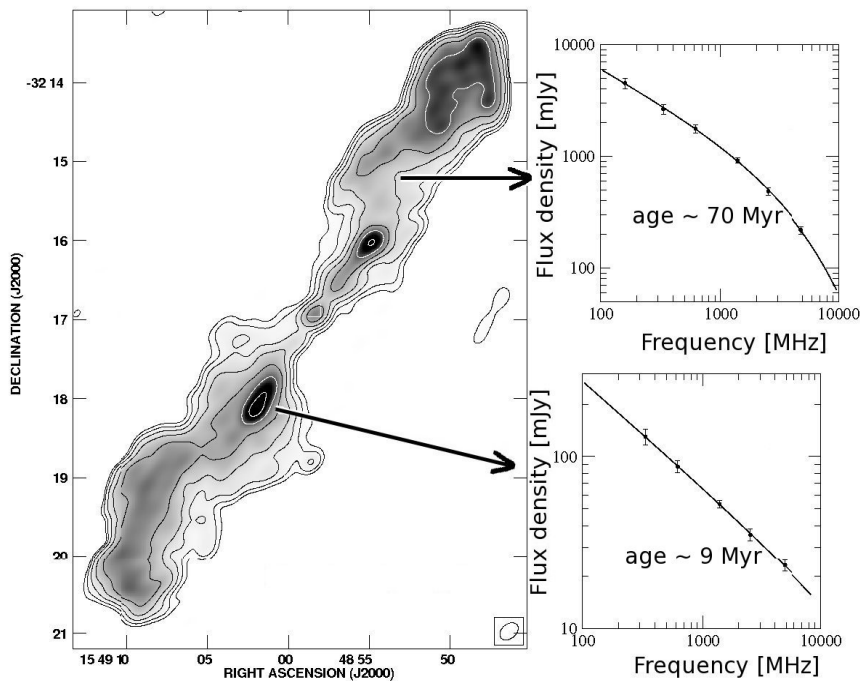


Fig. 2. *Left panel:* 5-GHz VLA image of the double-double radio galaxy J1548-3216 (PKS 1545-321). *Right panel:* spectra of the outer northern lobe, fitted with the Jaffe-Perola model (Jaffe & Perola 1973), and of the inner southern lobe, fitted with the continuous injection model (Kardashev 1962). The age of the respective structures is also indicated. For details, see Machalski et al. (2010).

lobes are formed in the same way as the lobes of the classical „one cycle” radio galaxies. Kaiser (2000) has proposed that matter is ingested into the outer lobes of a DDRG during their growth and quiescent phases, and that the inner lobes actually propagate through a denser medium than would be expected purely from a consideration of the synchrotron-emitting plasma. However, currently there is no direct evidence of such material in the lobes. In the second model, (called the „bow-shock model”) the inner doubles are created by the re-acceleration of the outer cocoon particles at the bow shocks, created by the heads of almost ballistically moving jets (Brocksopp et al. 2007, 2011; Safouris et al. 2008). It is quite plausible that either of the two mentioned models of the inner doubles may be required to explain their dynamics and structure, depending on the inner jet power and the matter density in the outer cocoon. If compact hotspots are observed, the classical FR II model should be valid. An absence of hotspots on both sides of the inner doubles can be explained by the absence of a jet termination shock but the presence of a bow shock instead. Both the classical FR II and the bow-shock models may be used simultaneously to fully describe the dynamics and the structure of the inner doubles.

In order to understand the cycles of AGNs and the phases of interruption of the jet flow, it is crucial to determine ages of the charged particles in different regions within the radio lobes. The fact that in some radio galaxies two or even three (e.g. Hota et al., 2011) pairs of lobes can be observed, implies that the time required for the jet flow to cease is shorter than that for the outer lobes to fade. Therefore, since the lobes of extended radio sources can store the energy supplied by the jets for a time longer than the duration of the quiescent phase, the radio galaxies are able to preserve information on the past activity of the AGN. The spectral age in different parts of the lobes, i.e. the time elapsed since the radiating particles were last accelerated, is determined using the classical synchrotron theory (Jaffe & Peola, 1973; Kardashev, 1962; Myers & Spangler, 1985; Carilli et al., 1991), which describes the time evolution of emission spectrum of a single population of particles with an initial power-law energy distribution. The power of the distribution corresponds to the initial (injection) spectral index, α_{inj} , which can be estimated from the observational low-frequency data. A spectral turnover (break frequency), ν_{br} , above which the radio spectrum steepens from the injected power law is related to the spectral (synchrotron) age. The values of α_{inj} and ν_{br} could be found by a fit to the observed radio spectra. However, when calculating the synchrotron age one should keep in mind all the problems with both the principles and the practical application of spectral-ageing calculations to physical conditions in radio sources. This is described in detail in the introduction of our paper by Machalski et al. (2009). The observed steepening of the spectrum need not to be entirely due to radiative energy losses. A possible evolution of the local magnetic fields, a bulk backflow and significant mixing of the lobe

material, or the difficulties in disentangling the effects of the various loss processes have been pointed out in a number of papers (cf. Rudnick, Katz-Stone & Anderson, 1994; Eilek & Arendt, 1996; Jones, Ryu & Engel, 1999). Initially, the problem of how to reconcile the spectral and dynamical ages was discussed by Blundell & Rawlings (2000). They argued that spectral ages can give meaningful estimates of dynamical ages only when these ages are less than 10^7 yrs. Therefore, in addition to the synchrotron age we also determine the dynamical age of the radio structures. Details of this approach, which is based also on multifrequency radio analysis, are given by Machalski et al. (2007). Machalski et al. (2010) determined synchrotron as well as dynamical ages and other physical characteristics of the outer and the inner lobes, along with the properties of the surrounding environment during the original and restarted phases of the jet activity of the DDRG J1548-3216 (see Fig. 2). Using multifrequency radio maps of this galaxy, the shape of the spectrum along its lobes was determined and the classical spectral ageing analysis was carried out. The age of the outer and the inner lobes of J1548-3216 is 70 and ~ 9 Myr, respectively. These ages imply an average expansion speed along the jet axis of $0.012c$ in the outer lobes, and $0.058c$ in the inner lobes. The application of the analytical model of the jet's dynamics yielded that the jet power during the restarted activity was about ten-fold smaller than that of the original jet. Similar multifrequency analyses to that described above were performed for some other DDRGs, i.e. J1453+3308 (Konar et al. 2006), 4C+29.30 (Jamrozy et al. 2007; see Fig. 3), J0041+3224 and J1835+6204 (Konar et al. 2012, 2013). One of the results we obtained was the average injection spectral index being almost the same in two cycles of jet activity for J0041+3224, J1453+3308, and 4C+29.30. This means that the values of α_{inj} are determined by the intrinsic properties of the sources. Konar et al. (2012) found that the duration of the quiescent phase of J0041+3224 is between 4 and 28 percent of the age of the outer doubles (~ 26 Myr). Analogously, in the case of J1835+6204 the duration of the quiescent phase is less than 5 percent of the duration of the previous activity (~ 22 Myr). Hence, the off-time in the case of large-scale DDRGs could be of order of few Myr. Early studies of DDRGs suggested that these are likely to be associated with giant radio sources ($>1\text{Mpc}$), yielding time scales of the quiescent phase, as it is shown above, in the order of 10^6 yrs or so. However, to understand the range of time-scales of episodic activity and possible reasons for it, it is necessary to significantly increase the number of sources with evidence of recurrent activity. Currently, only few double-double giant-size sources are known to have the activity time-scales determined.

It is clear that the study of DDRGs is very important to understand the dynamics of FR II jets and lobes, the interaction between the jets and the ambient medium, as well as the interaction between the matter of the ambient medium and non-thermal processes within the outer lobes. The small number

of well-studied DDRGs (see the sources mentioned above) to date is a reason for a gap in our understanding of recurrent radio activity in AGNs, hence the phenomenon still awaits further multifrequency investigations and comprehensive explanation.

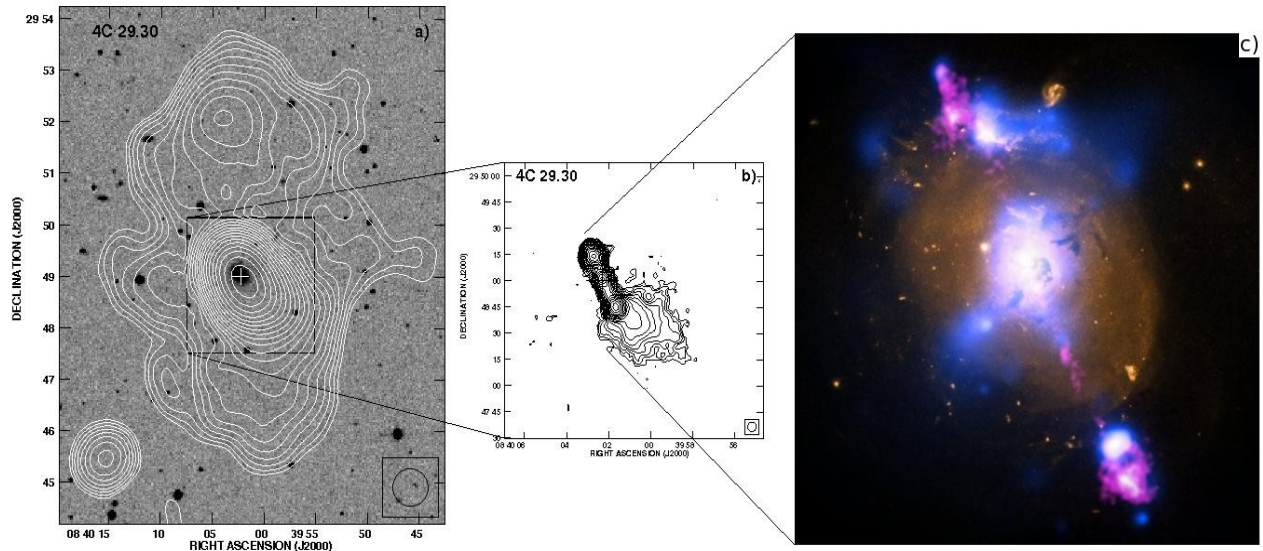


Fig. 3. 1.4 GHz VLA images of 4C29.30 (J0840+2949). (a) D-array contour map of the entire source overlaid on the optical field from the Digital Sky Survey (DSS). (b) B-array contour map of the central part of the source from FIRST. Jamrozy et al. (2007) determined the spectrum of the inner double from 240 to 8460 MHz and show that it has a single power-law spectrum with a spectral index of ~ 0.8 . Its spectral age is estimated to be less than 33 Myr. The extended diffuse emission has a steep spectrum with a spectral index of ~ 1.3 and a spectral age larger than 200 Myr. (c) The inner part of the source. The image contains X-ray data (blue), optical light (gold) and radio waves (pink) (Siemiginowska et al. 2012).

Acknowledgements

This work was supported in part by Polish NSC grant DEC-2013/09/B/ST9/00599.

References

- Baade W., Minkowski E., 1954, ApJ, 119, 206
- Blundell K. M., Rawlings S., 2000, AJ, 119, 1111
- Brockopp C., Kaiser C.R., Schoenmakers A.P., de Bruyn A.G., 2007, MNRAS, 382, 1019
- Brockopp C., Kaiser C.R., Schoenmakers A.P., de Bruyn A.G., 2011, MNRAS, 410, 484
- Carilli C.L., Perley R.A., Dreher J.W., Leahy J.P., 1991, ApJ, 383, 554
- Eilek J. A., Arendt P. N., 1996, ApJ, 457, 150
- Fanaroff B.L., Riley J.M., 1974, MNRAS, 167, 31

Hota A., Sirothia S.K., Ohyama Y., Konar C. et al., 2011, MNRAS, 417L, 36
Jaffe W. J., Perola G.C., 1973, A&A, 26, 423
Jamrozy M., Konar C., Saikia D.J., Stawarz, Ł. et al., 2007, MNRAS,
378, 581
Jones T. W., Ryu D., Engel A., 1999, ApJ, 512, 105
Kaiser C. R., 2000, A&A, 362, 447
Kardashev N.A., 1962, SvA, 6, 317
Konar C., Saikia D.J., Jamrozy M., Machalski J., 2006, MNRAS, 372, 693
Konar C., Hardcastle M. J., Jamrozy M., Croston J.H., Nandi S., 2012,
MNRAS, 424, 1061
Konar C., Hardcastle M. J., Jamrozy M., Croston J.H., 2013, MNRAS, 430,
2137
Nandi S., Saikia D. J., 2012, BASI, 40, 121
Liu F. K., 2004, MNRAS, 347, 1357
Liu F. K., Wang D., Chen X., 2012 ApJ, 746, 176
Liu F. K., Wu X.-B., Cao S.L., 2003, MNRAS, 340, 411
Machalski J., Chyży K.T., Stawarz Ł., Koziel D., 2007, A&A, 462, 43
Machalski J., Jamrozy M., Konar C., 2010, A&A, 510, 84
Machalski J., Jamrozy M., Saikia D.J., 2009, MNRAS, 395, 812
Myers S.T., Spangler S.R., 1985, ApJ, 291, 52
Rudnick L., Katz-Stone D., Anderson M., 1994, ApJS, 90, 955
Safouris V., Subrahmanyan R., Bicknell G.V., Saripalli L., 2008, MNRAS,
385, 2117
Saikia D.J., Jamrozy M., 2009, BASI, 37, 63
Scheuer P.A.G., 1974, MNRAS, 166, 513
Schoenmakers A.P., de Bruyn A.G., Röttgering H.J.A., van der Laan H.,
Kaiser, C.R., 2000, MNRAS, 315, 371
Siemiginowska A., Stawarz Ł., Cheung C.C., Aldcroft T. L. et al., 2012,
ApJ, 750, 124

Podstawy fizyczne detekcji i charakteryzacji planet pozasłonecznych

Mikołaj Karawacki

Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego, *mapkarawacki@gmail.com*

[Przyczynek na konferencję Meet the Space II]

Metody detekcji

Spektroskopia dopplerowska (metoda prędkości radialnych)

Orbitowana przez planetę (planety) gwiazda porusza się wokół środka masy układu ciał. Prędkość liniową v gwiazdy w układzie odniesienia związanym z obserwatorem na Ziemi rozłożyć można na składową równoległą, radialną, względem kierunku obserwacji i składową prostopadłą. Prędkość radialną v_r gwiazdy wyznaczyć można obserwując przesunięcia dopplerowskie linii absorpcyjnych jej widma względem wzorca λ_{lab} nieruchomego w układzie obserwatora:

$$v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{lab}}$$

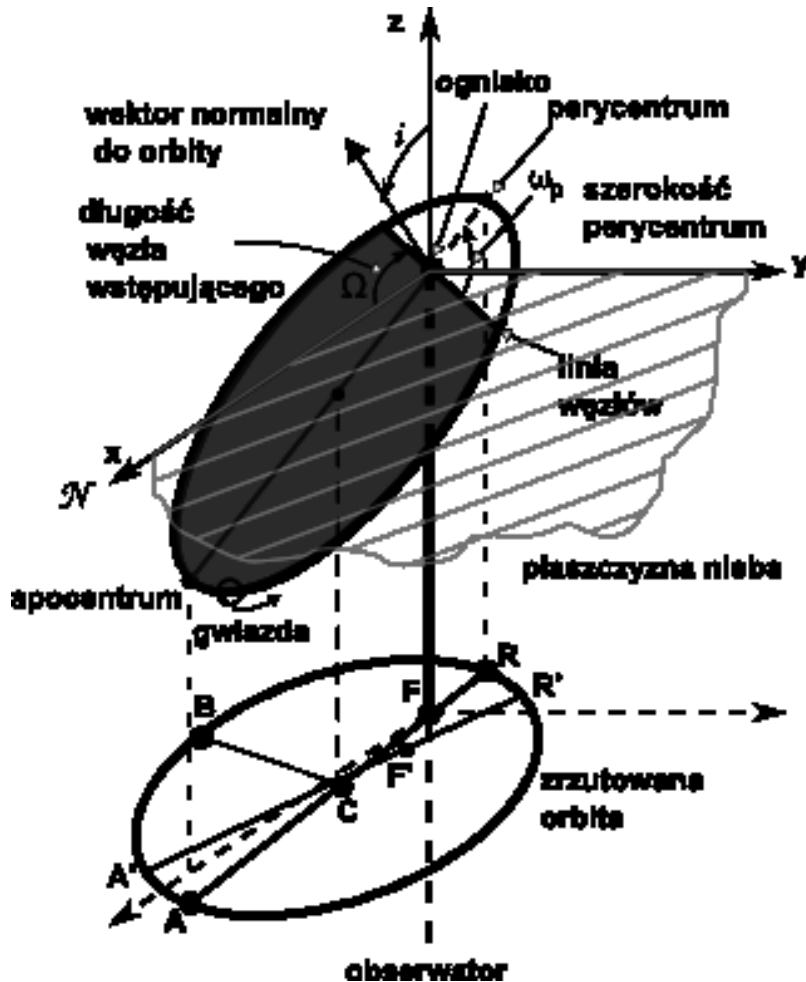
Uwzględniając z drugiej strony geometrię ruchu wokół barycentrum (por. Rysunek 1), prędkość radialną zapisać można jako:

$$v_r = k [\cos(\theta(t) + \omega) + e \cos \omega]$$

gdzie parametr k wiąże się z okresem orbitalnym P oraz masami gwiazdy M_* i planety m_p związkiem:

$$k \propto \frac{m_p \sin i}{\sqrt{P(M_* + m_p)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - e^2}}$$

Geometrię ruchu orbitalnego wokół barycentrum przedstawia Rysunek 1.



Rys. 1. Projektcja ruchu wokół barycentrum na płaszczyznę nieba.

Fotometria tranzytu

Przechodzenie planety przed tarczą obserwowanej gwiazdy skutkuje spadkiem natężenia docierającego do obserwatora promieniowania gwiazdy. Czas τ trwania tranzytu opisać można formułą:

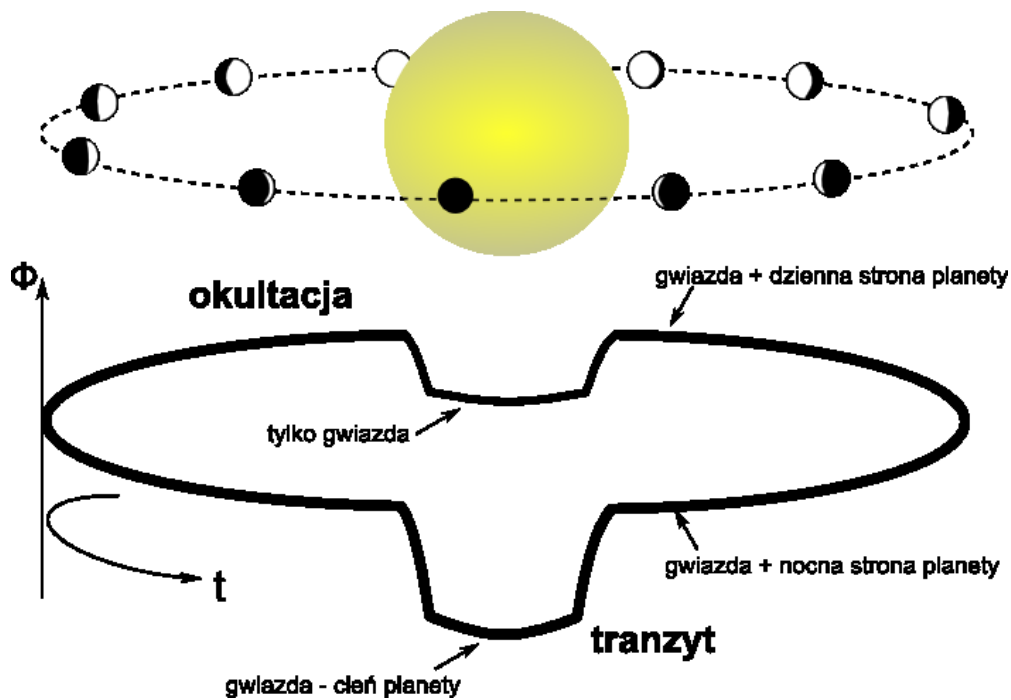
$$\tau \approx \frac{R_* P}{\pi a_p} \sqrt{1 - b^2}$$

gdzie parametr b

$$b = \frac{a \cos i}{R_*} \left(\frac{1 - e^2}{1 + e \sin \omega} \right).$$

określa położenie trajektorii tranzytu względem środka tarczy gwiazdy. Względny spadek δ natężenia promieniowania gwiazdy w uproszczonej formie zapisać można jako:

$$\delta \approx \left(\frac{r_p}{R_*} \right)^2$$



Rys. 2. Schemat powstawania krzywej blasku podczas tranzytu planety na tle tarczy macierzystej gwiazdy (za „*Exoplanets*” red. S. Seager).

Mikrosoczewkowanie grawitacyjne

W pobliżu masywnych obiektów takich jak gwiazdy czy planety czasoprzestrzeń doznaje ugięcia, co skutkuje ugięciem poruszającego się po geodetykach czasoprzestrzeni światła, niczym w soczewce. Obserwator dostrzega takie zjawisko jako tymczasowy, ze względu na względny ruch obserwatora i obiektu soczewkującego, wzrost natężenia światła i efektywne powiększenie źródła światła. Gdy obiektem soczewkującym L jest gwiazda posiadająca układ planetarny, każda z planet generować będzie dodatkowe soczewkowanie.

Kątowe równanie soczewki grawitacyjnej ma postać:

$$\theta = \beta + \alpha$$

gdzie kąt ugięcia α wynosi:

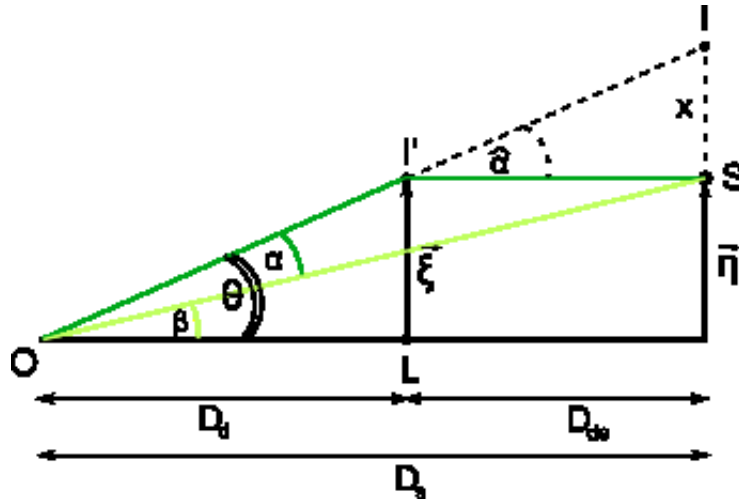
$$\alpha = \frac{D_{ds}}{D_s} \cdot \frac{4GM}{c^2 D_d \theta} \equiv \frac{\theta_E^2}{\theta}$$

Powiększenie μ jest funkcją masy i odległości:

$$\mu = \frac{r_s^2 + 2}{r_s \sqrt{r_s^2 + 4}} \Rightarrow \mu = f(a_p, m_p)$$

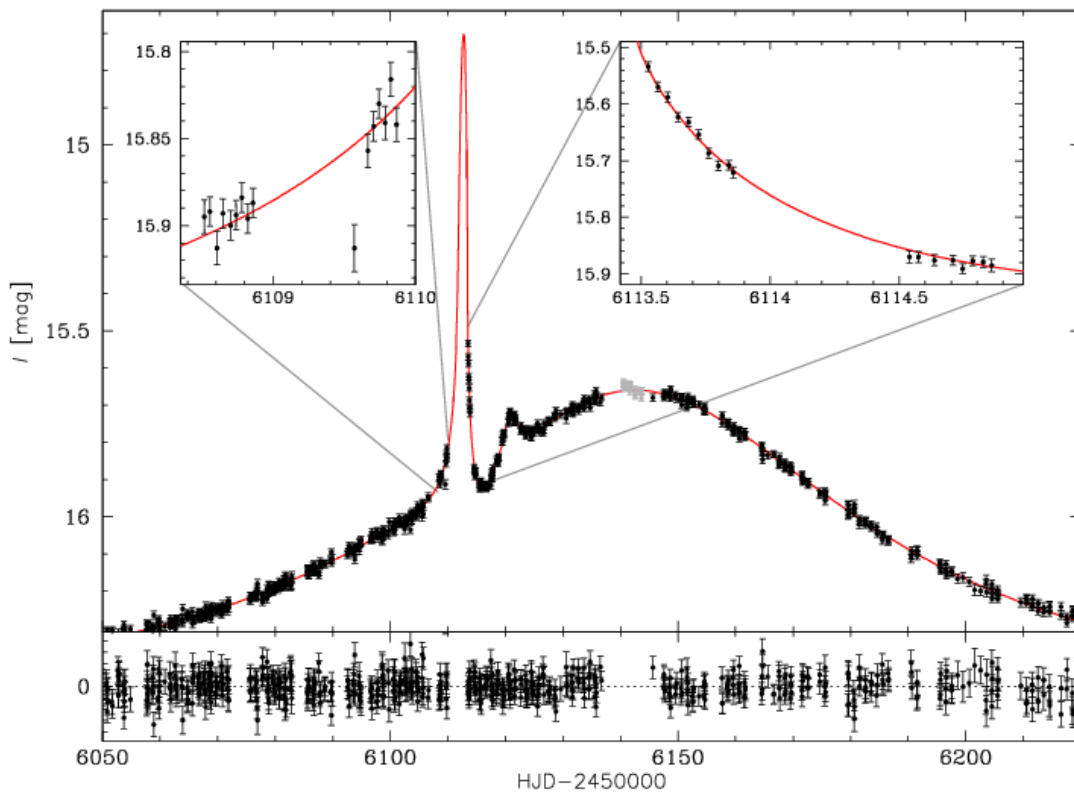
gdzie

$$r_s = \frac{\beta}{\theta_E}.$$



Rys. 3. Geometria zjawiska mikrosoczewkowania grawitacyjnego.
(za S. Mao „Introduction to Gravitational Microlensing”)

Przykładową krzywą blasku mikrosoczewkowania grawitacyjnego przedstawia Rysunek 4.



Rys. 4. Krzywa blasku mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Planeta o masie $3.9 M_J$ obiegająca gwiazdę o masie $0.6 M_S$ (Poleski i in., 2014, *ApJ*, 782, 47 – *arXiv:1307.4084*)

Obrazowanie bezpośrednie

Współczesne technologie pozwalają bezpośrednio zobrazować tylko jasne jowiszopodobne planety o a_p rzędu kilkunastu AU, krążące wokół relatywnie mało jasnych gwiazd.

Astrometria

Podobnie jak metoda spektroskopii dopplerowskiej, astrometria wykorzystuje ruch układu planeta(-y) - gwiazda wokół wspólnego środka masy. Obserwowana jest jednak zamiast widma gwiazdy jej pozycja na niebie. Wymagana dla poszukiwania egzoplanet podobnych do Ziemi precyzja długotrwałych pomiarów wysokiej rozdzielczości wciąż jest jeszcze technologicznie nieosiągalna.

Parametry fizyczne egzoplanet uzyskiwane dzięki metodom detekcji

Korzystając wprost z definicji poszczególnych metod detekcji egzoplanet, uzyskać można ich podstawowe parametry fizyczne:

- Masę m_p planety – minimalne ograniczenie $m_p \sin i$ z metody spektroskopii dopplerowskiej bądź wprost z metody mikrosoczewkowania grawitacyjnego,
- Promień r_p planety – wprost z metody fotometrii tranzytu,
- Okres orbitalny P oraz, korzystając z III prawa Keplera, półoś wielką orbity planety a_p – wprost z metody fotometrii tranzytu,
- Półoś wielką orbity uzyskać można także z metody mikrosoczewkowania grawitacyjnego. Przyjmując kulistość planety oszacować można, znając promień i masę planety, jej średnią gęstość $\langle \rho \rangle$

$$\langle \rho \rangle = \frac{3}{4\pi} \frac{m_p}{r_p^3},$$

co z kolei pozwala na wstępną analizę budowy planety.

Charakteryzacja egzoplanet

Atmosfera – jej obecność i skład

Obecność atmosfery wokół egzoplanety stwierdzić można w oparciu o metodę fotometrii tranzytu, prowadząc obserwacje na różnych długościach fal światła widzialnego i podczerwonego. Jeśli egzoplaneta posiada atmosferę, krzywe blasku będą wykazywały różną głębokość i czas trwania tranzytu w zależności od obserwowanej długości fali. Fotometria tranzytu umożliwia

także badanie składu atmosfery egzoplanet. Pomiar widma promieniowania docierającego do obserwatora w trakcie tranzytu daje sumaryczne widmo atmosfery planety i jej macierzystej gwiazdy. By uzyskać widmo atmosfery planety konieczne jest zmierzenie widma gwiazdy – najlepiej w czasie, gdy planeta znajduje się za tarczą gwiazdy względem obserwatora.

Temperatura

Określenie temperatury planety nie jest kwestią jednoznaczną. Założenie nieposiadania przez egzoplanetę atmosfery pozwala na oszacowanie temperatury planety T_p w oparciu o prosty bilans energetyczny między gwiazdą a planetą:

$$T_p = T_* \sqrt[4]{1 - A} \sqrt{\frac{R_*}{2a_p}}$$

Model ten zakłada, że jedynym, co poza temperaturą macierzystej gwiazdy i geometrią układu reguluje temperaturę powierzchni planety, jest jej albedo A . Korzystając z pomiarów wykonywanych w ramach fotometrii tranzytu, możliwe jest wyznaczenie temperatury planety wprost z prawa promieniowania ciała doskonale czarnego – co nie wymaga zakładania nieistnienia atmosfery. Bardziej szczegółowy model temperatury planety wymaga uwzględnienia efektu cieplarnianego, kondensacji i parowania oraz wiedzy o właściwościach termicznych i budowie powierzchni planety. Temperatura planety ma znaczący wpływ na to, jakie związki chemiczne mogą wchodzić w skład atmosfery. Jeśli najbardziej prawdopodobna, w sensie rozkładu Maxwella-Boltzmann, prędkość v_p molekuly o masie m znajdującej się w temperaturze T

$$v_p = \sqrt{\frac{2k_B T}{m}}$$

jest znacznie większa od prędkości ucieczki v_e

$$v_e = \sqrt{\frac{2Gm_p}{r_p}},$$

atmosfera planety nie będzie mogła zawierać takiej molekuly.

Podsumowanie – zamieszkiwalność

Opisane metody detekcji egzoplanet pozwalają budować bogatą i szczegółową charakterystykę odkrywanych planet. Zebrane i wywnioskowane informacje otwierają dyskusję o możliwości istnienia życia w formach, jakie znamy z Ziemi, na odkrywanych egzoplanetach. Nabierające tempa badania radioastronomiczne odkrywanych egzoplanet pod kątem posiadania przez nie magnetosfer być może pozwolą uzupełnić lukę w posiadanej wiedzy. Jak dowodzi przykład Marsa i Ziemi, posiadanie przez planetę magnetosfery jest równie ważnym, co kryterium termiczne, warunkiem posiadania i utrzymania przez planetę atmosfery.

Bibliografia

- Mayor M., Queloz D., Udry S., Pepe F., Lovis Ch., Segransan D., Marmier M. „The Diversity of Exoplanets”
Mao S. „Introduction to Gravitational Microlensing”
Poleski et al. 2014, ApJ, 782, 47
Winn J. w „Exoplanets” red. S. Seager
Schmidt B., Francis P. “Exoplanets”
Spergel D. “Imagining other Earths”
West A. “Alien Worlds: The Science of Exoplanet Discovery and Characterization”





Energetyczne metody dowodzenia stabilności

Jerzy Knopik

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Kraków

Za każdym razem, gdy uda się znaleźć nowe rozwiązanie, opisujące stan układu w dowolnej teorii fizycznej, powinniśmy zadać sobie pytanie, czy jest to stan realizowany w przyrodzie i na ile jest on trwały. Może się zdarzyć tak, że do przejścia naszego układu w nowoodkryty stan, konieczne są niezmiernie rzadkie warunki lub, że jest to stan przejściowy jakiegoś procesu fizycznego. Oczywiście najbardziej interesują nas rozwiązania trwałe w czasie, ponieważ jeżeli chcemy móc choć w przybliżeniu opisywać układ, musimy znać jego podstawowe stany. Czasem odpowiedź na postawione przez nas pytanie jest tak oczywista, że czytelnik może nawet nie zdać sobie sprawy z istnienia takiego problemu. By jednak móc opisać szerszą klasę rozwiązań potrzebne nam jest jakieś kryterium trwałości naszego rozwiązania. Tak oto dochodzimy do pojęcia stabilności. Istnieje wiele różnych, nierównoważnych kryteriów stabilności, stosowanych w zależności od układu oraz zamierzonego celu. My jednak ograniczymy się do badania liniowej stabilności układów równań różniczkowych zwyczajnych oraz cząstkowych. Jest to wystarczające dla naszych rozważań, ponieważ przeważająca część fizyki jest sformułowana przy pomocy powyższych równań.

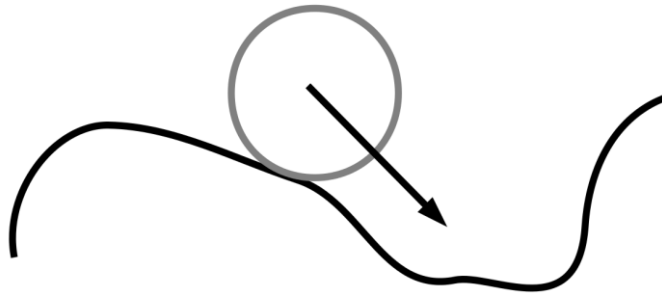
Głównym zamiarem tej pracy jest pogładowe przedstawienie jednej z metod liniowego dowodzenia stabilności, zwanej metodą energetyczną. Upraszczając, metoda polega na zapostulowaniu pewnej postaci zaburzeń naszego rozwiązania i sprawdzeniu, dla jakich warunków początkowych ich energia jest skończona, zaś jej pochodna czasowa jest mniejsza od zera. Wówczas mamy pewność, że z czasem energia zaburzeń spada, a zaburzone rozwiązanie zbliża się do rozwiązania podstawowego. Możemy zatem sformułować nasz warunek stabilności w postaci zestawu nierówności:

- $E < \infty$,
- $dE/dt < 0$.

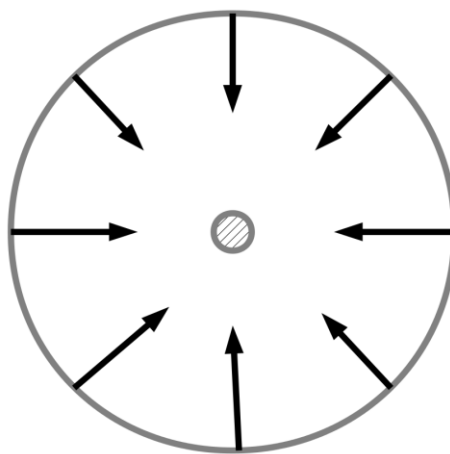
W dalszej części tekstu zobaczymy, jak sprawdzić, czy powyższe nierówności naprawdę zachodzą w układzie.

Zauważmy teraz bardzo poważną różnicę pomiędzy równaniami różniczkowymi zwyczajnymi, a równaniami różniczkowymi cząstkowymi, która powoduje, że dosyć prosty problem, jakim jest analiza stabilności w mechanice klasycznej, zamienia się w niezwykle trudne zadanie, jeżeli rozwiązujemy równania różniczkowe cząstkowe, np. w hydrodynamice lub elektrodynamice. Otóż w mechanice klasycznej, musimy zadać położenia oraz prędkości skończonej liczby punktów materialnych w danej chwili czasu. W przypadku równań cząstkowych, nasze warunki początkowe musimy zadać w konkretnej chwili czasu na całej hiperprzestrzeni. Zatem przestrzeń fazowa (zbiór

wszystkich możliwych stanów) układu opisywanego równaniami różniczkowymi zwyczajnymi jest skończenie wielowymiarową przestrzenią wektorową, zaś w przypadku układów opisywanych układem równań różniczkowych cząstkowych jest ona przestrzenią funkcyjną (nieskończenie wielowymiarową przestrzenią wektorową), co prowadzi do drastycznych różnic w jakościowym zachowaniu się obu układów.



Rys.1. Jeżeli potraktujemy rozmiar kuli jako zanedbywalny, to jej ruch możemy w pełni opisać wektorem prędkości.



Rys.2. Rysunek przedstawia schemat obłoku gazu wokół obiektu centralnego. Widzimy, że w tym przypadku należy zadać prędkość gazu w każdym punkcie.

Po to, by lepiej zilustrować działanie metody energetycznej, przedstawię teraz dwa proste przykłady. Pochodną cząstkową funkcji f po zmiennej x zapisujemy jako:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f_x$$

1. Rozważmy równanie falowe na zaburzenia, o postaci:

$$u_{xx} - u_{tt} = u$$

na zwartym zbiorze w postaci odcinka o końcach a i b ($a < b$). Równanie to jest nazywane równaniem typu Kleina-Gordona i jest teoriopolowym odpowiednikiem równania oscylatora harmonicznego. Mnożąc je obustronnie przez u_t możemy zapisać

$$u_{xx}u_t = uu_t + u_{tt}u_t.$$

Z reguły Leibniza mamy

$$(u_x u_t)_x - u_x u_{xt} = uu_t + u_{tt}u_t$$

Przenosząc jeden z członów na prawą stronę, otrzymujemy

$$\frac{\partial}{\partial x} (u_x u_t) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} u^2 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right).$$

Teraz całkując równanie po x od a do b mamy

$$[u_x u_t]_a^b = \frac{d}{dt} \int_a^b \left(\frac{1}{2} u^2 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right) dx.$$

Zdefiniujmy teraz energię układu jako:

$$E = \int_a^b \left(\frac{1}{2} u^2 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right) dx,$$

Widzimy, że nigdy nie jest ona mniejsza od zera. Możemy więc nasze warunki na stabilność zapisać jako

1. $\int_a^b \left(\frac{1}{2} u^2 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right) dx < \infty,$
2. $[u_x u_t]_a^b < 0.$

Pierwszy z warunków mówi nam o tym, że energia nie może być nieskończona (musi być dobrze zdefiniowana). Drugi z warunków jest konsekwencją tego, że zmiana energii w czasie zależy od zachowania wyrażenia w nawiasie na brzegach. Możemy to interpretować, jako zasadę zachowania energii: energia może wyciekać lub dostawać się do układu przez punkty a i b . Jeżeli energia jest większa od zera i ograniczona, a pochodna mniejsza od zera, to energia zaburzeń będzie spadała do zera w czasie i zaburzenia będą asymptotycznie zanikać.

2. W tym podpunkcie zaprezentujemy przykład, w którym energia nie jest dobrze zdefiniowana, w związku z czym nie możemy zastosować metody energetycznej.

Rozważmy równanie na zaburzenia postaci:

$$u_{xx} - u_{tt} = -u^3.$$

Równanie to jest czasami nazywane sześciennym równaniem falowym. Przestrzeń pozostaje ta sama. Postąpmy teraz analogicznie do poprzedniego przykładu i pomnożmy obustronnie równanie przez u_t , a także skorzystajmy z reguły Leibniza. Dostaniemy wówczas:

$$(u_x u_t)_x = -u^3 u_t + u_{tt} u_t + u_x u_{xt}$$

Wyciągając operatory różniczkowania z wyrażeń mamy:

$$\frac{\partial}{\partial x} (u_x u_t) = \frac{\partial}{\partial t} \left(-\frac{1}{4} u^4 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right).$$

Całkując obustronnie od a do b po x dostajemy:

$$[u_x u_t]_a^b = \frac{d}{dt} \int_a^b \left(-\frac{1}{4} u^4 + \frac{1}{2} u_t^2 + \frac{1}{2} u_x^2 \right) dx.$$

W tym przypadku nie możemy jednak zdefiniować energii, ponieważ wyrażenie podcałkowe nie musi być nieujemne, przez co energia nie byłaby ograniczona od dołu i nawet jeżeli jej pochodna by malała, to wcale nie musiałaby dążyć do zera.

Artykuł ten jest krótkim opisem zagadnień stabilności i energetycznych metod dowodzenia stabilności. Przedstawiliśmy w nim podstawowe pojęcia oraz pokazaliśmy na przykładach zasadę działania metody energetycznej.

Bibliografia

- [1] Evans L. C., 2012, *Równania różniczkowe cząstkowe*, Wydawnictwo Naukowe PWN
- [2] Chandrasekhar S., 1961, *Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability*, Dover Publications

Tematy naukowe oraz wyzwania dla projektu księżycowego „Spełnienie Snu Keplera”

Piotr Koperski

Stowarzyszenie Astronomia Nova

[Przyczynek na konferencję Meet the Space II]

Wstęp

W 2013 roku dr Bogdan Wszolek, prezes Stowarzyszenia Astronomia Nova (AN), zapytał mnie czy nie zechciałbym włączyć się do prac nad projektem instrumentalnej misji księżycowej. Powiedział, że poszukuje „lunatyków”, którzy bawiąc się inteligentnie i pożytecznie, na wzór Johanna Keplera – patrona AN, zechcieliby zrealizować, jak to określił, „sen Keplera”. Pokazał mi przy tym polskie tłumaczenie *Somnium* Keplera [Johannes Kepler, „Sen, czyli wydane pośmiertnie dzieło poświęcone astronomii księżycowej”, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2004], opatrzone pięknym autografem Mirosława Hermaszewskiego. W kilku zdaniach opowiedział mi zasadniczą treść dzieła. Kepler śni o locie na Księżyc i o tym jak stamtąd wygląda niebo, na którym największym ciałem niebieskim jest Ziemia. Rozpisuje się na temat astronomii księżycowej, uwzględniającej przede wszystkim, dalekie od zwyczajnej intuicji, zachowanie się i wygląd Ziemi.

Maksymalnie zaskoczony zapytałem Prezesa, jak to sobie wyobraża. Odpowiedział, że należałoby wylądować na Księżycu, najlepiej w rejonie krateru *Kepler*, skierować kamerę w stronę Ziemi i co kilka minut robić jej zdjęcie. Otrzymane zdjęcia przesyłać na Ziemię drogą radiową i udostępnić je darmo wszystkim zainteresowanym na świecie – najlepiej w postaci odnawiających się wygaszaczy ekranów komputerowych. Zabrzmiało to tak, jakby się rozchodziło o podskoczenie do kiosku po zapalki. Poczuję, że ulegnę i włączę się w oryginalną zabawę. Zasugerowałem, że jeśli już lądować na Księżycu, to warto poszerzyć misję również o stricte naukowe eksperymenty. Prezes odparł: czy weźmiesz Piotrze na siebie naukową część misji? Odpowiedziałem, spróbuję.

Chciałbym tu, zatem, przedstawić swoje propozycje odnośnie tego, co interesującego warto by obserwować i z jakimi (niektórymi) trudnościami trzeba się liczyć, jeśli myśli się o wysłaniu lądownika na powierzchnię Księżyca. Od razu muszę się zastrzec, że zagadnienia dotyczące wysłania sondy, komunikacji z nią oraz jej konstrukcyjnych aspektów, choć nie są mi obce, nie będą tu poruszane. Dotyczy to także innych, kluczowych dla realizacji projektu zagadnień, takich jak np. finansowanie czy organizacja współpracy między realizatorami.

Założenia są takie, że jeśli eksperyment naukowy - to ma to być coś prostego i nie najdroższego. Ma pozwolić na zdobycie doświadczenia oraz na uży-

skanie naukowo ciekawych, a praktycznie użytecznych informacji. Propozycja, jakiej dokonałem i przedstawiam dalej, powstała pod wpływem powyższych założeń oraz tego, co sam potrafię i jaka tematyka naukowa jest mi bliska.

O niektórych trudnościach i wyzwaniach

Przeprowadzenie nawet prostego pomiaru na satelicie na niskiej orbicie wokół Ziemi (niech to będzie np. satelita typu CubeSat [1], lecący na wysokości ok. 400 km) jest zwykle znacznie łatwiejsze niż to samo na dalszych odległościach od Ziemi i Słońca (powiedzmy w okolicach Marsa). Na tym tle eksperyment na powierzchni Księżyca jest jeszcze większym wyzwaniem. Nie chodzi o dość oczywiste trudności, takie jak sam start i lądowanie, ograniczenia, co do masy czy trudności z łącznością. Dodatkowe wyzwania dla misji na powierzchni Księżyca, to: (1) temperatura (zbyt niska nocą a zbyt wysoka w czasie dnia, które trwają długo), (2) energia (droga w dostarczeniu, trudna w przechowaniu i uzyskaniu), (3) promieniowanie jonizujące i (4) pył księżycowy.

Temperatura

Pamiętam, że na początku swojej pracy byłem zaskoczony faktem, że temperaturę pracy układów satelity okołoziemskiego określa się typowo na: -30 do -10 stopni Celsjusza (w dość szerokim otoczeniu orbity Ziemi; nie mówimy o lotach do Jowisza czy dalszych). Wynika to stąd, że satelita najczęściej obraca się oraz jest oświetlony przez Słońce (a więc i ogrzewany). To, oraz stosowanie stosunkowo prostych osłon termicznych, sprawia, że elektronika funkcjonuje (a przypomnę, że nawet wyspecjalizowane układy o podwyższonych parametrach są przeznaczone do pracy w zakresie typowo od około -40 do +80 stopni Celsjusza, a te standardowe - w jeszcze węższym zakresie temperatur).

Tymczasem brak atmosfery i długa noc księżycowa stwarza dużo trudniejsze warunki. Udokumentowane obserwacje z misji księżycowych pokazują, że na powierzchni należy się spodziewać średnio +107 stopni Celsjusza w słońcu, i nie mniej niż -140 stopni Celsjusza w czasie księżycowej nocy (zmierzone ekstrema to -233 i +123 stopnie Celsjusza !). Niedostateczne zabezpieczenia przed tak niskimi temperaturami i problemy z energią to powód znanych awarii lub przerw w pracy (np. lądowników: Łuna 9 i 13 oraz Surveyor 5-7 i innych). Chyba najnowszy przykład to ogłoszona, początkowo jako ostateczna, awaria i utrata łączności z chińskim łazikiem „Jadeitowy Królik” w czasie długiej księżycowej nocy w r. 2013. Okazało się, że po „ogrzaniu się” w słońcu i naładowaniu baterii łazik „ożył”.



Rys.1. Widok powierzchni Księżyca: zdjęcie, z chińskiej misji Chang-E.

Energia

Wynikająca z powyższego konieczność ograniczenia wahań temperatury nakłada duże wymagania na zasoby energii. O ile przed zbytnim nagrzeniem można się zabezpieczyć za pomocą osłony (ocienienia), to nie każdy instrument będzie właściwie działać zasłonięty (np. detektor cząstek). Z kolei przed zbyt niską temperaturą chronić może właściwa izolacja i dodatkowe ogrzewanie instrumentu. Ale znów nie wszystko powinno się osłaniać (np. niektóre typy anten), a ponadto, co zrobić gdy w dzień będzie zbyt ciepło?

Oczywiście są to zagadnienia, z którymi ludzie sobie radzą (np. osłony termiczne na aparaturze z misji Apollo na Rys. 3, poniżej), ale pozostają one nietrywialne, zwłaszcza po uwzględnieniu warunków takich jak: koszty, całkowita masa czy dostępność do niektórych rozwiązań (np. w naszym wypadku zakładam niedostępność reaktora promieniotwórczego).

Aby nieco ukonkretnić rozważania, przedstawię proste oszacowania zaczerpnięte z pracy [2] (polecam zainteresowanym, jako wartościową lekturę). Najdłuższa noc na Księżycu trwa 384 godziny (jeśli obiekt stoi w cieniu, np. na dnie krateru, to nie widzi Słońca jeszcze dłużej). Całkowita energia wypromieniowana w „pustą przestrzeń” przez ciało (doskonale czarne) o powierzchni 1 m kwadratowego, utrzymywane w temperaturze +20 stopni

Celsjusza to około 9.6 W. W ciągu całej księżycowej nocy daje to 3700 Wh (dla porównania: 3200 Wh dla temperatury -40 stopni Celsjusza). Będzie to wymagać około 20 kg typowych baterii Li-ion (obecnie są one najwydajniejsze; niestety nie działają poniżej 0 stopni Celsjusza) jedynie dla utrzymania właściwej temperatury układu! W powyższym nie uwzględniono zastosowania osłon termicznych ani zapotrzebowania na energię np. układów komunikacyjnych czy pomiarowych. Nieco dokładniejsze modelowanie [2] zapotrzebowania energetycznego (wciąż bez uwzględnienia osłon termicznych) daje około 60 kg baterii na około 100 kg masy przyrządów!

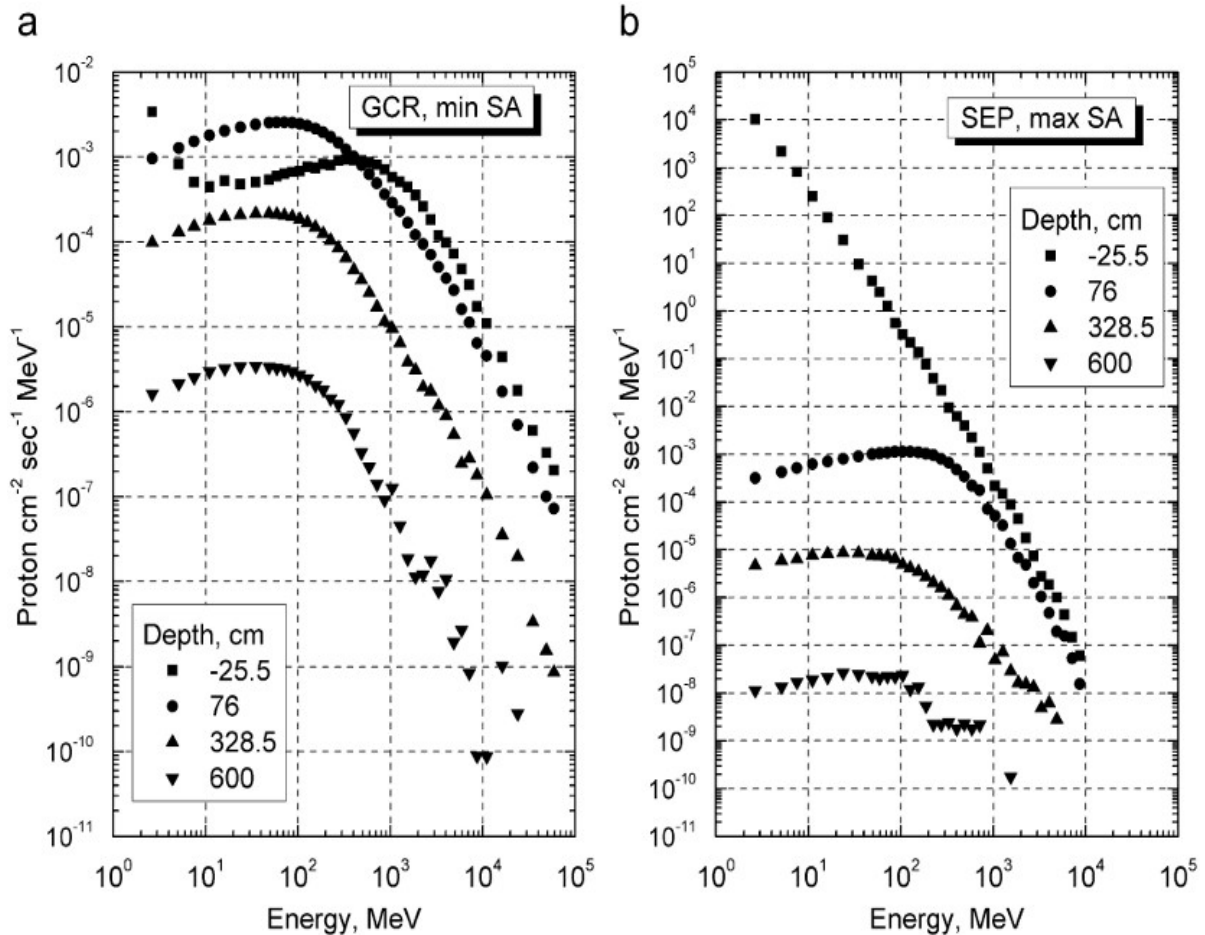
Patrząc od strony instrumentów: zapotrzebowania na energię jest na wstępnym etapie trudne do oszacowania, ale z grubsza i w oparciu o typowe instrumenty satelitarne, można doliczyć drugie tyle lub więcej do zapotrzebowania na energię.

Jako uzupełnienie do tych rozważań dodam, że np. znany łazik Łunochod był konstrukcją w rodzaju szczelnie zaspawanej, kilkuwarstwowej „wanny” ze specjalnie zaprojektowanym układem wymiany ciepła i niewielkim reaktorem jądrowym na pokładzie.

Trzeba więc mieć świadomość, że nawet zastosowanie najnowszej, wysoce energooszczędnej elektroniki i precyzyjnie zaprojektowanych osłon termicznych z użyciem najnowszych materiałów nie w 100% rozwiąże problem energii i temperatury.

Promieniowanie jonizujące

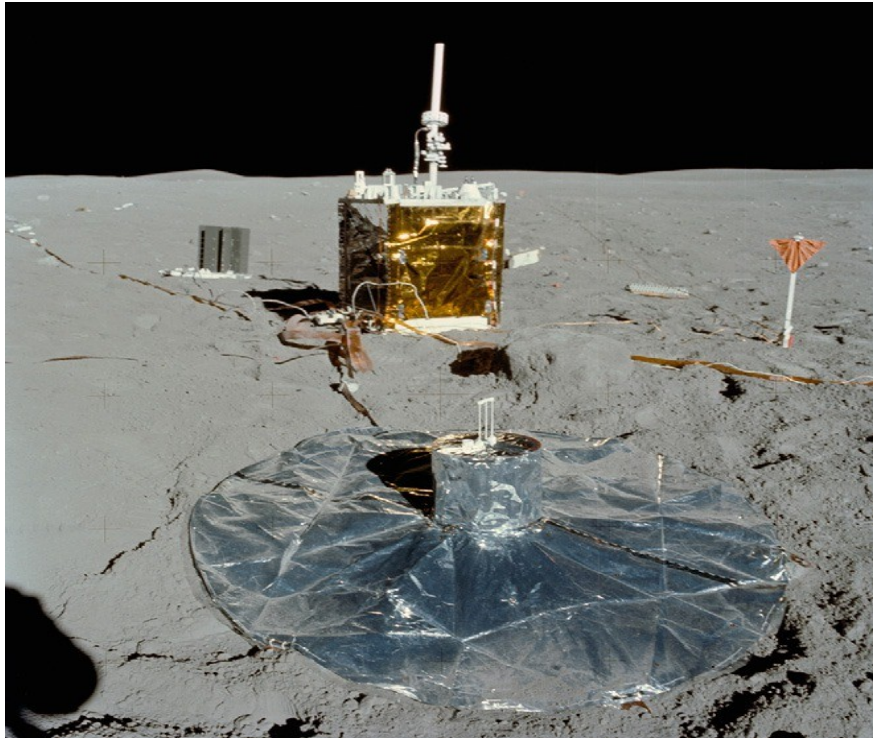
Mówiąc w dużym skrócie: to jest problem. Dla przykładu, prosty satelita typu CubeSat [1] latający na wysokości około 400 km jest zwykle skutecznie chroniony przed tego typu promieniowaniem przez jonosferę leżącą powyżej i nie wymaga specjalnych osłon, ani nawet specjalnej elektroniki (wiadomoś na podstawie rozmów z konstruktorami). Wyjątkiem do pewnego stopnia mogą być obszary zórz polarnych lub rejony podsloneczne w czasie silnych rozbłysków na Słońcu lub podczas burz magnetycznych, ale i to nie stanowi dużego problemu. W przeciwieństwie do tego, powierzchnia Księżyca nie jest chroniona ani polem magnetycznym ani atmosferą (jedynie w pewnym zakresie warstwą pyłową). W przypadku, gdy powierzchnia jest zwrócona w stronę Słońca, na którym akurat wystąpiła silna emisja cząstek, należy oczekiwać że bez trudu dotrą one do instrumentu, elektroniki (lub zamieszkanego habitatu, w przyszłości), a to rodzi problemy (w szczególności dla elektroniki) i wymusza stosowanie osłon. Do tego dochodzi nieprzerwane promieniowanie spoza Słońca. Pewien pogląd na to dają dane z Rys.2.



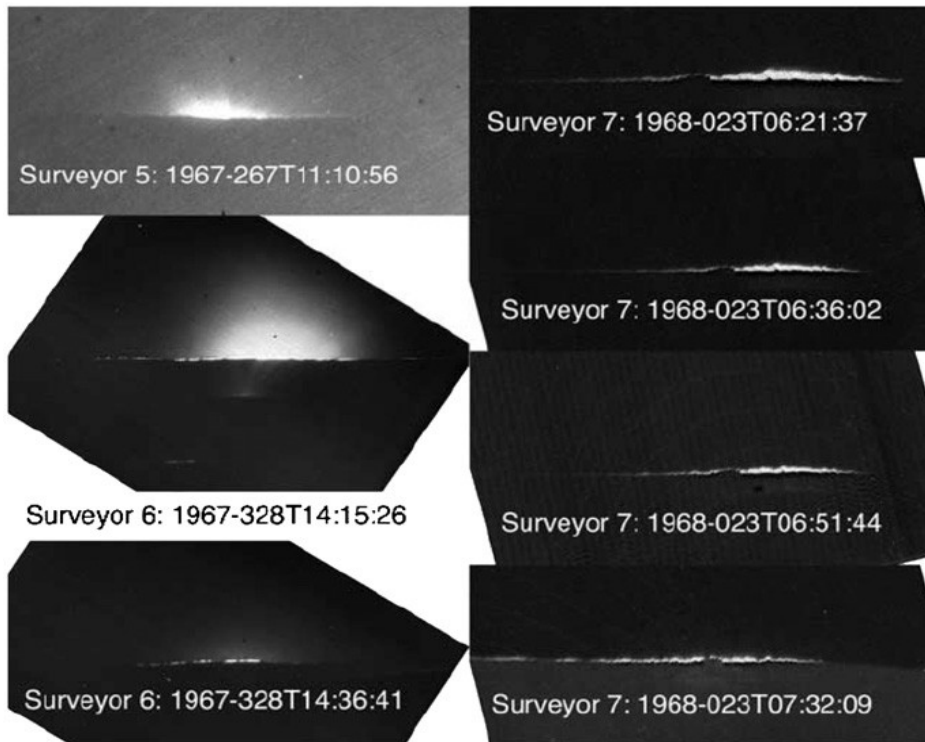
Rys. 2. Czego można się spodziewać - poziom promieniowania oczekiwany na Księżycu (25.5 cm ponad oraz na różnych głębokościach pod powierzchnią). Przedstawiono widmo strumienia protonów pochodzących z galaktyki, GCR (a) oraz ze Słońca w czasie maksimum jego aktywności, SEP (b) (źródło: Rys.4 z pracy [3]).

Pył księżycowy

Jest on wszechobecny na powierzchni (zob. Rys. 2 i 3), co będzie powodować szereg problemów dla części mechanicznych i nie tylko (m. in. korozja i zniszczenia mechaniczne, zakrywanie paneli słonecznych). Znacznie mniej znane niebezpieczeństwo, to możliwość wyładowań elektrostatycznych, a nawet piorunów! „Chmury” pyłowe i wyładowania były obserwowane np. w misjach Surveyor i Apollo (zob. Rys. 4 i 5), a wyniki modelowania potwierdzają możliwość ich występowania. Mówiąc w skrócie, takie zjawiska są skutkiem tego, że ultrafiolet słoneczny wybija elektrony z drobin pyłu (efekt Comptona). W efekcie powstaje dość egzotyczny, i wciąż nie do końca zrozumiany, ośrodek - plazma pyłowa.



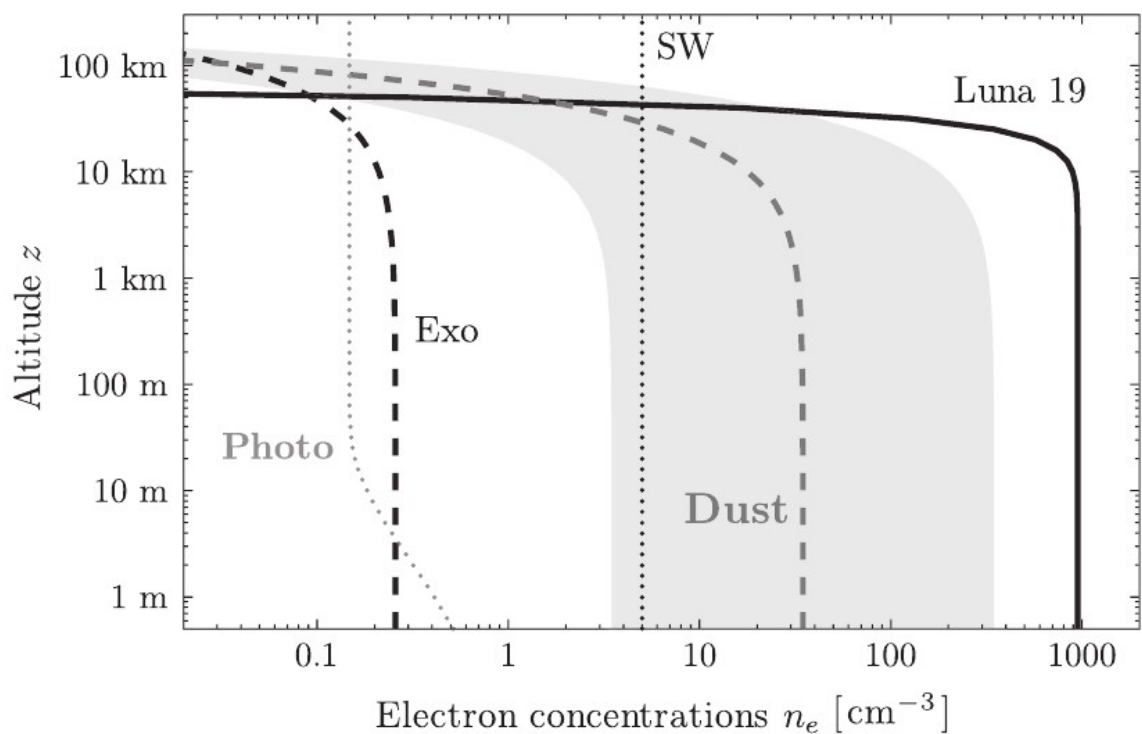
Rys. 3. Jednostka nadawcza i odbiornik sejsmometru w osłonach termicznych, leżące w regolicie księżycowym- misja Apollo, 21 kwietnia 1972 (źródło: Rys.3.1. Z pracy [2]).



Rys. 4. Jasne struktury, oświetlane przez Słońce będące pod horyzontem i przypisywane rozpraszaniu na „chmurach” naelektryzowanego pyłu księżycowego (źródło: Rys.4 z pracy [4], którą można polecić, jako ciekawą lekturę i źródło dalszych odnośników).



Rys. 5. Rejestracja z Apollo15, na której widać (najprawdopodobniej) wyładowanie elektryczne w pyłowym otoczeniu Księżyca (źródło- najprawdopodobniej wikipedia, niestety znów nie zanotowałem szczegółów)



Rys. 6. Obserwacje orbitalne (z Łuny 19) wykazały obecność zjonizowanego ośrodka wokół Księżyca, najprawdopodobniej naelektryzowanego pyłu (źródło: Rys.4 z pracy [5]).

Okazuje się więc, że pomimo braku atmosfery, Księżyc ma rodzaj własnej jonosfery (por. ilustracje). Jej zasięg i gęstość zmieniają się pod wpływem wiatru słonecznego (ośrodek międzyplanetarny) i oświetlenia słonecznego, ale

jest niewątpliwie obserwowany na wysokościach aż do blisko 100 km nad powierzchnią! (zob. Rys.6)

Obserwacje naukowe na Księżycu (propozycja)

Oczywiście nie zamierzam nawet udawać, że jestem oryginalny. Wiele osób w rozmaitych ośrodkach snuło podobne i bardziej rzetelne rozważania już wcześniej. Tym niemniej potrzeby i ograniczenia dla każdego podobnego przedsięwzięcia są odmienne i muszą być jakoś sformułowane. Na szczęście księga wiedzy o Księżycu wciąż zawiera bardzo dużo białych plam i stosunkowo łatwo jest zdefiniować projekt, który pewne z nich może wypełnić.

Biorąc pod uwagę wcześniej wspomniane trudności, własną wiedzę i ograniczenia, a także wierząc, że ludzie niedługo „usadowią się” na Księżycu nieco bardziej, pomyślałem, że wykonanie poniższych obserwacji byłoby i możliwe i pożyteczne właśnie teraz.

Detekcja promieniowania jonizującego

Dlaczego: Zakładając, że ludzie w jakiś sposób zasiedlą Księżyc, muszą wcześniej zmierzyć się z problemem niebezpiecznego promieniowania. Pomiarzy szkodliwego promieniowania na powierzchni Księżyca były i na pewno będą prowadzone, bo są potrzebne w praktyce. Uruchomienie pełnego spektroskopu na potrzeby prostego projektu, jakim jest SSK, byłaby raczej zbyt dużym wyzwaniem, mimo spodziewanych wartości naukowych, ale prosty detektor w rodzaju licznika Geigera-Mullera jest w zasięgu możliwości, a jego wyniki też byłyby wartościowe.

W jaki sposób: Odpowiednio dobrany, pod kątem zakresu energii cząstek, czasu działania i zużycia energii detektor typu Geigera-Mullera (lub podobny, np. półprzewodnikowy).

Zalety: Każdy pomiar będzie użyteczny; sprawdzona technologia; stosunkowo prosty, standardowy instrument.

Trudności, niewiadome itp.: Zapotrzebowanie na energię; mechaniczna wrażliwość urządzenia; ograniczony, niezbyt długi czas działania detektora.

Obserwacje (zdjęcia) Ziemi w zakresie UV:

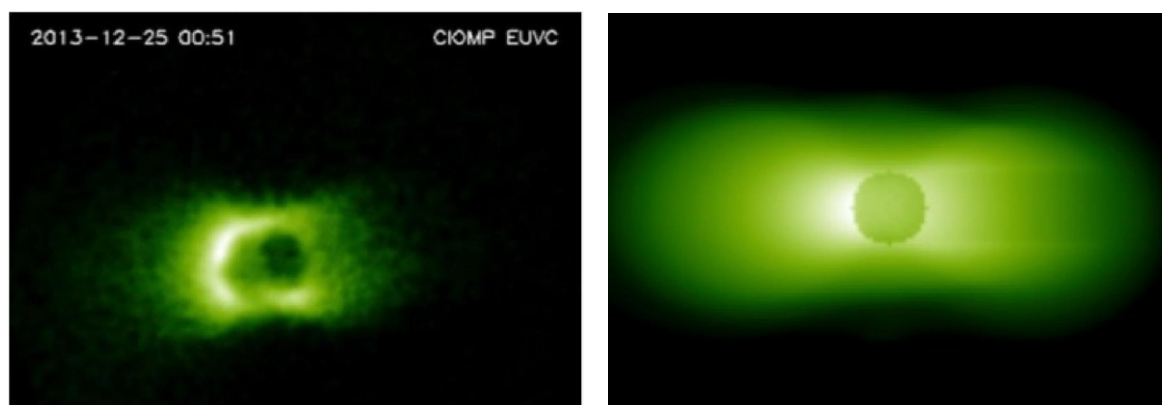
Dlaczego: Obserwacje w tym zakresie pochodzą od rozpraszania fotonów słonecznych na gęstym, zimnym ośrodku w najbliższym otoczeniu Ziemi, w tzw. plazmosferze. Jest ona bezpośrednią, „zewnątrzną kontynuacją” jonosfery, której nie daje się obserwować z powierzchni Ziemi. Jej dynamika jest ściśle związana z burzami magnetycznymi i wpływem Słońca, i ma duży wpływ na właściwości jonosfery średnich i niskich szerokości (a więc m. in. jest ważna dla nawigacji GNSS). Wcześniejsze obserwacje z satelity IMAGE dostarczyły unikalnej wiedzy o dynamice bliskiego otoczenia Ziemi. Podobne

zdjęcie z powierzchni Księżyca wykonane przez chiński instrument w roku 2013 przedstawia Rys. 6.

W jaki sposób: Detektor oparty o kamerę CCD, z filtracją w odpowiednim zakresie długości fali światła. Pożądana rozdzielczość w czasie: rzędu kilku minut na 1 zdjęcie, niekoniecznie przez cały czas.

Zalety: możliwość połączenia z planowaną kamerą pracującą w zakresie widzialnym i z jej układem transmisji danych. Dobrze znana technologia.

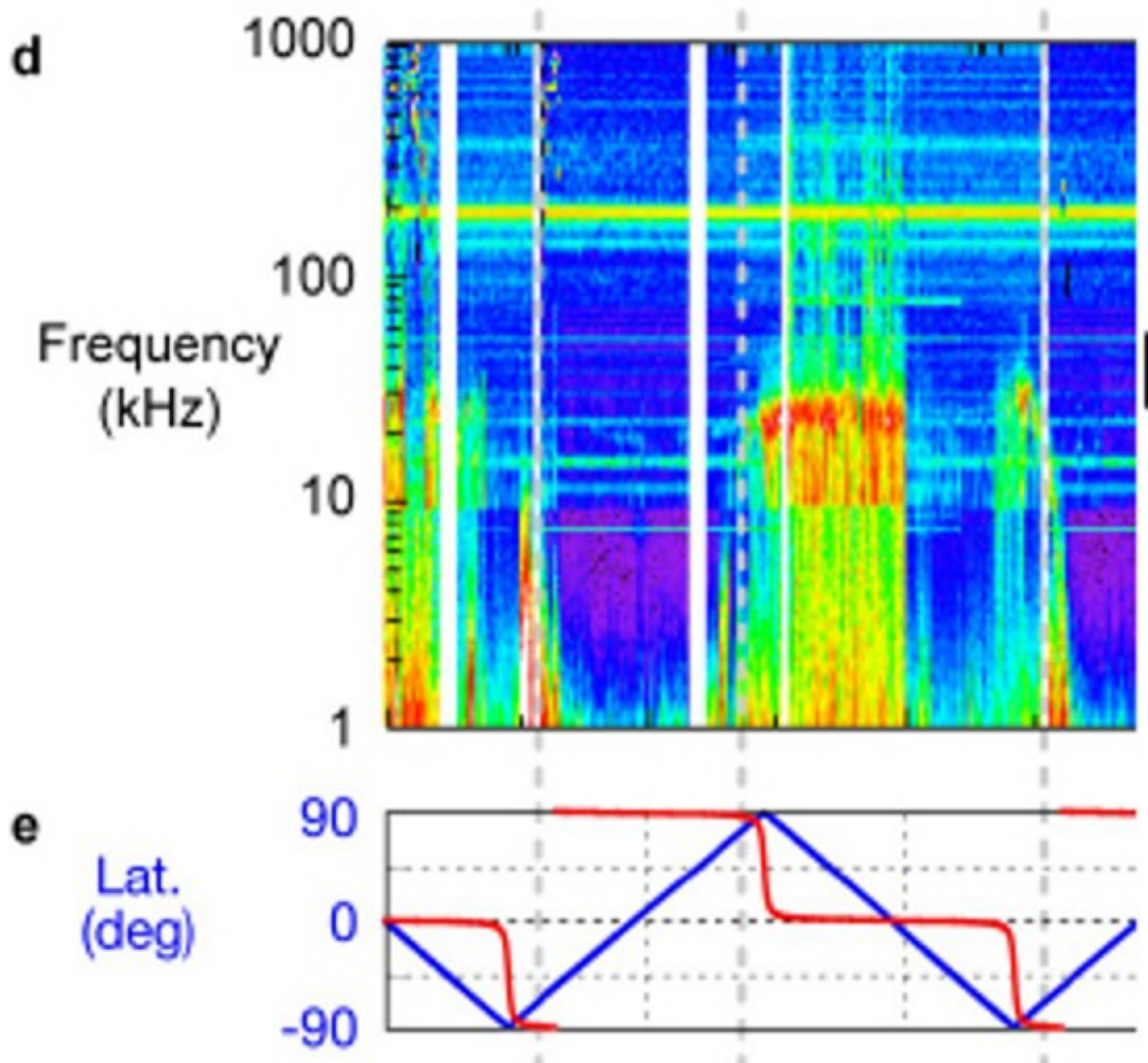
Trudności, niewiadome itp.: komplikacja/rozbudowa układu kamery dla zakresu widzialnego; trudności mechaniczne związane ze zmianą optyki; zwiększenie strumienia danych oraz zapotrzebowania na energię.



Rys. 6. Widok ziemskiej plazmosfery w świetle UV z powierzchni Księżyca: prawdziwe zdjęcie z chińskiej misji Chang-E (z lewej) oraz symulacja na podstawie modelu (z prawej) (źródło: strona internetowa The Planetary Society, [6])

Obserwacje widma pola Elektrycznego w zakresie ELF-VLF

Dlaczego: W zależności od gęstości plazmy pyłowej, zmienia się jej częstotliwość naturalnych drgań pola elektrycznego (tzw. „częstotliwość plazmowa”). W tym zakresie należy się też spodziewać efektów wyładowań elektrycznych (podobnie jak dzieje się to na Ziemi). Jest to więc sposób detekcji potencjalnie ważnych zjawisk i własności księżycowego środowiska, a także wpływu ośrodka międzyplanetarnego. Ponadto, tego typu obserwacje na powierzchni Księżyca nie były jeszcze prowadzone (przynajmniej w dłuższym czasie). Pierwszy wynik obserwacji fal w plazmie pyłowej otaczającej Księżyc (i dający wyobrażenie o tym, czego można oczekiwać) przedstawia Rys. 7.



Rys. 7, Pierwsze obserwacje falowe (widmo pola elektrycznego) z japońskiego satelity Selene, 4 kwietnia 2008. Widoczne intensyfikacje około 10-20 kHz odpowiadają wejściu satelity w gęstszy ośrodek wokół Księżyca (źródło: Nishino i in., prezentacja EGU 2010, z pracy zgłoszonej do publikacji w Geophys. Research Letters)

W jaki sposób: Bank filtrów lub przestrajana heterodyna w zakresie około 0.2 do 200 kHz, niezależnie dla sygnału z 2 lub 3 anten elektrycznych; wartości z ok. 32 podzakresów, z prędkością pomiędzy około 40 a 0.025 widm na sekundę.

Zalety: Dobrze znana i dostępna technologia; możliwość konsultacji z doświadczonymi specjalistami od aparatury.

Trudności, niewiadome itp.: Stosunkowo duży strumień danych; zapotrzebowanie na energię; wymagania co do miejsca i jakości usadowienia instrumentu (lądownika); wymagania, co do czystości elektromagnetycznej wobec pozostałych układów.

Podsumowanie

- Właśnie teraz jest dobry czas na eksplorację Księżyca.
- Jesteśmy w stanie opracować projekt i zrealizować prostą misję Księżycową zorientowaną na opanowanie technologii i proste obserwacje naukowe.
- Właśnie teraz zaczynamy nad tym pracować, można do nas dołączyć i nas wesprzeć.

Literatura

- [1] Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/CubeSat/>
- [2] Ulamec S., Biele J., Trollope E., „How to survive a Lunar night”, *Planetary and Space Science* 58 (2010) 1985-1995, doi:10.1016/j.pss.2010.09.024.
- [3] Denisov A.N. et al., „Assessment of the radiation environment on the Moon”, *Acta Astronautica* 68 (2011) 14401447, doi:10.1016/j.actaastro.2010.01.025.
- [4] Grun E., Horanyi M., Sternovsky Z., „The lunar dust environment”, *Planetary and Space Science* 59 (2011) 1672-1680, doi:10.1016/j.pss.2011.04.005.
- [5] Stubbs T.J. et al., *Planetary and Space Sciences* 59 (2011) 1659-1664.
- [6] Strona internetowa The Planetary Society: <http://www.planetary.org/>





„Lunatycy” podczas II konferencji Meet The Space.
Od lewej: Piotr Koperski, Bogdan Wszolek, Adam Grzesiczak i Michał Grzesiczak.

Statistical Studies of Long – Period Variable Stars in Odessa

Larisa S. Kudashkina¹, Ivan L. Andronov¹,
Vladyslava I. Marsakova², Lidia L. Chinarova³

¹Department “High and Applied Mathematics”, Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

²Department of Astronomy, Odessa National University, Odessa, Ukraine

³Astronomical Observatory, Odessa National University, Odessa, Ukraine

Abstract

The studies of pulsating variable stars are traditional subjects of astronomers in Odessa. In the last half of the 20th century, the studies of the physical variable stars were the topics of 15 PhD theses of the collaborators of the Odessa State (now National) University.

Continuing the tradition of studies of long-period variable stars in the Astronomical Observatory of Odessa University, we try to conduct a detailed classification of the Mira-type stars, semi-regular variable stars and also find out the location of symbiotic stars among other long-period variables in their evolution to the planetary nebulae, using the compiled material from own observations and that of other authors.

For the research, we have used observations from the databases of the French Association of Variable Stars Observers (AFOEV) and Variable Stars Observers League of Japan (VSOLJ), which allow study of the variability of these stars during the time interval of about 100 years. Some stars were studied using the observations of the American Association of Variable Star Observers (AAVSO).

Modern research of long-period variable stars in Odessa is conducted in several directions:

1. The analysis of correlations between the photometric parameters.
2. The study of changes on time of individual characteristics of the light curves.
3. The study of variability of the objects which are transitional between the Mira-type and the semi-regular variables.

The conclusions are discussed.

The studies of pulsating variable stars are traditional subjects of astronomers in Odessa. In the last half of the 20th century, the studies of the physical variable stars were the topics of 15 PhD theses of the Odessa State (now National) University (Karetnikov, 1996).

Let's list the basic, the most fundamental works.

The first was the PhD thesis by E.P. Strelkova “The study of the change of the color indexes of the Mira-type long-period variable stars” (1956). The main results of this work are described in the article “The color indexes 13

Mira-type long-period variable stars” (Strelkova, 1956). Already from this work it is clear how it is difficult to classify variable stars like Mira using a small number of characteristics (for example, the period, magnitudes at extrema and color indexes). Four types of color index changes corresponding to the curve were selected. However, almost all of these types can be determined during several pulsating cycles of an individual star.

The second fundamental work that we note here, was defended in 1977, A.G. Nudzenko: “Changeability of periods of long-period variable stars”. The main results were published in the article “Study of the (O-C)-diagrams of the Mira-type stars” (Nudzhenko, 1974). Just 238 Mira-type stars were studied. The considered dependences are $|\Delta P/P|$ versus P , ΔE versus P and $|\Delta P/P|$ versus ΔE , where P is the period of pulsations, ΔP - average absolute deviation of the individual period from the mean value, ΔE – intervals of the cycles during which the star maintained the constant period. The main conclusion: the value of ΔE statistically decreases with the increase of the period and the stars of shorter period retain a period of constant for a larger number of cycles.

Continuing the tradition of studies of long-period variable stars in the Astronomical observatory of the Odessa University, we try to conduct a detailed classification type stars Mira-type, semi-regular variable stars and similar, find out the location of symbiotic stars among other long-period variables in their evolution to the planetary nebulae, using compiled material from other authors and their own observations. The modern research of long-period variable stars in the Observatory of the Odessa National University is conducted in several directions.

First of all, there is no special distinction between Mira-type stars and red semi-regular variables. These stars are investigated by the same methods, despite the light curves of semi-regular variables are relatively noisy due to smaller amplitudes of pulsation variability. And the same statistical processing is applied to the long-period components of symbiotic systems, where they dominate in the light curves. Last we believe it is possible, as in several works, such as Whitelock (1987), to note that the symbiotic Mira-type stars are more similar to the Mira than to other symbiotic stars.

For the research, we have used observations from the databases of the French Association of Variable Stars Observers (AFOEV), Variable Stars Observers League of Japan (VSOLJ) and recently the American Association of Variable Stars observers (AAVSO), which allow to study the variability of these stars during the time interval up to 100 years.

A review on the evolutionary properties of long-periodic variables was presented by Kudashkina (2003).

Considering the discontinuity of observations, before the approximation using the trigonometric polynomial, the original data were "cleaned". Points that differ by more than 2^m from sure observations, were thrown out. The remaining points were approximated using the “running parabola”, then

thrown out those points that differ from the approximation by more than $1^m.2$. Details of the method of processing the original data can be found in the paper by Andronov (1987). Observation interval is typically of about 70 years. Some studies have also used the data from the AAVSO (Mattei, 1979), the processing of which is described in the article by Kudashkina and Andronov (1996). For semi-regular variable stars, the original observations were treated the same way as for the Mira (described above), but light curve was approximated by a running sine (Andronov and Chinarova, 2013). Other methods were described by (Andronov and Chinarova, 2012).

The first direction

The analysis of more than 60 correlations was obtained earlier by Kudashkina and Andronov (1992). Presumably, the stars are divided into basic, intermediate and carbon groups.

We considered some correlations between the photometric parameters of the mean light curves, as such as the slope ascending and descending branches versus period and other.

The parameter r_1 is the first harmonic contributed the light curve (the semi-amplitude of the wave with a frequency corresponding to the sinusoidal light curve).

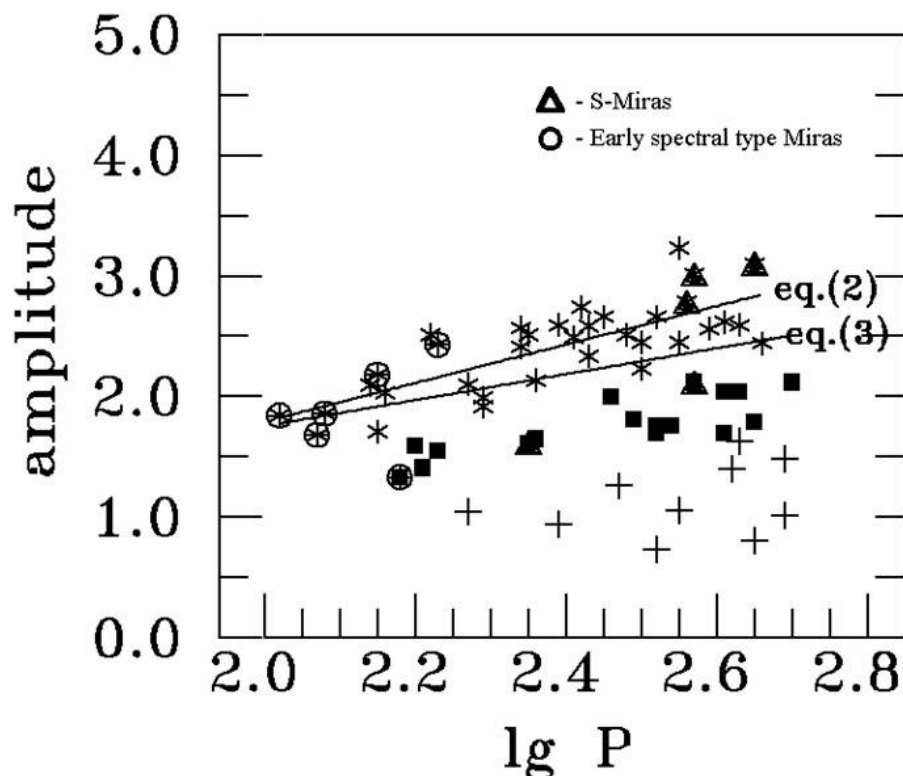


Fig. 1. The relationship “semi-amplitude r_1 - period”: $r_1 = (1.59 \pm 0.22) \cdot \lg P - (1.40 \pm 0.53)$ (2) – only asterix; $r_1 = (1.07 \pm 0.32) \cdot \lg P - (0.39 \pm 0.77)$ (3) – asterix and squares. The crosses mark small-amplitude stars, which were not taken into account.

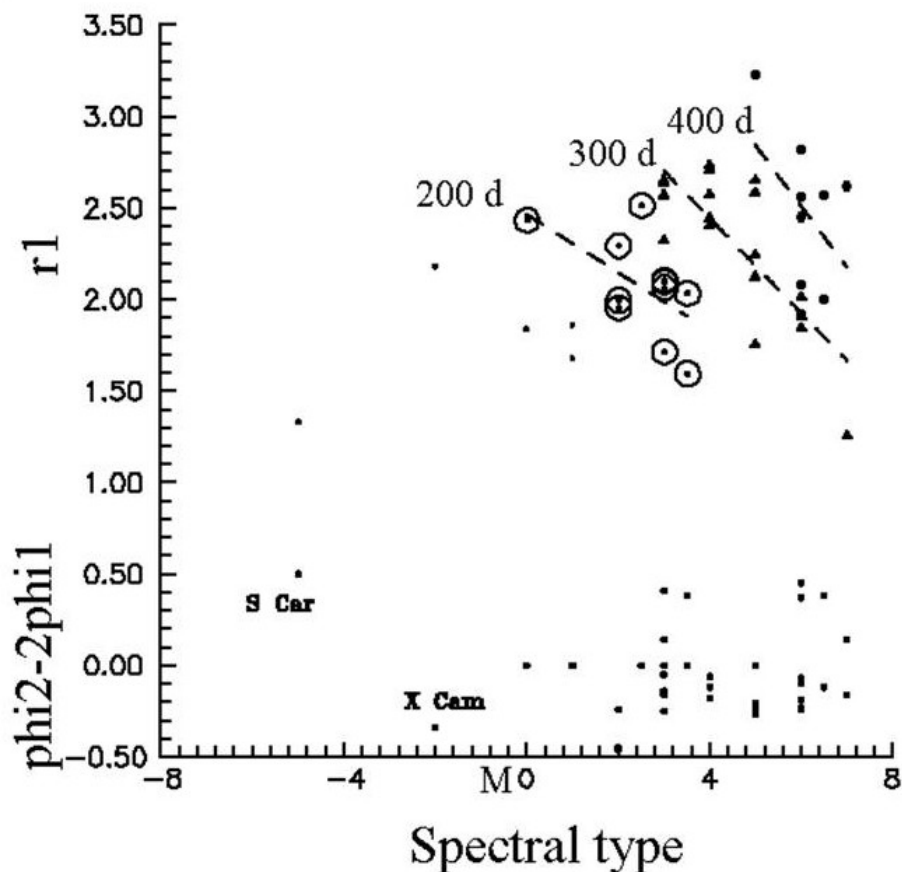


Fig.2. r_1 - amplitude of the main wave of the light curve, $\phi_2 - 2\phi_1$ - difference of the phase of the main and second waves at the light curve. The circles mark the stars with symmetric light curves.

Thus, we examined a possibility to use the photometric parameters of visual light curves of long-periodic stars to derive fundamental characteristics: the stellar population, to which the star belongs, evolutionary stages, pulsating modes etc.

We have concluded: (1) zirconium stars (S-Miras) are the final stage of the Mira-type stars on the AGB. In the Fig. 1, the stars marked with asterixes have initial masses larger then the stars marked with squares. The latter, perhaps, have a metal deficit; (2) the variations of total shape of the light curve versus period caused by only variable of the slope of the ascending branch; (3) for zirconium and oxygen Mira-type stars of the late spectral subclasses, the asymmetry of the light curve is constant and does not depend on the period; (4) for stars with the same periods, the increase of the spectral subclass is accompanied with a decrease of the amplitude of the main wave of the light curve (Fig. 2); (5) the sequence of small-amplitude Mira-type stars exists and includes mainly C-rich stars. Perhaps exist two sorts (of C-rich stars or of small amplitude Miras): "intrinsic" – the stars, which have passed the stage of

the “dredge-up” and "false" – the stars, which belong to the binary systems. The enrichment by C takes place as a result of the mass transfer and the uncovering more deep shells, by analogy with the Barium-stars (Mennessier, 1997).

Most of the stars is ahead of the light curve in the phase of r_2 to r_1 , i.e. the maxima of the sine components at the main and double frequency occur prior to the maximum of the total approximation of the light curve. All stars with delay in the phase of ϕ_2 to ϕ_1 , have the humps on the light curves.

Perhaps, for the stars X Aur and R Vir the half period is given in “General Catalogue of Variable Stars” (Samus et al. 2014).

The described features of 8 stars are listed in table 1 (Kudashkina, 1999).

Table 1.

Star	Features	<i>Spectral type</i>
W And	S – type, $\Delta m \sim 11^m$	S6.1e – S9.2e
RT Cyg	Supergiant	M2e – M8.8eIb
X Aur	Pulsates in 1 overtone?	M3e – M6e
T Cam	S – type	S4.7e – S8.5e
S UMi	Double maximum?	M6e – M9e
T Cas	Double maximum	M6e – M9.0e
R Aql	Helium – flash stage	M5e – M9e
U CMi	Double maximum	M4e

The second direction

The changes of individual characteristics of the light curves with time are studied for the long-period variable stars. The characteristics of individual cycles for the 53 stars obtained using methods of "running" and "asymptotic" parabolae are listed by Marsakova and Andronov (2006).

The changes of these characteristics with time are studied. The secular (progressive) period changes for 4 stars, which presumably undergo the helium flash were studied by Marsakova & Andronov (2000a). The characteristics of period changes were investigated. T UMi shows a clear increase in the slope dm/dt of the branches of the light curve, R Aql and R Hya show a strong amplitude decrease, mainly due to brightening of minima. If you place these stars in the sequence of changes in the amplitude and slope branches of the light curve, this sequence is in a good agreement with the position of the stars at different stages of the helium flash on existing models (Wood & Zarro, 1981).

For other Mira-type stars also the studies of secular variations of light curve parameters such as period, amplitude, mean brightness have been made. Several types of period variations for Mira-type variables were separated (Marsakova, 2014b).

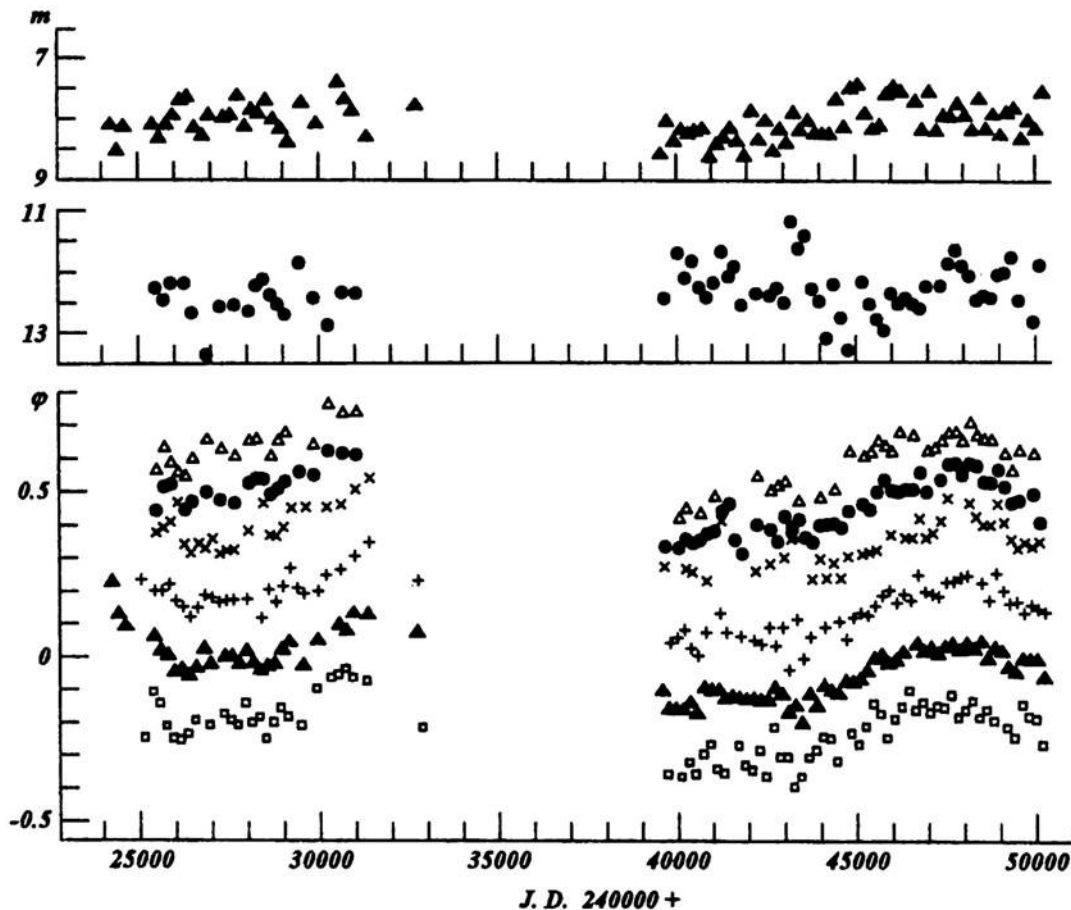


Fig. 3. Variation of magnitudes of maxima and minima and the phases of individual cycle points with time for W Lyr (Marsakova & Andronov, 1997).

In a few stars were discovered cyclic changes of periods with characteristic times of 17000-20000 days (Marsakova V.I. & Andronov I.L., 2013). At T Cep and U UMi, these changes are accompanied by changes in the amplitude. For T Cep (Marsakova V.I. & Andronov I.L., 2000b) its uniform of a number of observations have been able to conduct cross-correlation analysis and to establish that the amplitude minimum, when the hump on the ascending line of the most striking, and between these characteristics there is no time shift. Between periods and amplitudes were obtained shift 3 cycles.

The changes of the characteristics of individual cycles of the stars of spectral classes C and S (carbon and zirconium) are studied (Marsakova & Andronov, 1999). Characteristic features are: high amplitude S – stars and a low amplitude in C-stars (and the average amplitudes of the light curves for 80 years often have values, typical for semi-regular stars), strong variability of light curves, the C-stars, the lack of systematic changes of the period and amplitude. Also, in the C stars are observed significant changes in average luminosity. The assumption was made about the relationship of these changes to dust shells from these stars.

It is shown that classification of long-periodic variables can be based on the character and numeric characteristics of the light curve parameters variations (Marsakova and Andronov, 2006; Marsakova, 2014a).

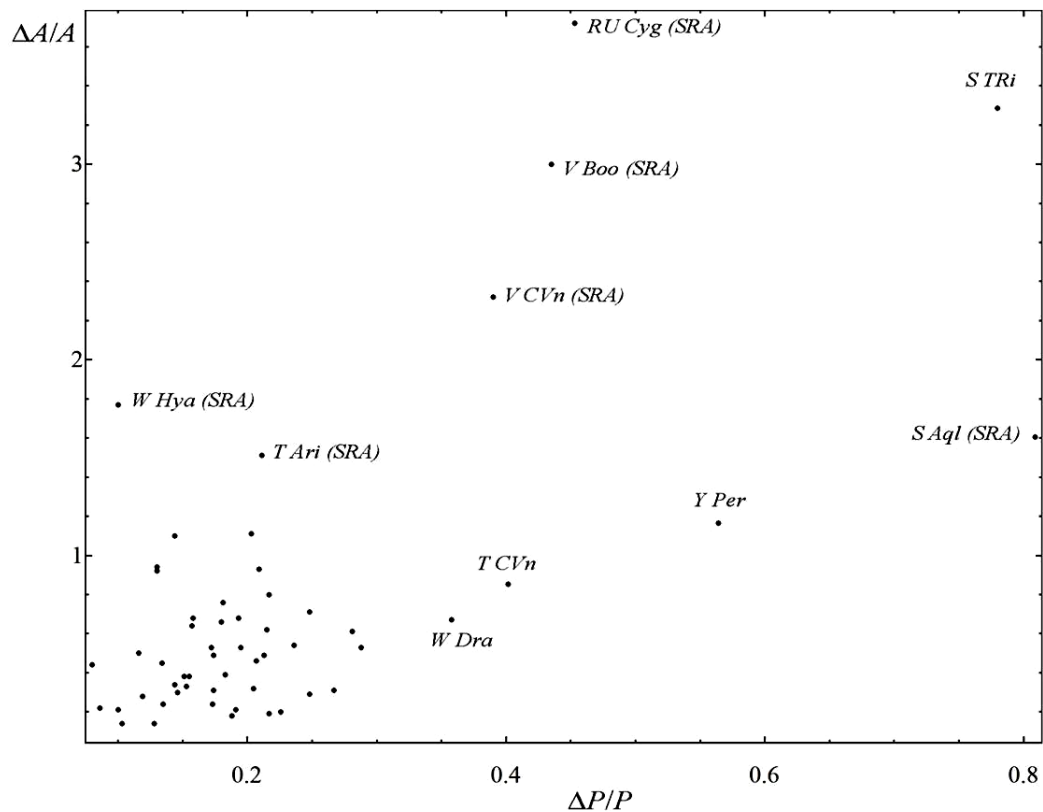


Fig.4. Diagram “Relative scatter of individual cycle amplitudes versus relative scatter of periods” show separation of semiregular and multiperiodic variables from the other Miras (Marsakova, 2014a).

The relationship between the values that characterize changes in the characteristics of individual cycles with other parameters of stars was analyzed. In particular, we studied a number of charts such as: spectral class – relative variation of the amplitude, spectral class – relative scatter of the mean (over the individual cycle) brightness, relative scatter of amplitudes of individual cycles – the average amplitude of the light curve, relative scatter of amplitudes of individual cycle versus relative scatter of periods.

The third direction

The variability of 10 objects that are transitional between Mira-type stars and semi-regular variables have been considered.

The stars are divided into two groups: I - those who differ from the Mira – type only by smaller amplitudes (the formal limiting value in the “General Catalogue of Variable Stars” (Samus et al. 2014) is 2^m), II - have observed transitions to full – blown semi-regular behavior in certain time intervals.

Based on these charts and character of changes of the period, amplitude and medium (over individual period) brightness, one can make the following additions to the classification of these stars. (1) Mira-type stars and semi-regular stars of spectral class C can be assigned to one close group of variable stars. As typically semi-regular, only 4 stars can be classified, two stars were assigned to the intermediate class between the Mira – type and semi-regular variables (Y Per – the Mira – type star and S Aql – SRa). Among a class of titanium stars, were also allocated two stars that were attributed to the so – called "small – amplitude Mira – type stars" that have an amplitude of less than 2^m , but show features of variability typical for the Mira-type stars. (2) The type SRc is to be divided into at least two subtypes. SRca – supergiants with multi-periodic pulsations and regular light curve of Mira – type, sometimes intervals disturbed by switching modes of pulsations (S Per) and SRcb - supergiants with quasi-periodic light curve and intervals of constancy of brightness (PZ Cas). (3) The group of Mira – type and semiregular variables with similar periodicity (multiperiodicity) 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 in the paper (Marsakova & Andronov 2013).

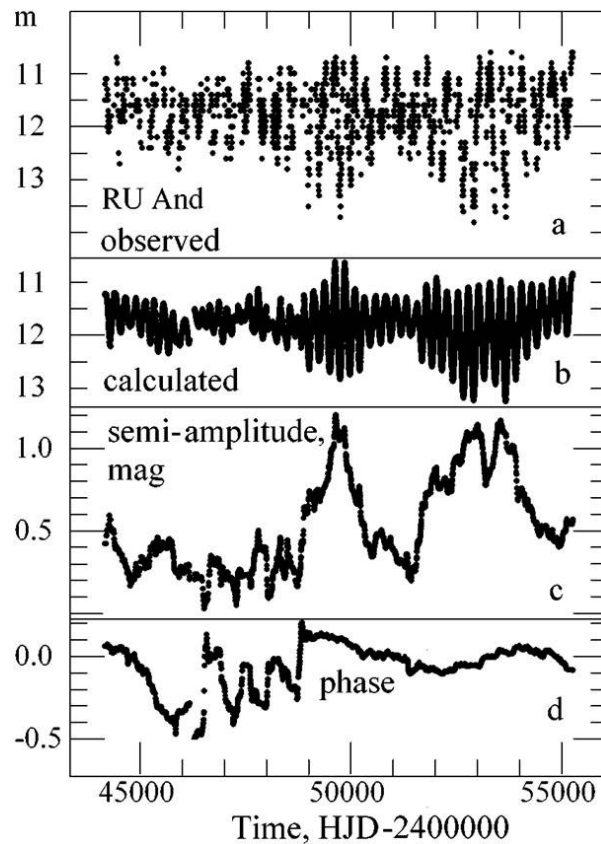


Fig. 5. Light curve of RU And: observations (up), running sine fit, semi-amplitude and phase (bottom) (Chinarova, 2010).

Our analysis in all three studying directions allowed to classify the stars according to the next subtypes:

- 1) Mira – type stars belonging to the helium – flash stage (TPAGB) – $\langle A_{\text{group}} \rangle = 4^{\text{m}}.68$, M-spectral type. The period decreases abruptly and then it increases again, but this process is short time, and the period decreases smoothly. The amplitude changes similarly.
- 2) The typically Mira-type stars M-spectral type, $\langle A_{\text{group}} \rangle = 4^{\text{m}}.36$. The light curves are regular, amplitudes are more 2^{m} . Perhaps, the amplitude increases for several stars.
- 3) The small-amplitude Mira-type stars - $\langle A_{\text{group}} \rangle = 1^{\text{m}}.70$, M-spectral type. The amplitudes are less than 2^{m} . All parameters are typical for Miras. As it was mentioned above some of them may be companions of binary systems.
- 4) Mira-type stars of the spectral type S - $\langle A_{\text{group}} \rangle = 5^{\text{m}}.44$ They belong to the final stage of the Mira-type stars on the AGB.
- 5) Regular long-period variables C-spectral type. The amplitudes are small, light curves are more noisy, instable, chaotic, have humps or double maxima. For classification of C-stars as Mira or SR the same criteria (as for M-stars) can not be applied (amplitude, regularity).
- 6) Transient type stars (between Miras and SR) - $\langle A_{\text{group}} \rangle = 1^{\text{m}}.34$. The switches between regular and semi-regular periodicities have been observed. These stars drop out at our diagrams.
- 7) Semi-regular variables M-spectral type - $\langle A_{\text{group}} \rangle = 0^{\text{m}}.84$. The amplitude often decrease during the time; the mean brightness changes during the time.

Thus, in traditional classification of long-period variables, the basic criteria are mean amplitude and the regularity of light curves. We propose the parameters and diagrams, which can be used for more detailed classification. These parameters are based on the character and range of the variations characteristics of individual and mean light curves.

Acknowledgements. The authors are thankful to Dr. Bogdan Wszolek and AJD for hospitality. For this work, we have used the international databases of the AFOEV, VSOLJ, AAVSO. The work is included in the “Inter-Longitude Astronomy” (Andronov et al., 2010) and “Ukrainian Virtual Observatory” (Vavilova et al., 2012) projects.

References

- Andronov I.L., 1997, *As.Ap. Suppl.*, 124, 207.
Andronov et al., 2010, *Odessa Astron. Publ.*, 23, 8.
Andronov I.L., Chinarova L.L., 2003, *ASP Conf Ser.*, 292, 211.
Andronov I.L., Chinarova L.L., 2012, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013*, 139.

- Andronov I.L., Chinarova L.L., 2013, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny* 2014, 139.
- Chinarova L.L., 2010, *Odessa Astronomical Publications*, 23, 25.
- Karetnikov V.G., 1996, *Pages on the History of Astronomy in Odessa* (in Russian), 3, 19.
- Kudashkina L.S., 1999, *Vestnik Odessa State Univ.*, 4, 55.
- Kudashkina L.S., 2003, *Kinem. Phys. Celest. Bodies*, 19, 193.
- Kudashkina L.S., Andronov I.L., 1992, in: "Planetary Nebulae", eds. H. Habing, H.J. Lamers, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Holland, p.353.
- Kudashkina L.S., Andronov I.L., 1996, *Odessa Astron. Publ.*, 9, 108.
- Marsakova V.I., 2014a, *Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory*, 110, 23
- Marsakova V.I., 2014b, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny* 2015, 251
- Marsakova, V.I., Andronov, I.L., 1997, *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 13, № 6, 49.
- Marsakova V.I., Andronov I.L., 1999, *Odessa Astronomical Publications*, 12, 205
- Marsakova V.I., Andronov I.L.: 2000a, *ASP Conference Series*, 203, 130.
- Marsakova V.I., Andronov I.L.: 2000b, *ASP Conference Series*, 203, 131.
- Marsakova V.I., Andronov I. L., 2006, *Astrophysics*, 49, 370.
- Marsakova V.I., Andronov I.L.: 2013: *Odessa Astron. Publ*, 26, № 1, 78.
- Marsakova V.I., Andronov I.L., 2013, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny* 2014, 273.
- Marsakova V.I., Kudashkina L.S., Andronov I.L., 2011, *Program and theses of VI scientific conference "Selected Issues of Astronomy and Astrophysics" dedicated to Bohdan Babiy*, Lviv, p. 85.
- Mattei J., 1979, *AAVSO Rep.*, 38, 1.
- Mennessier M.-O. et al., 1997, *Astron.Astrophys.*, 326, 722.
- Nudzhenko A.G., 1974, *Perem. Zvezdy*, 19, 381.
- Samus N.N. et al., 2014, *General Catalogue of Variable Stars*, Moscow, Nauka.
- Strelkova E.P., 1956, *Perem, Zvezdy*, 11, 65.
- Vavilova I.B. et al., 2012, *Kinem.Phys.Celest.Bodies*, 28, 85
- Whitelock P., 1987, *PASP*, 99, 573.
- Wood P.R., Zarro D.M.: *Astrophys. J.*, 1981, 247, 247.

Nowe pomiary zaświetlenia nocnego nieba w Krakowie i okolicach

Aleksander Kurek

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Abstrakt

Przedstawię nowy projekt monitorowania jasności nocnego nieba w Krakowie i okolicach – zwłaszcza na terenie Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego. Projekt stanowi kontynuację prac związanych z Projektem Badawczym Politechniki Krakowskiej PB 2261/B/P01/2008/34. W jego ramach powstała dokładna empiryczna mapa jasności nocnego nieba w aglomeracji krakowskiej we wszelkich warunkach stanu atmosfery na przestrzeni lat 2008-2011. Oprócz tego przeprowadzono analizę archiwalnych danych o zaświetleniu, obejmujących znacznie wcześniejszy przedział czasu.

Wstęp

Współpraca z grupą dr. Tomasza Ścieżora została nawiązana w październiku 2013 roku. Od tego czasu trwają codzienne pomiary jasności nieba – głównie na terenie Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (dalej: OA UJ). Używamy do tego mierników firmy *Unihedron* SQM (pole widzenia 60° , rys. 1) oraz SQM-L (20°) [1]. Takie mierniki są dziś ogólnie przyjętym standardem w społeczności ochrony ciemnego nieba – zarówno w Polsce, jak i na świecie. Są one jednocześnie lepiej wycechowane od konkurencyjnych rozwiązań, zwłaszcza jeśli chodzi o stabilność w dłuższych okresach czasu [2] [3]. Przepustowość miernika jest podobna do filtra V systemu *Johnsona*, jednak nie jest identyczna. Czujnik jasności to TSL237 produkowany przez *Texas Advanced Optoelectronic Solution Inc.* Maksimum czułości dla długości fali ~ 700 nm, a charakterystyka sięga 300 – 1100 nm. Jest to daleko w stronę podczerwieni, więc miernik zaopatrzone dodatkowo w filtr HOYA CM-500, aby podczerwień odciąć. Tak skompensowany miernik ma maksimum czułości dla ~ 540 nm [4]. Z tego powodu czasem określa się jednostkę jako mag_{SQM} lub SQM-V. Nasze egzemplarze zostały dokładnie wykalibrowane za czasu trwania grantu, natomiast przed rozpoczęciem naszych pomiarów ich stabilność została dodatkowo zweryfikowana. Dla nieba średnio zanieczyszczonego należy przyjąć rozrzut pomiaru $0.17 \pm 0.07 \text{ mag/arcsec}^2$. Pomiar wykonuje się u nas z pobliża teleskopów (dokładniej – za Fortem Skala; 50.0533° N , 19.8228° E ; 287 m. n. p. m.). Miernik kieruje się po zapadnięciu bezksiężycowej nocy astronomicznej (godzina do wzejścia / od zajścia) pionowo w zenit, który tym samym stanowi wyznacznik ogólnej jasności nieba. Zwraca się uwagę, aby na

diode fotoczułą nie padało żadne znaczne boczne źródło światła (unika się tzw. *stray light*).

Pomiary

Niestety OA UJ jest otoczone bardzo silnymi sztucznymi źródłami światła, mimo że od centrum Krakowa oddziela je cały Las Wolski. Od północnego zachodu od kilku lat silnie świeci Port lotniczy Kraków-Balice, zlokalizowany 3 km na północny zachód od Obserwatorium. Od wschodu widoczna jest kolejna duża łuna – od centrum miasta Kraków (OA UJ znajduje się 8 km w linii prostej od ścisłego centrum). Odchylenie miernika nawet o kilka stopni od zenitu powoduje zmianę wartości wskazywanej przez miernik – okolice zenitu to definitywnie najciemniejsze miejsce nieba nad Obserwatorium.

W OA UJ prowadzone są obserwacje fotometryczne obiektów o jasności do ok. 17.5 mag_v. Należy pamiętać, że z powodu niedoskonałości sprzętu oraz drgań atmosfery takie obiekty (nawet punktowe, jak gwiazdy) zajmują kilka pikseli na CCD, czemu odpowiada powierzchnia kilku arcsec² na niebie. Natomiast miernik SQM podaje wartości w mag_{SQM} na jedną arcsec², stąd efektywny zasięg obserwacji fotometrycznych jest mniejszy, niż wskazania miernika.

Nasze pomiary potwierdzają wnioski płynące z pomiarów dokonywanych gdzie indziej, także poza Polską. Nawet w miesiącach zimowych – kiedy noc astronomiczna zapada wcześniej – niebo robi się wyraźnie coraz ciemniejsze do około północy. Późniejszy spadek jasności jest już nieznaczny i nie przekracza 0.05 – 0.1 mag_{SQM}. Zatem nie wydaje się uzasadnione czekanie z obserwacjami ciemniejszych obiektów dłużej – chyba, że mają się zbliżyć do zenitu.

Prace rozpoczęte na Politechnice Krakowskiej uwzględniały też pomiary na zachmurzonym niebie, gdyż ich cel nie był *stricte* astronomiczny. Przebadano także, jakie czynniki powodują wzrost jasności nieba w centrum Krakowa [5] względem doskonale ciemnego nieba (przyjęto tu 22 mag/arcsec²). Okazało się, że:

- a) Światło pochodzące od Księżyca w pełni powoduje 6-krotny wzrost jasności powierzchniowej nocnego nieba,
- b) Światło słoneczne (białe noce, kiedy tarcza słoneczna chowa się pod horyzontem na mniej niż 12°) to maksymalnie 4-krotny wzrost,
- c) Naturalne świecenie górnych warstw atmosfery – 3-krotny,
- d) Światło odbite od pokrywy śnieżnej powoduje 10-krotny wzrost,
- e) Światło odbite od chmur – wzrost 275-krotny (chmury są jaśniejsze od nieba na obszarach zanieczyszczonych świetlnie),
- f) Światło rozproszone w aerozolu (mgłach) – wzrost 692-krotny,
- g) Światło rozproszone na pyłach zawieszonych – 110-krotny.

Jest zatem jasne, że sztuczne zanieczyszczenie świetlne jest problemem wielokrotnie poważniejszym dla astronomii, niż jakikolwiek naturalny czynnik – włączywszy światło Księżyca w pełni oraz białe noce. Warto zwrócić uwagę, że stężenie pyłów zawieszonych (np. PM10 – *particulate matter* 10, czyli wszystkie cząstki o wielkości 10 mikrometrów lub mniejszej) jest w Krakowie zazwyczaj wielokrotnie przekroczone od lat i rzadko spada do poziomu uznawanego za normę.

Nasze pomiary nie wykazują jakiegokolwiek zależności zaświetlenia nieba od włączenia/wyłączenia oświetlenia ścieżek Obserwatorium – światło tych lamp jest skierowane głównie w dół i prawdopodobnie jest poniżej błędu pomiaru SQM. Najciemniejsza kiedykolwiek zanotowana wartość (2014-05-30 po godzinie 00:15) to 19.97 mag_{SQM} w zenicie i przy użyciu SQM-L (20° FOV). Użycie miernika SQM-L na zenicie powoduje zwykle odczyt o 0.1 mag_{SQM} wyższy, niż SQM (60° FOV) – kolejny fakt potwierdzający, że zenit jest znacznie ciemniejszy, niż niebo poniżej.

Dotychczas nie udało się zanotować żadnych anomalnych odczytów, które wskazywałyby na wystąpienie nietypowych zjawisk. Jest oczywiste, że kilka mierników SQM ustawionych pod niewielkim kątem do horyzontu jest w stanie wykrywać nadejście chmur (odczyt zaczyna szybko fluktuować).



Rys. 1. Miernik Unihedron SQM. Za zieloną szczeliną po prawej znajduje się dioda światłoczuła. W wersji SQM-L miernika w tym miejscu jest też soczewka.

Prawdopodobnie pomiary zaświetlenia będą kontynuowane jeszcze przez przynajmniej dwa lata. Jest szansa, że na początku 2015 roku pojawi się na stanie OA UJ miernik SQM-LU-DL, umożliwiający pomiary ciągłe. Ta wersja jest zaopatrzona w specjalną obudowę – planujemy domontowanie do niej grzałek, aby rosenie nie zakłócało pomiarów.

Obecne pomiary trwają jeszcze zbyt krótko, aby stwierdzić, czy zaświecenie nieba wzrasta w czasie – chociaż jest to bardzo prawdopodobne, jeśli nie pewne. Przypuszczamy, że udowodnienie trendu wzrostowego lub jego braku będzie możliwe dopiero za dwa lata. Jednocześnie należy pamiętać, że trend wzrostu jest już udowodniony w innych miejscach aglomeracji krakowskiej [5] – chociaż od około 2004 roku wydaje się ono jednak utrzymywać na stałym (wysokim) poziomie. Wiadomo także, że sztuczne zaświecenie nieba powoduje wzrost oświetlenia gruntu od nieba, co ma niekorzystny wpływ na zawartość chlorofilu w zbiornikach wodnych, z których Kraków czerpie wodę pitną [5].

Wnioski

Charakterystyka obecnego zaświecenia nocnego nieba nad OA UJ wydaje się nie odbiegać od oczekiwań. Najciemniejsza noc w minionym roku to 19.97 mag_{SQM}. Niżej od zenitu intensywność zaświecenia wzrasta bardzo szybko. Spadek zaświecenia wraz z pogłębianiem się nocy przebiega tak, jak w innych miejscach na świecie, w których dokonywano tego typu pomiarów – po północy ów spadek jest już nikły. Prawdopodobnie jest to głównie związane z wyłączaniem świateł w mieszkaniach prywatnych, gdyż w okolicach Krakowa naturalne świecenie nieba o tej porze i tak jest dużo ciemniejsze, niż sztuczne.

Bibliografia

- [1] <http://www.unihedron.com/projects/darksky/comparison/>
- [2] Outer P. et al., 2011, *Sensors*, 11, 9603
- [3] Puschnig J., 2013, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139, 64
- [4] Schnitt S. et al., 2013, *Temperature Stability of the Sky Quality Meter*, 13, 12166
- [5] Ścieżor T. i in., 2010, *Zanieczyszczenie świetlne nocnego nieba w obszarze aglomeracji krakowskiej*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej (monografia)

Period Variations of Mira-Type Stars

Vladyslava I. Marsakova

Department of Astronomy, Odessa I.I.Mechnikov National University
vmarsakova@mail.ru

Mira Ceti stars belong to long period variables (that represented also by RV Tauri, semiregular, and irregular variables). The light curves of long period pulsating stars are not only distinguished by their periods, but are also, in contrast to the corresponding light curves of classical pulsating stars (e.g. δ Cephei or RR Lyrae variables), altered greatly from one cycle to another. The main distinguishing feature of Mira Ceti stars is a large amplitude of brightness variations, which facilitates their discovery. These variables are red giants of spectral types M, S, and C; they form an isolated group at the right end of the giant branch in the Hertzsprung–Russell diagram. Full review of the properties of Mira variables and similar long-period variables have been done by Kudashkina [1].

We have used observations from the databases of the French Association of Variable Stars Observers (AFOEV), Variable Stars Observers League of Japan (VSOLJ) and American Association of Variable Star Observers (AAVSO), which allow to study the variability of these stars during the time interval of about 100 years.

We have used:

- “Asymptotic parabolae” and “running parabolae” fitting to determine the characteristics of extrema [2, 3, 4];
- Trigonometrical polynomial to obtain the characteristics of the mean phase light curves [2, 5];
- Wavelet analysis and “running sines” to study the stability of the periods and the light curves [6, 7, 8].

As the result of our researches, several types of period variations for Mira-type variables have been separated:

1. Small irregular period variations,
2. Switching of similar values of the period with sawtooth O-C curves (amplitude is smaller),
3. Smooth cyclic at timescale approximately 17000–22000 days (amplitude is higher, shape of curve is changed),
4. Progressive (continuous changes of the same sign),
5. Effects of multiperiodicity.

Let's discuss them more particularly.

1. Small irregular period variations shows majority of Mira variables. Corresponding O-C curve one may see at Fig.1.
2. Switching of similar values of the period with sawtooth O-C curves have been registered in such variables as X Aur, R Boo, X Cas, χ Cyg, R Dra, T Her,

RS Her, X Oph. These variations is not periodic, but cyclic. And as one may see at the O-C curves with using older moments of maxima (for example, <http://var.astronet.se/mirainfooc>) they can be superimposed on changes with much more longer characteristic time.

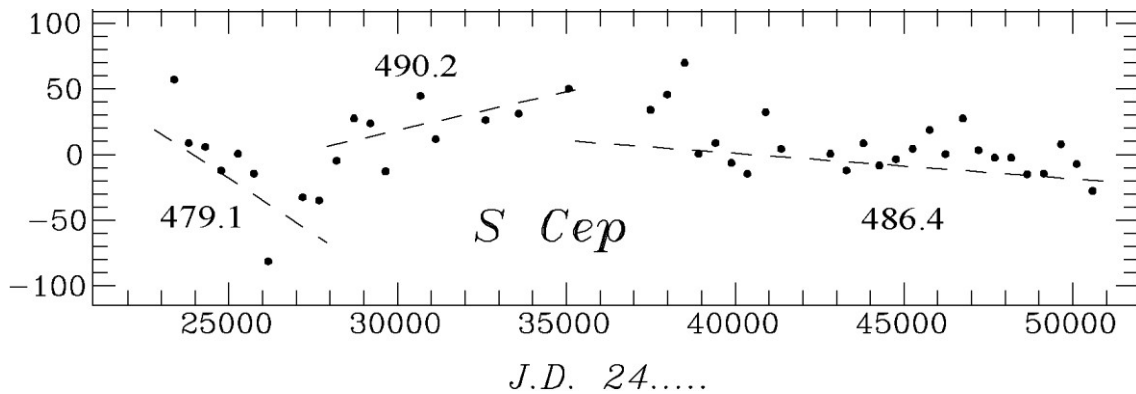


Fig.1. O-C curve for carbon Mira-type variable S Cep.

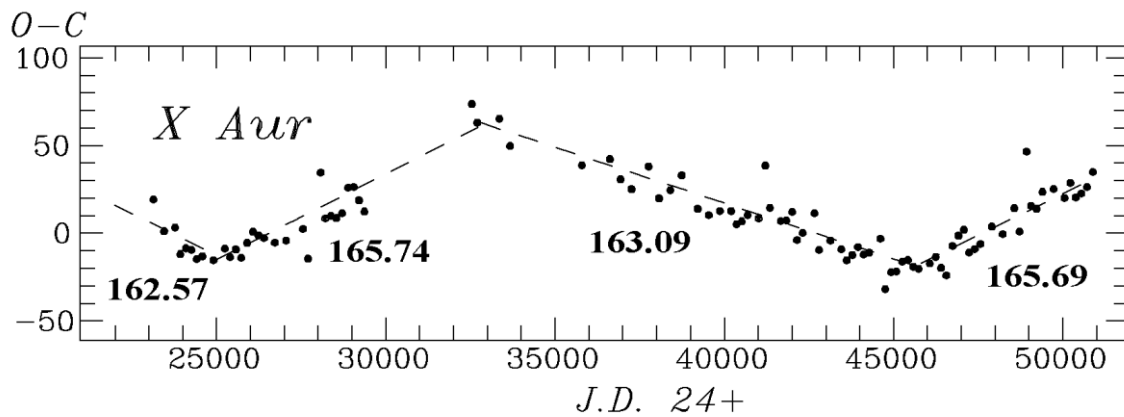


Fig.2. O-C curve for Mira-type variable with switching of similar values of the period X Aur.

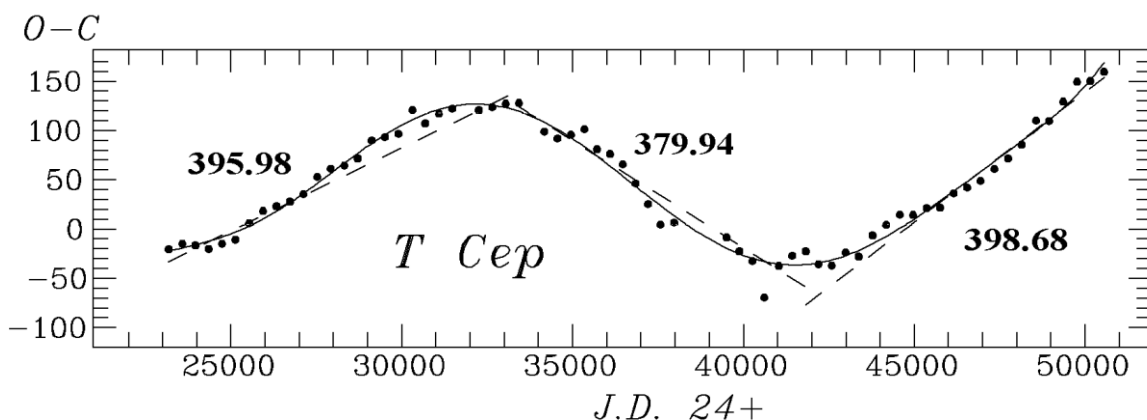


Fig.3. O-C curve for Mira-type variable with smooth cyclic period variations T Cep.

- Smooth cyclic variations at timescale approximately 17000–22000 days are most evident in case of T Cep [10, 11], Fig.3. They also are cyclic, but the cyclicity in some cases may be interrupted by smaller oscillations. In

case of T Cep, these period variations also are attended by amplitude changes and changes of the shape of the light curve as particular discussed in [11]. Similar amplitude variations observed in other stars, some of they have humps on ascending branch and their position and amplitude of the light curve are related similar to T Cep.

4. Progressive changes (continuous ones of the same sign) has been detected in R Aql, R Hya, W Dra and T UMi [12, 13]. The O-C curve for R Aql is shown at Fig.4 as the example. R Aql and R Hya show constant decreasing of the periods, T UMi show abrupt decreasing since about J.D. 2443000 and in case W Dra we can see slow period increasing. Wood & Zarro [14] proposed the model of helium shell flash to explain all these variations.

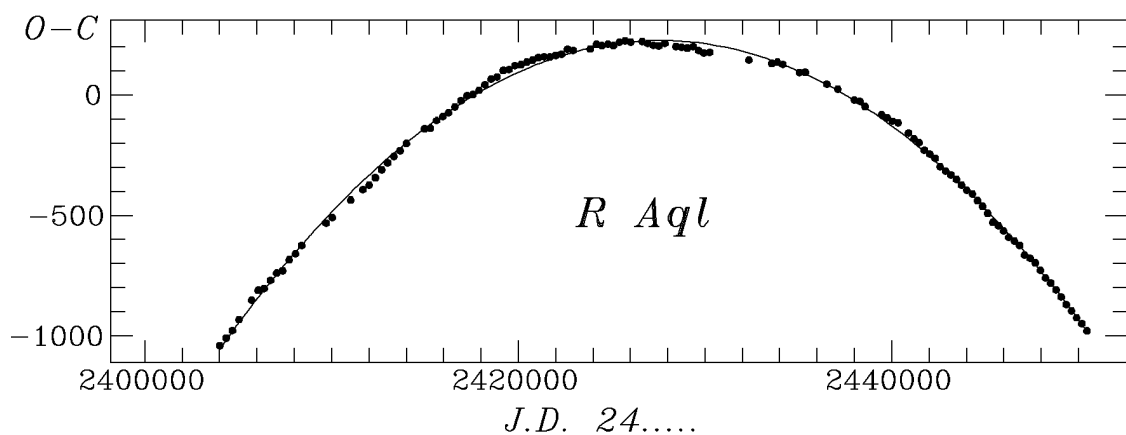


Fig.4. O-C curve for Mira-type variable with progressive period variations R Aql (solid line represents parabolic approximation).

5. Effects of multiperiodicity were discussed in [15,16,17]. They cause noisy O-C curves and strong amplitude decreasing in the some intervals of time. Their revealing requires the meticulous analysis of the light curves.

This study is a part of the projects “Inter-Longitude Astronomy” [18] and “Ukrainian Virtual Observatory” [19].

We sincerely thank variable star amateur observers from AFOEV, VSOLJ and AAVSO for their work that have made such researches possible.

References

- [1] Kudashkina L.S., 2003, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 19, 193
- [2] Andronov I.L. Marsakova V.I., 2006, Astrophysics, 49, 370
- [3] Andronov I.L., 1997, AsAp Suppl., 125, 207
- [4] Marsakova V.I., Andronov I.L., 1996, Odessa Astron. Publ, 9, 127
- [5] Kudashkina L.S., Andronov I.L., 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 108
- [6] Andronov I.L., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014 p. 171 (arXiv:1308.1129)

- [7] Andronov I.L., 2003, ASP Conf. Ser., 229, 391
- [8] Chinarova L.L., 2010, Odessa Astron. Publ., 23, 25
- [9] Marsakova V.I., 1999, Journal AAVSO, 27, 141
- [10] Marsakova V.I., Andronov I.L., 2000, ASP Conf. Ser., 203, 131
- [11] Marsakova V.I., 2013, Odessa Astronomical Publications, 26, № 1, 78
- [12] Marsakova V.I., Andronov I.L., 2000, ASP Conf. Ser., 203, 130
- [13] Kudashkina L.S., Marsakova V.I., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, p. 243
- [14] Wood P.R., Zarro D.M. 1981, Astrophys. J., 247, 247
- [15] Marsakova V.I., Andronov I.L., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, p. 273 (arXiv:1310.2412)
- [16] Chinarova L.L. 2010, Odessa Astron. Publ, 23, 25
- [17] Marsakova V.I., Andronov I.L., 2012, Odessa Astronomical Publications, 25, № 1, 60
- [18] Andronov I.L. et al.: 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8
- [19] Vavilova I.B., et al.: 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies* 28, 85



Development of an experimental demonstrator unit using Nitrous Oxide/Ethylene Premixed Bipropellant for satellite applications

Nikolaos Perakis, Benjamin Hochheimer, Lukas Werling, Andreas Gernoth, Stefan Schlechtriem

*German Aerospace Center (DLR) Lampoldshausen, Langer Grund,
74239 Hardthausen, nikolaos.perakis@dlr.de*

[Przyczynek na konferencję Meet the Space II]

Abstract

In the continuously growing scientific area and market of satellite propulsion systems, the need for replacement of toxic propellants like Hydrazine with human- and environment-friendlier substances called Green Propellants has arisen. Within the context of this research initiative and in terms with the REACH-Regulation, the German Aerospace Center (DLR) in Lampoldshausen is developing and testing an experimental demonstrator based on the technology of Nitrous Oxide Fuel Blends, which involve the mixture of Dinitrogenmonoxide with Carbon Hydrides. Specifically, at the testing facility of M11, the combination of Nitrous Oxide (N_2O) and Ethylene (C_2H_4) as a premixed Bipropellant for applications in satellite propulsion modules is being examined. The combination of a high specific impulse (320s at 10 bar, $\epsilon=40$ against vacuum) with the classic advantages of lighter feed and storage systems connected to monopropellants, render the mixture a strong candidate for usage as a green propellant in satellite applications. Within this project, the development of different injection systems has taken place, in order to examine the combustion properties of the propellant in different phases (gas or liquid) and in different mass flow rate regimes. By taking into consideration the two phase flows present in satellite thruster firings due to the injection against vacuum, the tests ran so far involve a gaseous mixture. Since the outlook of the project aims for a liquid storage and injection of the propellant, a simulation tool describing the necessary conditions for the phase change (condensation or evaporation) was also generated. The absence of accurate experimental data for the state of the mixture in the 2 phase region renders the simulation a preliminary tool of the design of the mixture's liquefaction facility. Further CFD Simulations in combination with experimental tests for the full description of the combustion properties and the mixture's physical characteristics in gaseous and liquid phase are planned for the future.

Motivation

The majority of satellite propulsion systems used for station keeping, orbital and attitude control operate with hydrazine (N_2H_4) as fuel. The wide use of hydrazine as rocket fuel is justified by the fact that it creates a hypergolic

combination with a variety of oxidizers (mainly used with Dinitrogen Tetroxide) [3] and the fact that it can operate as a low power monopropellant with the use of a catalyst [4]. Configurations using hydrazine as monopropellant or hypergolic component were developed as early as during the World War II, with the German rocket-powered fighter aircraft Messerschmitt Me 163 Komet [4]. Apart from its use in satellite propulsion modules, Hydrazine has found application in various space projects like the Viking program landers [5], Space Shuttle's auxiliary power units (APUs) [6], as well as the Curiosity rover lander among others [7].

Despite the advantages of high specific impulse and lack of complex ignition system, hydrazine poses a dangerous chemical substance and has to be dealt with accordingly. Being a monopropellant fuel with an exothermic decay process, its storage is a concern on the ground. Moreover, it has been proven to be toxic and carcinogenic, and therefore costly to handle and to transport due to the special equipment needed and the additional safety measures for the personnel handling it [8].

For that reason, several initiatives to replace hydrazine from the aerospace industry have been started over the last years. Within the European Union, an EU law has come into force since June 2007, namely "Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals" or short "REACH" regulation [9]. The regulation addresses the production and use of chemical substances, by taking into account the effects they impose on the human health and natural environment. Among the substances within the regulation, hydrazine is also included and therefore the aerospace community has invested an increased amount of research resources in finding attractive propulsion methods which can substitute it [24].

Low toxicity or "green" propellants have been in the focus of the scientific community because of the reduced environmental impact and the cost savings associated with the drastic simplification of the required health and safety precautions. Some alternatives to hydrazine involve liquid Methane and Liquid Oxygen (LOX) [10], Methanol or Ethanol and LOX [11] (for high thrust ranges), aluminum powder with water [12] and chlorine-free oxidants (e.g. hydrogen peroxide) [13] as well as Aqueous and other solutions, e.g. Ammonium dinitramide (ADN) [14], Energetic Ionic Liquids (EILs) [15], Hydroxylammonium nitrate (HAN) [16] for lower thrust ranges.

Nitrous Oxide Fuel Blend

Another class of rocket propellants intended to replace hydrazine are the so called Nitrous Oxide (N_2O) Fuel Blend propellants, which were patented by Firestar Technologies [2]. The general idea of this fuel blend is that oxidizer (N_2O) and fuel are blended and stored, thereby forming a mixed "monopropellant". The second component of the fuel is usually a light carbon hydrate, or generally a compound of the form C_xH_y . At the Department of Propellants in

the German Aerospace Center (DLR) in Lampoldshausen, an experimental demonstrator unit to test mixtures of Nitrous oxide and Carbon Hydrates has been set up. In the case of the DLR's engine, Ethylene (C₂H₄ IUPAC: Ethene) has been used. The application purpose of the specific unit is to demonstrate that this configuration could serve as a potential satellite propulsion system [1].

It is important to mention, that just like with every monopropellant, there is the danger of spontaneous thermal ignition. In addition, to being a very stable oxidizer, nitrous oxide is a very good solvent with a near room temperature critical point at 36.4°C. Therefore, it is possible to dissolve fuels into the N₂O to produce a nitrous oxide fuel blend and store the fuel with limited precautions. With the addition of carbon hydrates however, the potential of thermal explosive decomposition is increased [17] and reaches 390-700°C for the N₂O/C_xH_y monopropellant [2]. Nevertheless, the fuel is still considered safe compared to the limits connected to hydrazine (270°C on non-catalytic surface and 24°C on oxidized iron [18]). It is easy to justify why the propellant combination constitutes a "green propellant". The human friendly aspect derives from the fact that the mixed "monopropellant" has relatively high thermal decomposition limits, low mechanical shock sensitivity and impact-induced detonation thereby reducing the costs of transport and handling. The environmental impact is also limited due to the nature of the end products. These consist primarily of N₂, H₂O, CO₂, H₂, CO and show no emission of ammonia like in the case of hydrazine [18].

The performance characteristics of the fuels are comparable to other bipropellant combinations and therefore there are no losses in this aspect, when considering the influence of the combination in spacecraft applications. Specifically, the specific impulse in vacuum for a stoichiometric ratio, (Combustion pressure 10 bar and expansion ratio of 40) reaches 320 seconds. It is evident that although it is considered as a monopropellant in its "mixed" configuration, it still preserves the high performance attributes of bipropellants which is another advantage over hydrazine, whose monopropellant nature doesn't allow for specific impulses higher than 240s [4]. Its energy density is also higher than the one of hydrazine leading to bigger lift capability and smaller tank volume. A further advantage for satellite applications is the throttling of the fuel, covering a wide range of thrust and impulse regimes [2]. Finally, the absence of separate systems for pressurizing and feed systems for oxidizer and fuel increases the simplicity and reduces the mass of the auxiliary systems.

Development at DLR

At the test bench M11 at the propellants department of the DLR, the demonstrator unit has been designed to be able to accommodate fuel operation both in gaseous and liquid form. The oxidizer (Nitrous Oxide) and fuel (Ethylene)

are stored independently in two separate self-pressurized tanks in ambient temperature conditions. The tanks are connected via stainless steel pipes to the engine and their contents vaporize as soon as they enter the feed line system due to the pressure drop.

In order to achieve the mixing of the bipropellant and the uniform injection, the feed lines intersect and are joined in a single steel pipe, which serves as the common feed line in front of the injector. Since the two components are in gaseous form, their mass ratio can be calculated with the use of orifices. By choosing the appropriate combination of orifice diameters, the mass flows of the two gases are estimated due to the choked flow and the global oxidizer to fuel ratio can be estimated in this way [1].

Downstream of the common feed line, the mixed fuel passes through a porous material which serves a double purpose. First it increases the flow homogeneity of the mixture and its uniform distribution, before this reaches the injector. Secondly, it works as a suppressor of a potential flashback into the feed line. In a liquid configuration, flame propagation upstream could be hazardous, in case both propellants were to be stored together. Directly after the porous material, the injector feeds the propellant into the combustion chamber [1].

Injector systems

Within the process of developing the experimental unit, different concepts and geometries were considered as candidates for the injector system. In the background of this development process, the main driver was the need for a system able to inject a liquid fuel in the combustion chamber, and which would provide sufficient pressure drop in order to act as a flashback reducer. The first element developed and tested was an impinging injector with 5 feeding holes, each of them having a diameter of 0.65mm. The principle of the impinging injector consists of different fuel streams, meeting at a specific point in the combustion chamber under a specific angle. In our system, the 4 azimuthal and the one central beam should ensure the creation of droplets in the stream meeting point, leading to an easier evaporation and ignition of the components [19].

Since the operation of the chamber with liquid fuels would imply the existence of an underlying infrastructure able to provide the necessary heat removal system for the condensation process, the first tests that have taken place were done with a gaseous mixture. Apart from the practical benefit of simpler feed system and lack of liquefaction facility, the gaseous injection had the following further advantages in the course of the project.

As described previously, the experimental unit is intended as a demonstrator for use of the fuel in satellite applications. Due to the conditions that a propulsion system is subject to during in-flight operation, one can always assume

that a two phase flow will be present at some point within or before the injector, in case an active heat control system is not foreseen for these components. Due to the injection towards vacuum, the phenomenon of flashing, namely immediate evaporation of the fluid upon injection, is very common [19]. Also, external heat sources provided by direct radiation from the sun, albedo or direct infrared radiation from the earth, could potentially increase the temperature of the propulsion module under the proper combination of orbit and satellite attitude. This excess energy can heat up the propellant while it is flowing through the feed line, causing it to evaporate and leading to a gaseous injection in the combustion chamber. Moreover, since the fuel combination forms a new form of monopropellant, whose physical and chemical properties are unique and not well described, performing tests in gaseous form, gives an insight in the combustion properties of the mixture in its gas regime.

In order to achieve higher mass flows in the combustion chamber which can allow bigger combustion pressures and more information on the properties of the propellant, a second type of injector was designed. Since the impinging injector was mainly designed for the liquid phase, it only allowed small mass flows during operation in gaseous form. Additionally, its small cross section served as the point of smallest area through our system and created supersonic flows through it. Due to that, the orifice system did not define the oxidizer to fuel ratio any more, since a choked flow could not be guaranteed through it.

To ensure a bigger mass flow rate and uniform injection, a showerhead injector was chosen, and the parameters which needed to be optimized were the number of elements, their length, diameter and distance from the injector's axis. The first design point of the injector was to provide sufficient pressure losses in order to suppress a flashback and to provide homogeneous flow distribution in the 9 fluid paths. Moreover, it was necessary to provide mass flow rates in the regime of 25-40 g/s, while operating at a chamber pressure of approximately 10bar. Finally, it had to be designed in a way that its cross sectional area did not create sonic or supersonic flows, so that the point of smallest area remained at the location of the orifices, thereby controlling the oxidizer to fuel ratio. During the designing process, numerical simulations were performed using our own and commercial codes (ANSYS Fluent) and a system satisfying our requirements was then developed.

The final design consists of 9 parallel flow beams (8 distributed azimuthally in circle pattern and one in the middle). The circular pattern of the beams is located at a distance of 2.7mm from the axis and the diameter of each element is 1.4 mm. The length of each element was chosen at 4 mm, mainly due to manufacturing reasons. Specifically, due to the small diameter of the holes, a bigger length is difficult to achieve with the machining techniques available at DLR Lampoldshausen, without compromising the parallel character of the beams. Finally, the flexibility of the injector system was ensured by splitting it into two parts: an adapter and an injector head (containing the 9 beams). This

way, in case further tests were planned in the future, requiring different mass flow rates and hence different injector system, only the injector head would need to be re-designed and replaced thanks to this modular nature.

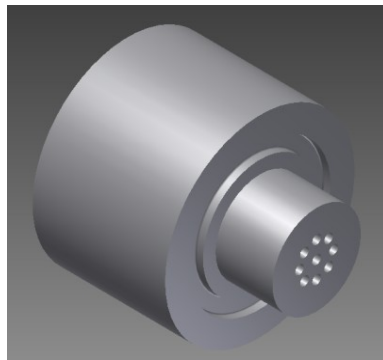


Fig. 1. Showerhead Injector.

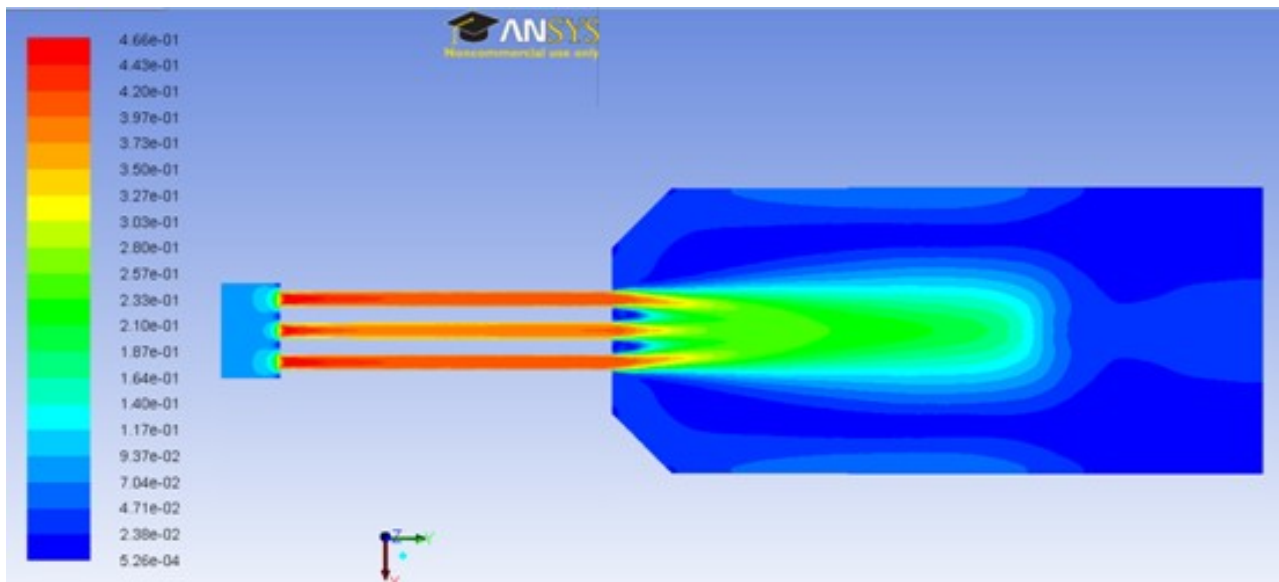


Fig. 2. Mach number in injector for 25 g/s and Chamber Pressure 10 bar.

Design of Condensation System

The goal of the demonstrator unit is to run as a premixed monopropellant, which implies a storage or mixture in liquid phase and uniform injection. So far only tests with the mixing shortly before the injector have been performed successfully and the next step requires an infrastructure for the condensation of the mixture.

Both fluids have a low vapor point, which requires an active cooling system for liquid applications. Ethylene evaporates at -103.7°C [20] under atmospheric pressure and Nitrous Oxide at -88.5°C [21]. Of course, for rocket propulsion applications, both components need to be pressurized, which significantly raises their boiling point. For instance, at a pressure level of 40 bar, ethylene and nitrous oxide boil at -1°C and 9°C respectively.

In order to develop the condensation system, some considerations were first made regarding the principle of mixing and heat exchange for the components. It is important, that during the liquefaction of the mixture, the global oxidizer to fuel ratio (O/F) remains constant or does not get altered significantly, to ensure the wanted combustion conditions during insertion in the combustion chamber. For that reason, the method of separate condensation and mixing in liquid form was thought to be a non-optimal solution. For small quantities, both components would have to be weighted with big accuracy, which is difficult to achieve especially for components which evaporate at the same time, and could lead to uncertainties in the O/F ratio.

Therefore, the option of simultaneous condensation of the mixed substance was chosen. Since the mixing of the propellants takes place in gaseous form, a method using their partial pressures can be used, leading to big accuracy. This type of mixing was already tested and showed small deviations from the wanted (stoichiometric) O/F ratio of 9. The analysis of the results was done with the use of gas chromatography [22], [25].

For the condensation of the mixed bipropellant, a method with low degree of complexity was searched for and for that reason, applications including another cooling agent such as liquid nitrogen and carbon dioxide or methods with external pressurizing systems like pumps were excluded. The easiest solution would be to place the pressurized container within an industrial freezer, with sufficient cooling power and lowest achievable temperature to accommodate the mixture.

For a sped up condensation and cooling process, the design of a heat exchanger was simulated in order to establish its viability. Specifically, a simple model of a spiral serving as a heat exchanger with the ambient temperature within the freezer was created, through which the fuel would flow, thereby increasing its contact time with the cold environment and at the same time raising its heat exchange capability due to the flow induced convection, compared to the stationary case.

For the simulation, a code was developed using MATLAB and the material data were obtained from National Institute of Standards and Technology via an interface connecting the code with REFPROP [23]. It is important to note at this point, that the data used for the mixture were based on estimated tables from REFPROP calculated on various real gas assumptions [23]. Since the exact physical and chemical properties are object of examination and not included in any accessible library, the simulation serves as a first estimate and proof of concept and not a detailed design.

In Figure 3, the results of temperature, pressure, velocity and mass fraction profiles are demonstrated. They correspond to a test case of an aluminum spiral heat exchanger with curvature radius of 30cm, freezer temperature of -50°C and global mass fractions of 11% Ethylene and 89% Nitrous oxide, namely very close to the stoichiometric ratio. The insertion temperature into

the heat exchanger was chosen at 12°C and the initial pressure 25 bar, with a mass flow rate of 10 g/s. The required final temperature for the mixture was chosen at -43°C (230 K). The x coordinate in all of the diagrams shows the position along the length of the heat exchanger.

In order to achieve the targeted undercooling, a length of approximately 5.5 meters is required for the heat exchanger. This value is within realistic ranges of practical application and therefore the idea of the heat exchanger with respect to the freezer's ambient environment was considered to be a viable solution. A parameter study was carried out with variation of mass flow rate and initial pressure, to ensure the reproducibility of the results and to identify the critical parameters. In general it was observed that a higher mass flow reduces the contact time between fluid and cold wall of the heat exchanger due to the higher velocity, but also increases the heat exchange coefficient, thereby having a positive effect in general. For the optimal design of the system however, more detailed models for the material data have to be obtained, which is now a research topic carried out at the DLR in Stuttgart.

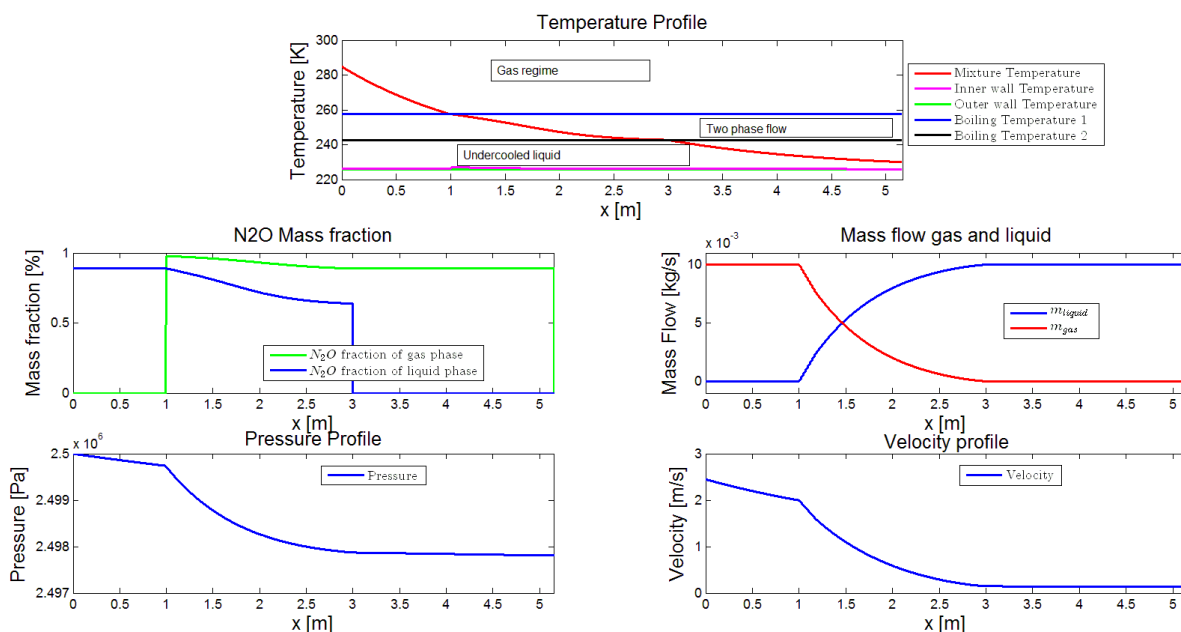


Fig. 3. Results of Heat Exchanger Simulation.

Conclusion and Future steps

Several tests have already been carried out using the impinging injector and more gaseous runs using the showerhead injector are planned in order to reach higher mass flow rates and thrusts. Moreover, new combustion chamber segments involving water cooling have been designed, with the purpose of longer test durations and to analyze the applied heat-flux. The physical properties of the mixture are being examined both experimentally and numerically in order to describe the evaporation and condensation processes and for better design of the liquefaction system. Further hot and cold runs will be carried out

in the future, in an effort of reaching a satellite propulsion system's thrust levels of approximately 400 N and of proving that a green technology as the nitrous oxide fuel blend with ethylene poses a safe alternative to hydrazine.

References

- [1] Werling L., Gernoth A., Schlechtriem S., Space Propulsion Conference 2014
- [2] “NOFBX Monopropulsion Overview”, 2011, Firestar Technologies
- [3] Lai K.Y., Zhu R., Lin M. C., 2012, Chemical Physics Letters, 537, pp. 33-37
- [4] Schmidt E. W., 2006, AIAA 42nd Joint Propulsion Conference and Exhibit
- [5] Morrissey D. C., 1992, Journal of Propulsion and Power, 8, pp. 320-331
- [6] “Research and Technology 1997”, NASA Lewis Research Centre, p. 148
- [7] Baker R.S., Mizukami M., Barber T. J., 2013, NASA Technical Reports
- [8] “Chronic Toxicity Summary : Hydrazine”, 2000, Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels B.2A
- [9] Williams E. S., Panko J., Paustenbach D. J., 2009, Critical Reviews in Toxicology, 39, pp. 553-575
- [10] Hurlbert E. A., 2011 “Liquid Oxygen/Methane Propulsion for Exploration Systems Spacecraft”, Johnson Space Center
- [11] Gajdeczko B.F., Angioletti M., Dryer F.L., “Laser Ignition of Liquid Oxygen/Ethanol Propellants under simulated space conditions”, Princeton University, 2004
- [12] Risha et al., “Aluminum-Ice (ALICE) Propellants for Hydrogen Generation and Propulsion”, 45th AIAA/ASME/SAW/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, August 2-5, 2009
- [13] Cervone A., L. A. Torre, L. Pasini, D’Agostino Romeo L., “Development of hydrogen Peroxide Rockets at Alta S.P.A: the past the present and the future”, IAC 2012
- [14] Anflo et al., 2007, 21st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites
- [15] Kamal et al, 2011, Applications of Ionic Liquids in Science and Technology, Chapter 21
- [16] “Technology Demonstration Missions: Green Propellants Infusion Mission (GPIM)”, NASA 2013 Retrieved 2014-02-27
- [17] Karabeyoglu A., 2008, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 44th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit
- [18] Mungas G., 2009, “Nitrous oxide fuel blend monopropellants” – patent application
- [19] Sutton P., 2000, “Rocket Propulsion Elements”, 7th Edition
- [20] Jahangiri M. et al., 1986, “Thermodynamic Properties of Ethylene from

the freezing line to 450 K at Pressures to 260 Mpa”

- [21] “Thermophysical Properties of Nitrous Oxide”, 1991, IHS ESDU
- [22] Atkins P., “Physical Chemistry”, 9th Edition, 2009
- [23] NIST, “NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties—REFPROP”, 2010
- [24] Schmidt E.W., Wucherer E.J., 2004, “Hydrazine(s) vs Nontoxic propellants, where do we stand now?”, ESA
- [25] Wurdak, M., 2012, “Auslegung eines Einspritzkopfes und Untersuchung gen der Treibstoffaufbereitung von fortschrittlichen Treibstoffen (Green Propellants) als Ersatz von Hydrazin für Anwendungen im Satellitenbereich”, Master’s Thesis



Testowanie kwantowej grawitacji na obiektach pozagalaktycznych

Aleksandra Piórkowska

Instytut Astrofizyki i Kosmologii, Uniwersytet Śląski w Katowicach

E-mail: aleksandra.piorkowska@us.edu.pl

Wprowadzenie

Współczesne opracowania teoretyczne mające na celu odnalezienie właściwej drogi ku kwantowej teorii grawitacji rozważają pewne nietrywialne własności czasoprzestrzeni mogące ujawniać się przy dużych energiach lub na małych odległościach. Własności te mogą znaleźć swoje odbicie w złamaniu podstawowych symetrii natury a w szczególności – symetrii Lorentza (w literaturze anglojęzycznej określanej skrótem LIV od „Lorentz invariance violation”). Popularną strategią przy badaniu takich niestandardowych efektów jest podejście fenomenologiczne opierające się na odpowiedniej modyfikacji relacji dyspersyjnej dla cząstek relatywistycznych. Metoda ta jest jednym z najprostszycch podejść do niezwykle trudnego problemu opracowania teorii kwantowej grawitacji i właśnie ze względu na swoją prostotę intensywnie w ostatnich latach w literaturze badana.

Na pierwszy rzut oka metoda oparta o modyfikację relacji dyspersyjnej wydaje się być zbyt powierzchowna (m.in. brak możliwości przeprowadzenia głębszej analizy ze względu na brak uwzględnionej dynamiki), jednakże jest ona z całą pewnością niezwykle użyteczna z eksperymentalnego punktu widzenia: nawet najmniejsze odchylenia od dobrze znanej, zbudowanej na symetrii Lorentza fizyki, powinny zostać odnotowane jako małe, niestandardowe efekty obecne podczas propagacji cząstek relatywistycznych przez próżnię o egzotycznych własnościach. Dyskutowane tutaj opracowanie teoretyczne oparte jest na postulatcie, że dobrze znana formuła wyrażająca relację dyspersyjną powinna zostać zastąpiona przez bardziej ogólną (Amelino-Camelia i in. 1998):

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 + \epsilon E^2 \left(\frac{E}{\xi_n E_{QG}} \right)^n \quad (1)$$

W powyższym wzorze, $\epsilon = \pm 1$ odpowiada pod- lub ponadświatłnej prędkości rozważanej cząstki, ξ_n jest bezwymiarowym parametrem odzwierciedlającym wielkość efektu łamania symetrii Lorentza (dalej określonego skrótem LIV), $n = 1, 2, \dots$ oznacza rząd poprawki do standardowej, niezmienniczej ze względu na transformacje Lorentza fizyki w rozwinięciu w szereg Taylora uogólnionej formuły dyspersyjnej. E_{QG} oznacza skalę energetyczną, przy

której oczekujemy, że efekty związane z kwantową grawitacją będą się ujawniać (tzw. skala energetyczna kwantowej grawitacji), często utożsamiana w literaturze ze skalą energetyczną Plancka. $H(z)$ oznacza kosmologiczne tempo ekspansji znane jako funkcja Hubble'a. Dodatkowy człon po prawej stronie wzoru (1) wprowadza łamanie symetrii tzw. „pchnięć” w sposób niezależny od modelu teoretycznego. Relacja (1) prowadzi do szeregu egzotycznych efektów, szeroko omawianych w literaturze. Spośród wielu różnych implikacji dla naszych potrzeb rozważmy jedną szczególną – zmodyfikowana relacja dyspersyjna zadana wzorem (1) powoduje, że prędkość grupowa cząstek relatywistycznych staje się zależna od ich energii, a w konsekwencji również i czas propagacji cząstek do detektorów umiejscowionych na powierzchni Ziemi z odległych źródeł pozagalaktycznych, dla których przesunięcie ku czerwieni z (tzw. „redshift”) jest duże. Wobec tego, opóźnienie w czasie przelotu ze względu na masę cząstki i efekt związany z LIV pomiędzy wysokoenergetyczną cząstką, a fotonem o niskiej energii (zakładamy, że obie cząstki zostały wyemitowane w tym czasie z tego samego źródła) możemy ująć wzorem:

$$\Delta t = \int_0^z \left[\frac{m^2 c^4}{2E_0} \frac{1}{(1+z')^2} - \epsilon \frac{n+1}{2} \left(\frac{E_0}{\xi_n E_{QG}} \right)^n (1+z')^n \right] \frac{dz'}{H(z')} \quad (2)$$

W szczególności, rozważając nisko- i wysokoenergetyczne fotony z tego samego źródła, dla których znamy różnicę energii ΔE , powyższa formuła (uwzględniając tylko poprawki pierwszego rzędu $n = 1$ do fizyki standardowej) redukuje się do:

$$\Delta t = \frac{\Delta E}{E_{QG}} \int_0^z \frac{(1+z') dz'}{H(z')} \quad (3)$$

Powyższy wzór pokazuje, że technika pomiaru czasów przelotu może być traktowana, jako jedna spośród wielu niezwykle czułych testów pozwalających oszacować wartość skali energetycznej kwantowej grawitacji. Technika ta zasługuje na szczególną uwagę w kontekście astrofizyki cząstek wysokich energii: aby uzyskać jakiegokolwiek ograniczenia na skalę energetyczną i/lub parametry kwantowej grawitacji najlepiej jest użyć obiektów astrofizycznych takich jak pulsary lub aktywne jądra galaktyk (w szczególności tzw. blazary –

obiekty typu BL Lac) aby móc zaobserwować zależne od energii różnice w czasach przelotu fotonów spowodowane obecnością LIV (Albert i in. 2008). Jest tak dlatego, iż do zmierzenia tychże niezwykle małych efektów (fizyka przy niskich energiach jest niezmiennicza ze względu na transformacje Lorentza) potrzebujemy spełnienia przynajmniej jednego z następujących warunków: odpowiedniej czasowej struktury sygnału (zmienność na poziomie milisekundowym lub większą), fotonów o wysokich energiach (powyżej 20 MeV) oraz źródeł położonych na odległościach kosmologicznych (niestandardowe efekty powinny kumulować się podczas propagacji cząstki przez egzotyczną czasoprzestrzeń). W tym kontekście błyski gamma, jako niezwykle energetyczne zjawiska położone na odległościach sięgających $z = 8$, są niezwykle obiecującymi obiektami dla poszukiwania śladów łamania symetrii Lorentza w naturze.

Niestety, przedyskutowana powyżej idea poszukiwania opóźnień w czasach przelotów nie jest wolna od ograniczeń. Po pierwsze, Wszechświat wypełniony jest fotonami tła o temperaturze 2.7 K (znanego jako promieniowanie mikrofalowe/reliktowe tła) staje się nieprzeźroczysty dla fotonów o energiach powyżej 10 TeV ze względu na proces produkcji par. Wobec tego możliwość wykorzystania wysokoenergetycznych fotonów z błysków gamma do badania LIV staje się niepewna. Po drugie, analiza czasów przelotu silnie zależy od powstania w źródle opóźnień pomiędzy fotonami o różnych energiach (Ellis i in. 2006). Opóźnienie to zależy od mechanizmów fizycznych zachodzących w rozważanym obiekcie emitującym fotony. Ponieważ nie znamy dokładnie procesów zachodzących w błyskach gamma, obecność wewnętrznych opóźnień czasowych wprowadza poważne ograniczenia do naszej metody pomiaru czasów przelotów fotonów dla pojedynczych obiektów (błysków gamma). Dodatkowo, jeżeli pragniemy testować kwantową grawitację na źródłach pozagalaktycznych musimy zdawać sobie sprawę, że nasza niepewność dotycząca prawdziwości założonego w analizie modelu kosmologicznego narzuca dodatkowe ograniczenia.

Opóźnienia czasowe wywołane obecnością LIV w różnych scenariuszach kosmologicznych

Metoda badania niestandardowych efektów związanych z LIV, pomimo dużej liczby poważnych ograniczeń, nadal może być brana pod uwagę jako konkurencyjna dla innych testów kwantowej grawitacji. Aby ominąć problem związany z produkcją par podczas propagacji wysokoenergetycznych fotonów z odległych źródeł astrofizycznych, np. błysków gamma, Jacob i Piran (2007) zaproponowali wykorzystanie $10^2 - 10^4$ TeV-owych neutrin zamiast fotonów (cząstki te oddziałują niezwykle słabo ze zwykłą materią). Tak wysokoenergetyczne neutrino są przewidywane we wszystkich uznanych obecnie za obowiązujące modelach powstawania błysku gamma (Piran 2005) a dodatkowo

oczekuje się że współczesne detektory neutrin takie jak IceCube są bardzo czułe w tym zakresie energetycznym. Tak więc pomiary opóźnień czasowych między sygnałem neutrinowym i fotonowym (w tzw. niezwłocznej fazie – ang. „prompt”) pochodzącym z błysków gamma jawi się jako niezwykle obiecująca metoda badania fizyki na poziomie fundamentalnym. Niestety, w ostatnim czasie nauka napotkała kolejny problem w tym obszarze badań: nie zarejestrowano dotychczas ani jednego przypadku wysokoenergetycznych neutrin które można by powiązać z błyskiem gamma (Gao i in. 2013, Amelino-Camelia i in. 2013).

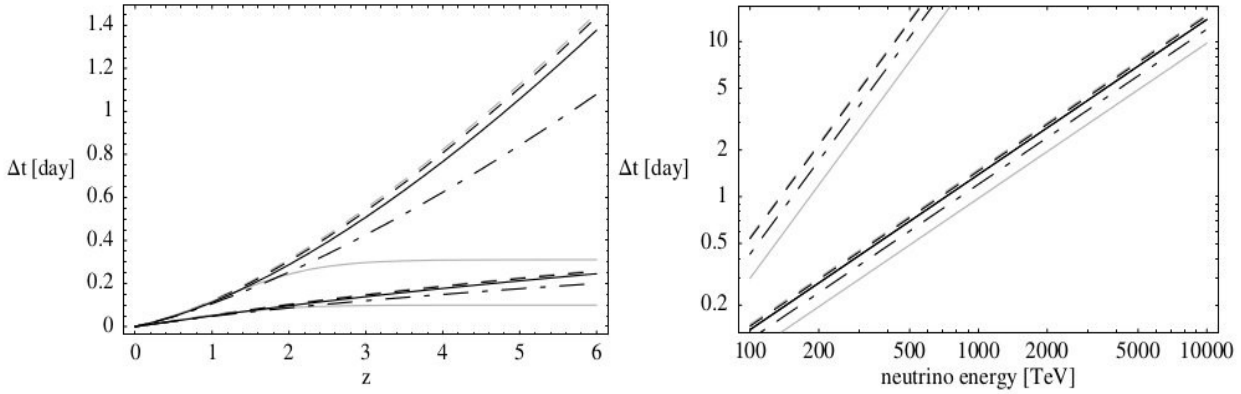
Obserwacje kosmologiczne przeprowadzone na odległych obiektach astrofizycznych zwanych potocznie świecami standardowymi (supernowe typu Ia) oraz linijkami standardowymi (badanie anizotropii w widmie promieniowania relikтового tła oraz barionowych oscylacji akustycznych widocznych w rozkładzie struktury wielkoskalowej Wszechświata, silne i słabe soczewki grawitacyjne) zaowocowały odkryciem a następnie potwierdzeniem faktu, iż obecnie Wszechświat znajduje się w epoce przyspieszającej ekspansji. Dotychczas nie udało się znaleźć zadowalającego wyjaśnienia dla tego zjawiska a poszukiwanie odpowiedzi stało się jednym z największych wyzwań współczesnej kosmologii obserwacyjnej (jest to tzw. problem ciemnej energii we Wszechświecie). Przybliżeniem teoretycznym mającym na celu wyjaśnienie fenomenu ciemnej energii stał się obecnie model kosmologiczny oparty o jednorodną i izotropową metrykę Friedmana – Robertsona – Walkera z zerową krzywizną (co sugerują obserwacje promieniowania relikтового tła i struktury wielkoskalowej), uwzględniający bezciśnieniową materię barionową, tzw. zimną ciemną materię oraz dodatkowy człon związany ze stałą kosmologiczną. Opisany powyżej tzw. Λ CDM model jest dość prosty i bardzo dobrze dopasowany do różnych niezależnych danych obserwacyjnych. Pomimo tego nazywany jest również modelem kosmicznego konsensusu, gdyż nie wyjaśnia on dwóch ważnych problemów natury fundamentalnej: (i) skoro za ekspansję Wszechświata odpowiada stała kosmologiczna, dlaczego ekspansja ta ma zmienne tempo (m. in. zaczęła przyspieszać w obecnej epoce; jest to tzw. „fine tuning problem”)? (ii) zakładając że stała kosmologiczna odpowiada gęstości energii próżni, obserwujemy aż 55 rzędów wielkości różnicy pomiędzy przewidywaniami teorii kwantów dotyczących jej wartości a obserwacjami. Jako wyjaśnienie zjawiska ciemnej energii proponuje się dużą ilość alternatywnych scenariuszy kosmologicznych, m.in. modyfikację teorii grawitacji w skalach kosmologicznych (np. modele światów branowych), modyfikację założenia o jednorodności Wszechświata w największej skali jak również wprowadzenie nieznanego rodzaju egzotycznego składnika materii o ujemnym ciśnieniu (tzw. modele kwintesencji, model z gazem Chapłygina). Jakikolwiek byłby prawdziwy mechanizm kryjący się za zjawiskiem przyspieszającej ekspansji Wszechświata, bazując na obecnych danych eksperymentalnych nie jesteśmy jak na razie w stanie stwierdzić, która z powyższych propozycji może być

traktowana jako kandydat mogący zastąpić stałą kosmologiczną w modelu Λ CDM.

W kontekście wykorzystania błysków gamma jako narzędzi do badania łamania symetrii Lorentza należy pamiętać, że szczegóły dotyczące tego, który z proponowanych modeli kosmologicznych jest bliższy prawdziwemu, może mieć znaczący wpływ na dokładność tego narzędzia (błyski gamma leżą na odległościach kosmologicznych). Aby sprawdzić jak silny mógłby być w/w efekt, podążając za pomysłem zawartym w pracy Jacoba i Pirana (2007), obliczyliśmy opóźnienia czasowe pomiędzy wiązką neutrin o energii 100 TeV a fotonami (przy założeniu równoczesności powstania obu wiązek w rozważanym obiekcie) dla pięciu różnych, najbardziej popularnych scenariuszy kosmologicznych (wykorzystaliśmy tutaj wzór (2)). Tempa ekspansji i wartości parametrów (wzięte jako najlepiej dopasowane do różnych niezależnych obserwacji kosmologicznych) dla rozważanych modeli zostały podsumowane w Tabeli 1. Aby móc porównać rezultaty z pracą Jacoba i Pirana (2007) przyjęliśmy że E_{QG} jest równa energii Plancka, $\xi_1 = 1$ i $\xi_2 = 10^{-7}$ odpowiednio dla przypadków $n = 1$ i $n = 2$. W naszych obliczeniach przyjęliśmy masę neutrin jako $m_\nu = 1$ eV. Jednakże przyjęta przez nas niezerowa masa neutrin daje pomijalny efekt w naszej analizie (patrz wzór (2)) co z kolei doprowadza nas do tych samych formuł jak w pracy Jacoba i Pirana (2007). Uzyskane w powyższej analizie rezultaty przedstawione zostały na Rys. 1.

Tabela 1. Tempa ekspansji i wartości parametrów (dopasowanych do obserwacji supernowych typu Ia i anizotropii w widmie promieniowania relikтового tła) dla czterech badanych modeli kosmologicznych.

Model	Cosmological expansion rate $H(z)$	Parameters
Λ CDM	$H^2(z) = H_0^2 [\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda]$	$\Omega_m = 0.3$ and $\Omega_\Lambda = 0.7$
Quintessence	$H^2(z) = H_0^2 [\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_Q (1+z)^{3(1+w)}]$	$w = -0.87$
Var Quintessence	$H^2(z) = H_0^2 [\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_Q (1+z)^{3(1+w_0-w_1)} \exp(3w_1 z)]$	$w_0 = -1.5$ and $w_1 = 2.1$
Chaplygin Gas	$H(z)^2 = H_0^2 [\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_{Ch} (A_0 + (1-A_0)(1+z)^{3(1+\alpha)})^{\frac{1}{1+\alpha}}]$	$\alpha = 1$ and $A_0 = 0.83$
Braneworld	$H(z)^2 = H_0^2 [(\sqrt{\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_{rc}} + \sqrt{\Omega_{rc}})^2]$	$r_c = 1.4H_0^{-1}$ and $\Omega_{rc} = \frac{1}{4}(1 - \Omega_m)^2$



Rys. 1. Obserwowane opóźnienia w czasach przelotu neutrin o energii 100 TeV w funkcji redshiftu źródła (lewy panel) oraz energii neutrin (prawy panel) dla różnych scenariuszy kosmologicznych. Model Λ CDM oznaczony został szarą linią przerywaną, model kwintesencji – czarną linią przerywaną, model kwintesencji ze zmiennym w czasie równaniem stanu – jasnoszarą linią ciągłą, modele światów branowych – czarną linią ciągłą, model z Gazem Chapłygina – linią przerywaną z kropkami. Rodzina krzywych położona wyżej na obu panelach odpowiada $n = 2$, $\zeta_2 = 10^{-7}$, położona poniżej rodzina krzywych odpowiada $n = 1$, $\zeta_1 = 1$.

Analiza statystyczna danych pochodzących z błysków gamma: w poszukiwaniu efektów LIV w różnych modelach kosmologicznych

Przedyskutowana w poprzednim rozdziale metoda, choć obiecująca, nie jest wolna od problemu opóźnień wewnętrznych między sygnałem neutrinowym a sygnałem fotonowym spowodowanych nieznanymi mechanizmami zachodzącymi w źródle. Jedną z możliwych strategii pozwalających rozwiązać ten problem jest zaproponowana przez Ellis i in. (2005, zobacz także *Erratum* 2007) metoda analizy statystycznej na zbiorze opóźnień czasowych pochodzących z różnych błysków gamma poprzez wykorzystanie regresji liniowej, w której współczynnik kierunkowy prostej zależy wyłącznie od efektów LIV a wyraz wolny reprezentuje opóźnienia wewnętrzne. W wyniku tak przeprowadzonej analizy, Ellis i in. (2005, 2007) uzyskali słaby trend dla prostej regresji sugerujący nieznaczną obecność LIV co wskazuje, że ich metoda warta jest dalszych badań. Obserwacyjna strategia w omówionej metodzie jest niezwykle prosta i wiąże się z równaniem (3): należy monitorować odpowiednio dobrane do naszych celów źródło astrofizyczne emitujące fotony w dwóch kanałach energetycznych (niskim i wysokim) w celu zarejestrowania opóźnień czasowych między tymi dwoma sygnałami. Nie wiemy wprawdzie, który z takich sygnałów został wyemitowany jako pierwszy (nie ma powodu przypuszczać, że oba fotony o różnych energiach są produkowane w źródle równocześnie – to jest właśnie tzw. problem opóźnień wewnętrznych), co eliminuje wykorzystanie metody pomiarów opóźnień czasowych do poszukiwania słabych efektów LIV na pojedynczych źródłach astrofizycznych. Okazuje się jednak, że zamiast tego możemy szukać statystycznych korelacji w opóźnie-

niach czasowych zmierzonych dla wielu źródeł położonych na różnych odległościach z redshiftem tychże źródeł. Idea jest prosta (w celu dokładnego zapoznania się ze szczegółami odwołuję Czytelnika do pracy Ellisa i in. z 2005)): jeżeli przedstawimy opóźnienie czasowe Δt_{obs} mierzone między fotonami zarejestrowanymi w różnych kanałach energetycznych jako $\Delta t_{obs} = \Delta t_{LIV} + \Delta t_{intrinsic}$, tzn. na sumę opóźnień spowodowanych obecnością łamania symetrii Lorentza Δt_{LIV} i przez nieznanne procesy zachodzące w źródle $\Delta t_{intrinsic}$ (notacja taka sama jak w (Ellis i in. 2005)) a następnie przeskalujemy Δt_{obs} o czynnik kosmologiczny $1+z$, wówczas taka parametryzacja pozwala sformułować problem w języku regresji liniowej:

$$\frac{\Delta t_{obs}}{1+z} = a_{LIV} K(z) + b \quad (4)$$

gdzie:

$$a_{LIV} = \frac{\Delta E}{H_0 E_{QG}} \quad (5)$$

oraz

$$K(z) = \frac{1}{1+z} \int_0^z \frac{(1+z') dz'}{h(z')} \quad (6)$$

Z powyższych wzorów jasno widać, że współczynnik przecięcia prostej z osią rzędną zawiera informację o wewnętrznym opóźnieniu czasowym a nachylenie prostej do osi odciętych – informację dotyczącą wielkości efektów LIV przy niskich energiach.

Ellis i in. (2005, 2007) wykorzystali do swojej analizy próbkę błysków gamma o znanych redshiftach i odnotowali mały ślad obecności zależnych od energii opóźnień czasowych fotonów z tychże obiektów. Jednakże ich analiza została przeprowadzona przy założeniu standardowego modelu kosmologicznego. Aby zobaczyć jak ta metoda pracuje w różnych alternatywnych scenariuszach kosmologicznych, przetestowaliśmy ją w pięciu klasach takich modeli opisanych w poprzednim rozdziale. Nasza próbka składała się z 35 błysków gamma o znanych redshiftach (dane z eksperymentów BATSE, HETE

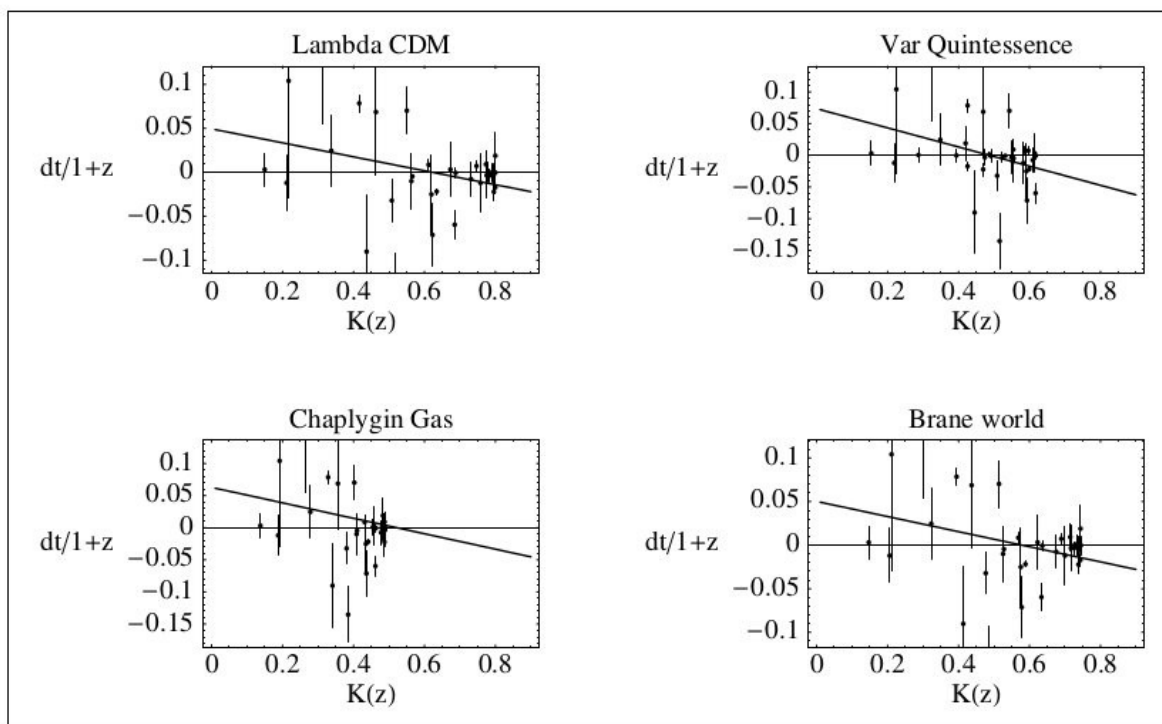
i Swift), dla których opóźnienia czasowe między różnymi kanałami energetycznymi zostały zmierzone na podstawie analizy krzywych świetlnych przez Ellisa i in. (2005). Dla naszej analizy wykorzystaliśmy te same dane co Ellis i in. (2005) aby móc porównać rezultaty. Wyniki zostały zebrane na Rys. 2. Łatwo zobaczyć, że we wszystkich rozważanych modelach kosmologicznych efekt LIV jest podobny, a więc nie ma żadnych silnych przesłanek aby wynik uzyskany przez Ellisa i in. (2005) mógłby być zaburzony przez założenie złego modelu kosmologicznego.

Pomiar opóźnień czasowych w układach silnych soczewek grawitacyjnych jako narzędzie dla testowania fenomenologii kwantowej grawitacji

Soczewkowanie grawitacyjne odległych obiektów astrofizycznych (kwazary, pozagalaktyczne radioźródła) przez położone bliżej galaktyki jest obecnie dość dobrze poznanym zjawiskiem, które znalazło szerokie zastosowanie zarówno w astrofizyce jak i kosmologii obserwacyjnej. W szczególności analiza położenia kątowych wielokrotnych obrazów źródła (zjawisko wynikające z wzajemnego przesunięcia źródła, soczewki i obserwatora względem osi optycznej układu) oraz stosunki wyjaśnień tychże obrazów pozwalają na rekonstrukcję rozkładu masy w galaktyce soczewkującej, co z kolei pozwala na niezależne od innych metod badanie rozkładu ciemnej materii. Z kolei pomiar opóźnień czasowych pomiędzy obrazami stał się, obok niezależnej metody opartej o wyznaczanie odpowiednich stosunków odległości w układzie (w celu dokładnego poznania tego niezwykle obiecującego podejścia proszę zapoznać się z następującymi pracami: Biesiada i in. (2010, 2011), Malec i in. (2011) i Piórkowska i in. (2013)) niezwykle cennym narzędziem pozwalającym na badanie własności równania stanu ciemnej energii (Suyu 2012).

Opóźnienie czasowe pomiędzy obrazami w układach silnych soczewek grawitacyjnych powstaje w wyniku nakładania się dwóch zjawisk: (i) efektu Shapiro związanego z opóźnieniem czasowym w polu grawitacyjnym, (ii) opóźnienia czasowego wynikającego z geometrii układu, tj. różnic długości pomiędzy różnymi drogami, jakie przebywają wiązki światła między obserwatorem a obrazami. Oba powyższe efekty zostają uwzględnione podczas analizy procesu soczewkowania grawitacyjnego poprzez zasadę Fermata – fotony propagujące się poprzez próżnię w pobliżu masy soczewkującej zachowują się tak jakby pomiędzy źródłem a obserwatorem znajdował się ośrodek z pewnym efektywnym, różnym od jedności współczynnikiem załamania, co w konsekwencji zwiększa czas przejścia fotonów od źródła do obserwatora.

Dla przypadku silnego soczewkowania grawitacyjnego (tzn. kiedy położenia źródła, soczewki i obserwatora znajdują się wewnątrz tzw. pierścienia Einsteina – okręgu o promieniu θ_E wprowadzającego charakterystyczną dla danego układu skalę rozmiarów kątowych) rozkład masy w galaktyce soczewkującej



Rys. 2. Rezultaty przeprowadzonej regresji liniowej dla opóźnień czasowych zmierzonych dla próbki 35 błysków gamma o znanych redshiftach w funkcji $K(z)$ dla badanych modeli kosmologicznych. Przypadek kwintesencji ze stałym w czasie równaniem stanu dał identyczne wyniki, dlatego nie został ujęty na tym rysunku.

może być opisywany modelem sfery izotermicznej (ang. singular isothermal sphere – SIS). Wówczas formuła zadająca promień Einsteina staje się kusząco prosta:

$$\theta_E = 4\pi \frac{D_{ls}}{D_S} \frac{\sigma^2}{c^2} \quad (7)$$

gdzie σ oznacza jednowymiarową dyspersję prędkości gwiazd w galaktyce soczewkującej. Oczywiście nie każda soczewka może być opisana w/w modelem, jednakże dla soczewek o dwóch obrazach wydaje się być on dość dobrym przybliżeniem rzeczywistego rozkładu masy w takich wybranych galaktykach (Koopmans i in. 2006, 2009)

W przypadku silnego soczewkowania, w ramach modelu SIS, dwa współliniowe obrazy A i B leżą po obu stronach galaktyki soczewkującej a ich położenia katowe wiążą się ze sobą poprzez wartość promienia Einsteina: $R_A = \beta + \theta_E$ i $R_B = \theta_E - \beta$ ($\beta < \theta_E$). Opóźnienie czasowe pomiędzy tymi obrazami zadane jest w modelu SIS wzorem:

$$\Delta t_{SIS} = \frac{2(1+z_l)}{c} \frac{D_l D_s}{D_{ls}} \theta_E \beta = \frac{8\pi}{H_0} r_{l, reduced} \beta \frac{\sigma^2}{c^2} \quad (8)$$

gdzie D_l , D_s to odległości kątowe do soczewki i do źródła położonych odpowiednio na redshiftach z_l i z_s , D_{ls} jest odległością kątową pomiędzy soczewką a źródłem, $r_{l, reduced}$ oznacza tzw. zredukowaną odległość współporuszającą się (tzn. odległość współporuszającą się przeskalowaną o tzw. horyzont Hubble'a $d_H = c/H_0$) do soczewki. Prawa część równania (8) jest użyteczna z teoretycznego punktu widzenia – pokazuje wprost, że opóźnienie czasowe powstaje w płaszczyźnie soczewki (czynnik $r_{l, reduced}$). Widać również, że opóźnienie to jest achromatyczne w ramach ogólnej teorii względności.

Wyobraźmy teraz sobie pewne odległe pozagalaktyczne źródło nisko- i wysokoenergetycznych (skala TeV) fotonów, które obserwujemy, jako dwa obrazy w silnym układzie soczewkującym (a więc rozkład masy w soczewce możemy przybliżyć modelem SIS). Dodatkowo założmy, że soczewkowanie to odbywa się w obecności próżni o nietrywialnych własnościach, prowadzących do łamania symetrii Lorentza. W tym przypadku opóźnienie czasowe między obrazami będzie kombinacją standardowych efektów związanych z soczewkowaniem grawitacyjnym i efektów związanych z kwantową grawitacją. Aby móc przeanalizować taką sytuację musimy odpowiednio zmodyfikować równanie (8) uwzględniając w $r_{l, reduced}$ efekty LIV, co z kolei daje nam

$$\Delta t_{SIS, LIV} = \frac{8\pi}{H_0} r_{l, reduced}(z_l) \beta \frac{\sigma^2}{c^2} \quad (9)$$

$$r_{l, reduced}(z_l) = r_{l, reduced} + H_0 \frac{n+1}{2} \left(\frac{E}{\xi_n E_{QG}} \right)^n \int_0^{z_l} \frac{(1+z')^n dz'}{H(z')} \quad (10)$$

opóźnienia czasowe niebędące już dłużej achromatycznymi.

Ponieważ oczekujemy, że efekty związane z łamaniem symetrii Lorentza będą ekstremalnie małe, ograniczmy się do przypadku $n=1$. Jeżeli przeprowadzimy jednoczesne obserwacje opóźnień czasowych pomiędzy obrazami źródła w dwóch kanałach energetycznych (optycznym lub gamma a skalą TeV-ową) oczekujemy, że dla niskich energii opóźnienie czasowe pochodzące od niestandardowych efektów będzie zaniedbywalne dając zwykły achromatyczny Δt_{SIS} , natomiast w skali TeV-owej, gdzie łamanie symetrii Lorentza powinno stać się widoczne, opóźnienie czasowe będzie już zależne od energii $\Delta t_{SIS, LIV}$. Te dwa pomiary powinny różnić się o

$$\Delta t_{SIS,LIV} - \Delta t_{SIS} = \frac{8\pi}{H_0} \beta \frac{\sigma^2}{c^2} \frac{E}{E_{QG}} \int_0^z \frac{(1+z') dz'}{H(z')} \quad (11)$$

co z kolei otwiera możliwość pomiaru opóźnień czasowych wywołanych obecnością LIV. Stwarza to możliwość testowania kwantowej grawitacji bez troszczenia się o wpływ tzw. wewnętrznych opóźnień czasowych (są usuwane w formule (11)). Dodatkowo, testowanie efektów typowych dla teorii z łamaniem symetrii Lorentza za pomocą układów silnych soczewek grawitacyjnych jest wolny od wpływu kosmologii – cały efekt powstaje w płaszczyźnie soczewki a więc na odległościach na których wpływ kosmologii jest niezwykle mały.

Podsumowanie

W tej pracy, będącej przyczynkiem do VI Częstochowskiej Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”, która odbyła się w dniach 9-10 maja 2014 w Częstochowie, przedyskutowaliśmy czułość techniki pomiarów czasów przelotu fotonów/neutrin z odległych obiektów pozagalaktycznych stosowanej w celu testowania niestandardowych efektów związanych z kwantową grawitacją, na szczegóły dotyczące przyjętego modelu kosmologicznego. W szczególności pokazaliśmy, że brak wiedzy odnośnie tego, który z modeli kosmologicznych jest bliższy wyjaśnieniu przyczyn obserwowanej obecnie przyspieszającej ekspansji Wszechświata, stanowi znaczące źródło efektów systematycznych dla obiektów położonych na dużych redshiftach. Idąc dalej, rozszerzyliśmy nasze rozważania o analizę statystyczną problemu tzw. opóźnień wewnętrznych fotonów w źródle w ramach regresji liniowej z uwzględnieniem różnych scenariuszy kosmologicznych. Rezultatem tychże badań jest to, że efekt zauważony przez Ellisa i in. (2005, 2007) jest również obecny w każdym z przyjętych modeli ciemnej energii, przy czym najsilniejszy jest w modelu kwintesencji ze zmiennym w czasie równaniem stanu. Dodatkowo zaproponowaliśmy nowy test oparty o pomiar opóźnień czasowych między obrazami źródła w układach silnych soczewek grawitacyjnych. Standardowo, w ramach ogólnej teorii względności, opóźnienia te mierzone w różnych kanałach energetycznych powinny być takie same (zależne tylko od cech własnych układu: rozkładu masy galaktyki soczewkującej i wzajemnych położzeń obrazów). W obecności efektów związanych z łamaniem symetrii Lorentza opóźnienia czasowe przestają być achromatyczne: wysokoenergetyczne fotony powinny docierać do detektora na Ziemi w innym czasie niż fotony niskoenergetyczne. Wobec tego, mierząc opóźnienia czasowe fotonów między dwoma obrazami w dwóch różnych kanałach energetycznych powinno

pozwolić na dość dobre oszacowanie wielkości efektów LIV. Ponieważ cały efekt powstaje w płaszczyźnie soczewki, metoda ta nie powinna zależeć zbyt mocno od przyjętego modelu kosmologicznego.

Bibliografia

- Albert J. i in., 2008, Phys. Lett. B 668, 253 [arXiv:0708.2889]
Amelino-Camelia G. i in., 2013, [arXiv:1303.1826]
Amelino-Camelia G. i in., 1998, Nature 393, 763 [arXiv:astro-ph/9712103v2]
Biesiada M. i in., 2011, Acta Phys. Polon. B, 42, 11
Biesiada M. i in., 2011, Research in Astron. Astrophys. 11, 641
Biesiada M. i in., 2010, Mon. Not. R. Astron. Soc. 406, 1055
Biesiada M. i Piórkowska A., 2009, Class. Quantum Grav. 26, 125007 [arXiv:1008.2615]
Biesiada M. i Piórkowska A., 2009, Mon. Not. R. Astronom. Soc. 396, 946-950 [arXiv:0712.0941]
Biesiada M. i Piórkowska A., 2007, J. Cosmol. Astropart. Phys. 0705, 011 [arXiv:0712.0937]
Ellis J. i in., 2006, Astropart. Phys. 25, 402 [arXiv:astro-ph/0510172]
Ellis J. i in., 2005, Erratum (astro-ph/0510172), [arXiv:0712.2781]
Gao S. i in., 2013, [arXiv:1305.6055]
Jacob U., Piran T., 2007, Nature Phys. 3, 87 [arXiv:hep-ph/0607145v1]
Jacob U., Piran T., 2008, J. Cosmol. Astropart. Phys. 0801, 031 [arXiv:0712.2170]
Koopmans L. i in., 2006, Astrophys.J., 649, 599
Koopmans L. i in., 2009, Astrophys.J., 703, L51
Malec B. i in., 2011, Acta Phys. Polon. B, 42, 11
Piran T., 2005, Rev. Mod. Phys. 76, 1143
Piórkowska A. i in., 2013, Acta Physica Polonica B, 44, 2397-2404
Suyu S., 2012, Mon. Not. R. Astron. Soc. 426, 868 [arXiv:1202.0287v2]

Natura czasu

Remigiusz Pospieszyński

E-SOL Ltd.

Czas jako złudzenie

Człowiek zdążył się „oswoić” z pojęciem czasu gdyż, teoretycznie, dookoła widzi wszelkie jego przejawy. Heller przytacza *Timajosa* Platona, gdzie „... czas jest tylko niedoskonałym odbiciem istnienia bezczasowego, w którym bytują czyste idee” (Heller, 2002). Butryn sięga dodatkowo do informacji mitologicznych, które „... pochodzą z okresu VIII – VII wieku p.n.e., a są zawarte w mitologicznym poemacie Hezjoda „Teogonia”. Chaos, z którego – zdaniem Hezjoda – wyłonił się świat – to właśnie przestrzeń, w której znajdują się wszystkie rzeczy” (Człowiek i..., 1980). Kontynuując myśl, Heller dalej zauważa, że „Dopiero Leibniz, w swojej sformułowanej pod koniec życia kauzalnej teorii czasu, zauważył, że związek przyczynowości z następstwem czasowym może sięgać znaczenie głębiej niż się to dotychczas wydawało” (Heller, 2002).

Można stwierdzić, że od pewnego wydarzenia minęło już $\Delta t = x$ [s]. Powyższego nie da się podważyć, gdyż tę zmianę można zaobserwować przy pomocy najprostszych urządzeń do pomiaru czasu. Pojawia się jednak pytanie, co właściwie mierzą zegary? Zegar słoneczny pokazuje zmianę długości cienia w zależności od położenia Słońca na sferze niebieskiej. Zegar kwarcowy odmierza ilość drgnięć kryształu kwarcu, zaś zegar atomowy zlicza okresy atomowego wzorca częstotliwości. Dodatkowo, jako ludzie, możemy „odmierzyć czas” przy użyciu własnego organizmu np. stajemy się głodni gdyż od posiłku minęło już odpowiednio dużo czasu, albo też, widzimy pojawiające się zmarszczki u kogoś na twarzy, co niewątpliwie świadczy o starzeniu się danej osoby.

Analogicznie rozumuje Szczuciński zadając pytanie: „co fizyk <widzi> przeprowadzając badanie? We wszystkich tych doświadczeniach mamy do czynienia z poznaniem pośrednim, którego efekt w postaci „śladu” obserwuje fizyk. Raz jest to ślad na kliszy, innym razem wychylenie wskazówki galwanometru, odpowiadające, w przekonaniu badacza, pojawieniu się prądu elektrycznego o określonym natężeniu, jeszcze innym razem będzie to cyfra na ekranie urządzenia zliczającego napływające doń cząsteczki (Szczuciński).

Proponuję eksperyment myślowy konfrontujący „upływ” czasu z jego brakiem. Jeśli bylibyśmy w stanie rozmawiać ze świadomym komputerem, którego nie wyposażylibyśmy w zegar, nie miałby on możliwości stwierdzenia biegu czasu. Posiadałby pewną ilość informacji, do których by miał dostęp. „Pamiętając” stan swoich zasobów systemowych mógłby jedynie stwierdzić, że np. zasób *A* występował samotnie, a następnie pojawił się zasób *B*. Nie

prowadząc jednak żadnego dziennika zdarzeń, komputer nie byłby w stanie określić, który z nich był pierwszy, a zatem by „nie czuł” upływu czasu.

W tym miejscu warto postawić tezę: wszystkie powyższe przejawy upływu czasu nie odmierzają zmian czasu jako swoistego bytu fizycznego czy też mistycznego, a jedynie przedstawiają zmiany fizycznych własności danego ciała. Wszystkie powyższe „urządzenia” są niejako dostosowane do ludzkiej percepcji, aby człowiek był w stanie zrozumieć otaczającą go rzeczywistość. Analogicznie, można przeprowadzić krótką rozprawę na temat kolorów i „piękna” otaczającego nas świata.

Ludzkie oko potrafi dostrzec widzialną część spektrum elektromagnetycznego (tj. $\lambda \approx 3800 - 7800$ [Å]). Dostrzegamy kolory, które czasem tworzą piękne obrazy jak np. te znane ze zdjęć dalekiego Kosmosu. Jednak jest to tylko nasz „ludzki” obraz Wszechświata. Ewolucja dostosowała nas do obserwacji z danego zakresu widma, a pozostała jest dla nas niezauważalna. Gdyby nasze oczy były dostosowane do odbioru całego widma elektromagnetycznego wówczas, de facto byśmy nie byli w stanie nic zauważyć – oślepiła by nas ilość promieniowania dochodzącego do detektorów (oczu), a mózg zarejestrowałby jedynie, mniej lub bardziej, jasną biel. Konkludując, Wszechświat jest „piękny” jedynie dla Człowieka.

Również Łagosz podkreśla „biologiczny” aspekt, dzięki któremu Człowiek zauważa upływ czasu ponieważ następują:

- *coraz większa złożoność i specjalizacja organizmów,*
- *coraz lepsze przystosowanie gatunku do środowiska,*
- *coraz większy stopień niezależności organizmów od zmian otoczenia,*
- *coraz większy przepływ energii przez biomasę,*
- *coraz wyższe formy życia psychicznego (Łagosz, 2007).*

Augustynek stara się odciąć od „ludzkiego” poczucia czasu, gdyż „... *nie chodzi tu o tzw. czas psychologiczny lub fizjologiczny, który często bywa obiektem filozoficznych rozważań. Chodzi natomiast wyłącznie o czas fizyczny, a więc nie uwarunkowany podmiotowo, ściślej – przez organizm ludzki*” (Augustynek, 1975).

Reasumując, postrzegamy jedynie zmiany fizycznych własności ciał (np. drganie kryształów kwarcu lub wahanie wahadła), a pojęcia czasu można uznać za urojone, zrodzone z ludzkiej niedoskonałości.

Strzałka czasu

Zakładając nieistnienie czasu, można rozwiązać problem paradoksów związanych z podróżami w czasie, a także ugruntować pojęcie strzałki czasu. Jeśli czas nie istnieje, wówczas idealnie tłumaczy to nieodwracalność zdarzeń: jeśli zdarzenie Z_1 zaszło w momencie t_1 , a Z_2 nastąpiło po nim w t_2 , nie ma możliwości cofnięcia czasu tak, aby Z_2 nastąpiło przed Z_1 , gdyż nie ma „czego” cofać. Z_1 i Z_2 zaszły w pewien sposób, ale nie zostało to spowodowane upły-

wem jakiegoś „ezoterycznego czynnika”, a jedynie „coś” się wydarzyło. Podobnie możemy rozwiązać problem Paradoksu dziadka – nie można cofnąć się w przeszłość celem zabicia swojego przodka, gdyż nie ma „w czym” podróżować. Warto wspomnieć, że z rozumowań nie eliminuję czasu celem ułatwienia przeprowadzenia rozumowania.

Za istnieniem strzałki czasu przemawia również argument termodynamiczny: „... nie możemy cofnąć się do wczoraj nie dlatego, że zabrania tego jakaś „ontologiczna konieczność”, lecz dlatego, że konfiguracja cząstek, z jakich zbudowane są nasze ciała, a której odpowiadałoby zmniejszenie się entropii, jest bardzo mało prawdopodobna (Heller, 2002).

Łagosz uważa, że jakakolwiek stała asymetryczna tendencja do zmian może stanowić podstawę do wprowadzenia koncepcji strzałki czasu (Łagosz, 2007). Może nią być np. rozchodzenie się promieniowania, a co za tym idzie powstanie „strzałki promieniowania”(ibid.). Ciągnąc dalej, bez wątpienia obserwujemy koncentryczne rozchodzenie się promieniowania, jednak nikt nigdy nie zaobserwował relacji odwrotnej: koncentrycznego schodzenia się fal. Analogicznie, podaje się również „kosmologiczne racje symetrii czasowej: ukierunkowana ewolucja od Wielkiego Wybuchu do stanu obecnego (ekspansja, rozszerzanie się świata)(ibid.). Jednak pojawia się pytanie o entropię na początku istnienia Wszechświata. „Fakt, że po wielkim wybuchu entropia była bardzo niska Price nazywa „wielką zagadką asymetrii czasowej””(ibid.).

Dylatacja czasu

W tym miejscu należy zadać pytanie o dylatację czasu będącą, teoretycznie, doskonałym dowodem na istnienie czasu. Mamy doświadczalne dowody na różnicę w czasie pomiędzy ciałem poruszającym się z dużą prędkością oraz pozostającym w spoczynku. Przykładowo, satelity systemu GPS wykorzystują czynnik γ celem porównania czasu na pokładzie satelity z czasem na Ziemi.

Szczególna teoria względności (STW) głosi, że jeśli ciało pozostaje w spoczynku, to wówczas jego długość wynosi l_0 . Jeśli jednak ciało zaczyna się poruszać, to jego długość zmniejsza się o czynnik gamma: $l = l_0\gamma$. Implikacją tego faktu jest skrócenie ciała przy jego zwiększającej się prędkości. Można w tym miejscu się zastanowić, jakie by to miało znaczenie przy założeniu nieistnienia czasu.

Dla niskich prędkości czynnik γ pozostaje infinitezymalnie mały, a więc nie ma sensu stosowanie go w obliczeniach. Zaczyna on nabierać jednak znaczenia przy np. wspomnianych wcześniej satelitach GPS, które przebywając na wysokościach rzędu 20 000 – 30 000 km nad powierzchnią Ziemi, obiegają ją w ciągu 12 [h], a więc możemy powiedzieć, że poruszają się z prędkością względem nieruchomego centrum Ziemi $v=4$ [km/s]. Przy takim założeniu, $\gamma = 0.999993329$, a więc zaczyna nabierać znaczenia. Biorąc pod uwagę, że

wpływ ten jest ciągły, bez jego uwzględnienia, różnica czasu pomiędzy satelitą, a stacją naziemną wzrosła do sekund w ciągu kilku dni.

Pamiętając rozumowanie z pkt. 1, że miarą upływu czasu jest zmiana położenia ciała (kryształ, cząstki, etc.) i porównując to z STW możemy stwierdzić, że im szybciej dane ciało się porusza, tym bardziej jest ono skracane, a co za tym idzie, pomiar czasu względem nieruchomego obserwatora zostaje zaburzony albo wręcz zafałszowany. Dlatego też, posyłając ciało z prędkością bliską c , można pokusić się o stwierdzenie, że jakkolwiek pomiar czasu zostałby znacznie przyspieszony, co by spowodowało różnicę w pomiarach pomiędzy obserwatorem ruchomym, a pozostającym w spoczynku.

„Czas Schrödingera”

Zasadniczym pytaniem, jakie często pojawia się w rozważaniach kosmologicznych, jest pytanie o początek czasu albo nawet o istnienie czasu przed Wielkim Wybuchem. Pytanie to zaczyna być bezzasadne gdy przyjmiemy początkowe założenie o nieistnieniu czasu. Wówczas, czas jest zależny od obserwatora tzn. jeśli ten istnieje i wykona pomiar czasu, wówczas ten byt istnieje. Jeśli natomiast obserwator się nie pojawi – czas nie zaistnieje. Rozumowanie to jest w pewien sposób podobne do eksperymentu kota Schrödingera. Jednak w naszym przypadku, czas jest jedynie „powoływany do życia” przez obserwatora i również przez niego jest używany. Gdy obserwator nie istnieje (np. jeszcze się nie narodził gdyż nie było np. jeszcze Wielkiego Wybuchu), to czas nie zostaje powołany do życia.

Szczuciński za Zeidlerem zauważa, że „... we współczesnej refleksji filozoficznej i socjologicznej nad poznaniem naukowym dominuje przekonanie, iż wiedza naukowa jest raczej wytwarzana niż odkrywana” (Szczuciński). Przywołuje również argument ingerencji („ingerowanie i oddziaływanie jest tworzeniem rzeczywistości” (ibid.) oraz argumenty „technologiczne” („Jesteśmy zupełnie przekonani o realności elektronów, gdy po prostu przystępujemy do budowania - i często osiągamy wystarczające w tym sukcesy - nowych urządzeń, które wykorzystują rozmaite, dobrze zrozumiałe przyczynowe własności elektronów w celu oddziaływania na inne cząstki, bardziej hipotetycznej natury”)(ibid.).

Inaczej rzecz ujmując Łagosz, proponując istnienie czasu absolutnego, które ... wiąże się - najogólniej mówiąc - z istnieniem jednej wspólnej miary, „miary” dla wszystkich procesów światowych. Przy czym można się zastanawiać, czy uniwersalność czasu nie pociąga za sobą jego absolutności; jeśli bowiem czas „rozciąga się” na cały świat, to - jak można przypuszczać - istnieje (przynajmniej potencjalnie) wspólna miara dla wszystkich procesów czasowych. Nie oznacza to chyba jednak, że jest jedna taka miara. Dla różnych układów odniesienia mogą być różne miary” (Łagosz, 2007). Jednak, jak sam zauważa, wydaje się jednak, że szczególna teoria względności (STW) eliminuje

z fizyki pojęcie upływu czasu obejmującego całe Uniwersum. Z drugiej jednak strony w kosmologii mówi się o ewolucji (ekspansji) „Wszechświata”, formuluje się prawa rządzące tą ewolucją (prawo Hubble'a), co zdaje się presuponować właśnie istnienie czasu uniwersalnego. Prawo Hubble'a można zapisać w formie $v=r/T_0$, gdzie v oznacza prędkość kątową, r – odległość, a T_0 jest stałą nazywaną czasem Hubble'a – taką samą dla wszystkich galaktyk ekspandującego świata (ibid.).

Augustynek zauważa pewną nieścisłość: „Wiadomo, że wszystkie obiekty fizyczne podlegają zmianie. Tymczasem twierdzenie, że czas się zmienia – a także, że zmieniają się jego części: momenty czy interwały – nie ma po prostu sensu. Zakłada ono bowiem istnienie jakiegoś <superczasu>, w którym <zwykły> czas się zmienia, jak również zmieniają się i jego części” (Augustynek, 1975). Kontynuując to rozumowanie można dojść do paradoksu: „Oczywiście zmienność <normalnych> obiektów takiego założenia nie pociąga – zmieniają się one w <zwykłym> czasie. Jeśli zatem czas, jak i jego części, są obiektami fizycznymi, to rzeczywiście jakiegoś szczególnego rodzaju! Mianowicie takimi, które zmianie nie podlegają; a trzeba to przyjąć, jeśli chce się uniknąć powyższej paradoksalnej konsekwencji tej koncepcji (ibid.).

Wnioski

Sam temat istnienia lub nie istnienia czasu jest jednym z poważniejszych zagadnień, którymi zajmuje się filozofia już od tysiący lat. Czy faktycznie kiedyś dojdziemy do wniosków będących ostatecznymi? Tego nie wiadomo. Można pracować nad zagadnieniem oczekując aż przejdzie ono płynnie z zagadnienia „filozoficznego” do „fizycznego”, gdzie będzie można wykonać eksperyment fizyczny potwierdzający lub obalający hipotezę.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować prof. UAM dr hab. Antoniemu Szczucińskiemu z Zakładu Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu za wkład w powstanie niniejszego przyczynku i cenne uwagi oraz wskazówki.

Referencje

- Heller M., 2002, „Czas i przyczynowość”, Towarzystwo Naukowe KUL, „Człowiek i światopogląd”, 5 (178), 1980, s. 125
Szczuciński A., 2014, „Filozoficzne dylematy współczesnej fizyki”
(kor. prywatna)
Łagosz M., 2007, „Realność czasu”, Wyd. Uniw. Wrocławskiego
Augustynek Z., 1975, „Natura czasu”, PWN



Aktywne jądra galaktyk a zielona dolina

Mieszko Rutkowski

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Streszczenie

W poniższej pracy opisujemy wpływ Aktywnych Jąderek Galaktyk (ang. Active Galactic Nuclei, AGNs) na ewolucję galaktyk. Przy pomocy danych pochodzących z głębokiego przeglądu The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS), badaliśmy różnice między własnościami galaktyk z AGN-em i bez AGN-u. Otrzymaliśmy wyniki wskazujące na to, że w populacji zielonych galaktyk (ang. Green Valley, GV) produkcja gwiazd w galaktykach z AGN-em jest kilkukrotnie niższa, niż dla typowych galaktyk. Taki rezultat sugeruje, że AGN ma duży wpływ na ewolucję galaktyki, w której się znajduje - w krótkim czasie może spowodować zmianę jej koloru z niebieskiego na zielony, a czasem na czerwony.

Populacje galaktyk

W lokalnym wszechświecie większość galaktyk można zakwalifikować do jednej z dwóch grup: galaktyk niebieskich (ang. Blue Cloud, BC) lub galaktyk czerwonych (ang. Red Sequence, RS). Przyczyną tego wyraźnego podziału są przede wszystkim różne typy gwiazd, z których galaktyki są zbudowane – galaktyki niebieskie zawierają głównie młode, gorące gwiazdy, zaś w galaktykach czerwonych procesy gwiazdotwórcze ustały i większość stanowią stare i chłodne gwiazdy. Kolor galaktyki ma w lokalnym wszechświecie związek z typem morfologicznym: galaktyki niebieskie to przeważnie galaktyki spiralne lub nieregularne (zawierające duże ilości gwiazdotwórczego pyłu i gazu), a galaktyki czerwone to z reguły galaktyki eliptyczne. Bimodalność w rozkładzie koloru jest obserwowana również w młodszym Wszechświecie, co najmniej do $z \approx 2$ (Franzetti i in., 2007), nie jest ona tam jednak równie wyraźna. Częściowo może to być efekt selekcji i trudności obserwacyjnych, na te obciążenia nakłada się jednak wpływ ewolucji galaktyk. Dla $z \approx 1$ znaczna część galaktyk promieniuje w kolorach pośrednich, dlatego wyróżnia się obecnie trzecią populację - zieloną dolinę (ang. Green Valley, GV), (Martin 2006, Franzetti i in. 2007).

Aktywne jądra galaktyk

Aktywne Jądra Galaktyk (ang. Active Galactic Nuclei, AGNs) to centralne obszary galaktyk, które wykazują wysoką aktywność w całym zakresie widma. Powszechnie uważa się, że "silnikiem" napędzającym aktywność AGN-u jest supermasywna czarna dziura, a promieniowanie pochodzi od

akreującej na tę czarną dziurę materii galaktycznej. Ze względu na szerokość linii emisyjnych można je podzielić na wąskoliniowe (ang. Narrow-Line AGNs, NLAGNs) oraz szerokoliniowe (ang. Broad-Line AGNs, BLAGNs). Występowanie szerokich linii emisyjnych jest spowodowane dużymi prędkościami, do jakich przyspieszany jest akreujący dysk w pobliżu czarnej dziury. Centralny obszar galaktyki może być jednak przysłonięty pyłem i w takich przypadkach widzimy obszary, w których prędkości materii są niższe, co skutkuje obserwacją wąskich linii emisyjnych. Innym wytłumaczeniem istnienia NLAGN jest duży kąt nachylenia płaszczyzny galaktyki do obserwatora, wskutek czego prędkość radialna materii obserwowanej galaktyki jest niewielka. Takie podejście do problemu jest podstawą zunifikowanego modelu aktywnych galaktyk, w którym występują tylko dwa typy AGN-ów: wykazujące silną albo słabą aktywność radiową. Jak podaje Peterson i Wilkest (2001), obserwowane zróżnicowane właściwości AGN-ów wynikałyby wtedy tylko z różnych kątów ich obserwacji (Urry i Padovani, 1995). Ponadto, dla wyższych przesunięć ku czerwieni (ang. redshift, z), obserwuje się więcej silnie aktywnych radiowo galaktyk co może wskazywać na ewolucyjne powiązanie obu typów AGN-ów (Singal i Petrosian, 2012).

Zielona Dolina

Istnieje kilka możliwych scenariuszy powstawania zielonych galaktyk. Jak podaje Gonçalves i in. (2012), mogą to być obiekty przejściowe, powoli przechodzące z niebieskiej do czerwonej populacji lub, wskutek zderzeń z inną galaktyką i pozyskaniem materiału gwiazdotwórczego, z czerwonej do niebieskiej (Pan i in., 2013). Inne scenariusze mają związek z nagłym wstrzymaniem produkcji gwiazd w galaktyce, formowaniem się w galaktyce wybrzuszenia pochłaniającego duże ilości pyłu (Kauffmann i in., 2012), czy też występowaniem AGN-u (Schawinski, 2010). Ten ostatni scenariusz oznaczałby niemal natychmiastowe przerwanie produkcji gwiazd, ponieważ czas aktywności AGN-u jest krótki ($\sim 10^6$ lat) w skali czasu życia galaktyk.

Dane

Do analizy zagadnienia wpływu AGN-ów na ewolucję galaktyki, użyliśmy danych pochodzących z głębokiego przeglądu VIPERS (Guzzo i in., 2014, Garilli i in., 2014), który obejmuje dwa obszary nieba, oznaczane jako W1 i W4. Podsumowanie ich własności podane jest w Tabeli 1.

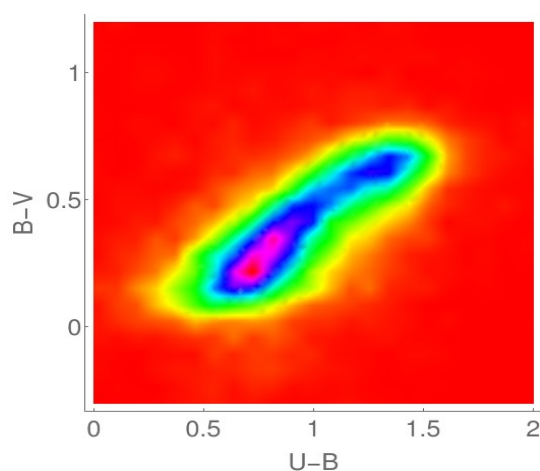
Do naszych badań zostały wykorzystane wielkości takie jak przesunięcie ku czerwieni, jasności absolutne w różnych filtrach, masa gwiazdowa oraz SFR (ang. Star Formation Rate, $[SFR]=M_{\text{sun}}/y$) (da Cunha i in., 2008). Do dalszej analizy zostały wybrane galaktyki o przesunięciu ku czerwieni z zakresu 0.8-1.2, ponieważ w tym zakresie zielona dolina jest najliczniejsza.

Tabela 1. Tabela zawierająca opis danych. W kolejnych kolumnach podana jest nazwa przeglądu, zakres jasności obserwowanej podanej w systemie AB, przesunięcie ku czerwieni oraz liczba obiektów wybranych z bazy do naszych badań.

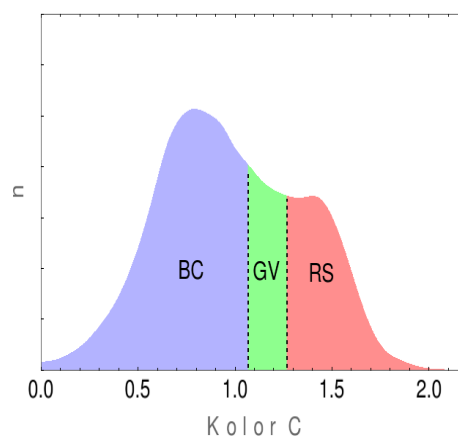
Nazwa przeglądu	Zakres jasności obserwowanej	Zakres redshiftu	Liczba obiektów
VIPERS W1	17-22.5	0-2.0	27508
VIPERS W4	17-22.5	0-2.0	26333

Podział na populacje

Rys.1 przedstawia tzw. wykres kolor-kolor U-B vs B-V dla zakresu redshiftu $0.8 < z < 1.2$. Już na pierwszy rzut można rozpoznać liczną niebieską populację, oraz "ogon" zawierający galaktyki zielone i czerwone. Przez maksymalną gęstość na diagramie 2 została przeprowadzona prosta, a następnie wykres został obrócony (kąt obrotu - 0.55 rad.) tak, aby ta prosta stała nową osią odciętych na wykresie kolor-kolor. W ten sposób otrzymaliśmy na tej osi nowy kolor oznaczany dalej jako C. Punkty pomiarowe zostały następnie zrzutowane na nową oś i powstał nowy histogram przedstawiony na Rys.2.



Rys. 1. Diagram kolor-kolor. Czerwony kolor odpowiada najniższej koncentracji galaktyk, różowy - najwyższej.

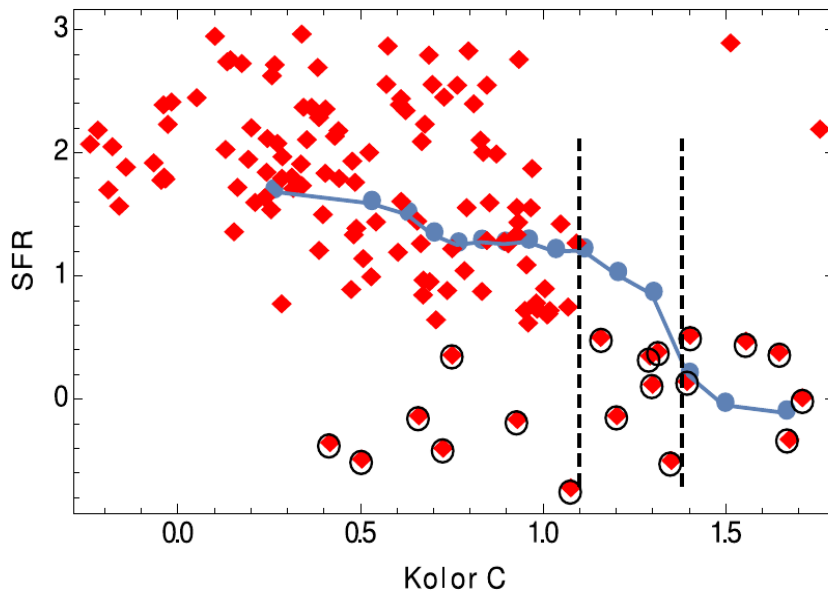


Rys.2. Histogram koloru C, oś rzędnych odpowiada gęstości n . Pionowe kreski oddzielają populacje galaktyk.

Własności galaktyk z AGN-em na tle innych galaktyk

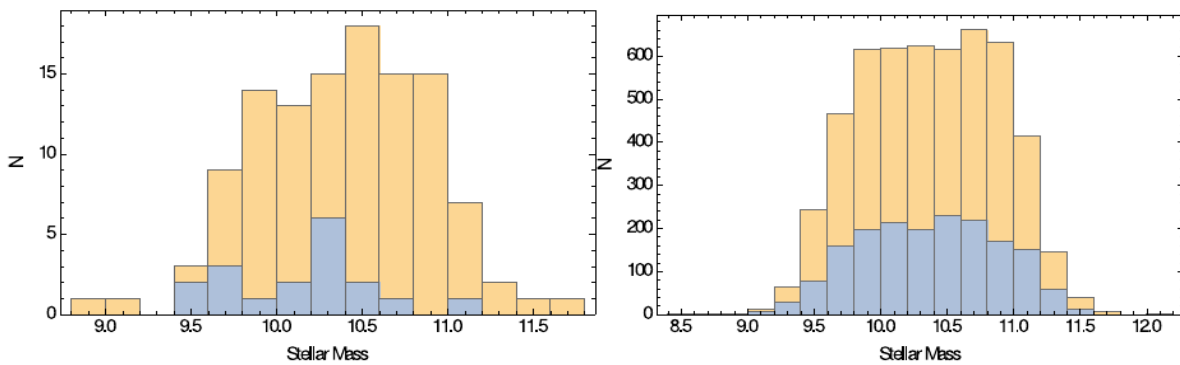
Na Rys.3 przedstawione jest porównanie tempa produkcji gwiazd między typowymi galaktykami a AGN-ami. Została ona otrzymana według następującego schematu: galaktyki bez AGN-u posegregowaliśmy najpierw ze względu na kolor C, a następnie podzieliliśmy je na 15 grup, z których każda zawiera ok. 560 obiektów o podobnym kolorze. Dla każdego takiego przedziału obliczyliśmy, a następnie umieściliśmy na wykresie jako punkty: medianę koloru C oraz medianę SFR. Każdą galaktykę z AGN-em umieściliśmy z kolei na wykresie 4 jako osobny punkt. Punkty odpowiadające galaktykom bez AGN-u

zostały połączone linią. Okazuje się, że pod linią określającą standardowe SFR dla galaktyk bez AGN-u leży odpowiednio dla BC, GV i RS ok. 50%, 100% oraz ok. 40% galaktyk z AGN-em. Wyróżniliśmy też dodatkową kategorię galaktyk z AGN-em (zawierającą 19 obiektów, oznaczoną rombami w okręgu na wykresie), która posiadając bardzo niską wartość SFR, może zawierać obiekty, w których wiatr AGN-u odprowadził z galaktyki materię gwiazdotwórczą. Ewolucja takich układów w czasie przebiega od lewej do prawej strony wykresu.



Rys. 3. Wykres kolor C vs SFR. Niebieska linia odpowiada galaktykom bez AGN-u. Czerwonymi rombami zostały oznaczone AGN-y, a romby w okręgach odpowiadają wyróżnionej grupie AGN-ów.

Na Rys.4 przedstawione są histogramy masy gwiazdowej odpowiednio dla galaktyk z AGN-em i bez AGN-u. Na każdym z histogramów osobno zostały naniesione obiekty o niskim (<0.5) SFR oraz o średnim i wysokim SFR



Rys. 4. Histogramy masy gwiazdowej. Lewa ilustracja przedstawia zależność dla galaktyk z AGN-em, a prawa dla galaktyk bez AGN-u. Niebieski kolor odpowiada niskim SFR, pomarańczowy - wysokiemu.

(>0.5). Wynika z nich, że dla galaktyk z AGN-em o niskim SFR rozkład mas jest przesunięty ku niższym wartościom w porównaniu z galaktykami o wyższym SFR, zaś dla galaktyk bez AGN-u rozkłady mas są podobne (wyniki testów Kolmogorowa-Smirnowa to odpowiednio $p=0.13$ oraz $p=0.85$).

Wnioski

Dla zakresu przesunięć ku czerwieni 0.8-1.2 zaobserwowaliśmy bimodalność w rozkładzie kolorów galaktyk. Nie jest ona tak wyraźna, jak w lokalnym Wszechświecie, wobec tego uzasadnione było wyodrębnienie zielonej doliny. Fakt, że zaobserwowaliśmy najwięcej galaktyk z AGN-em o niebieskich kolorach nie oznacza, że badane zjawisko "wydmuchiwanie" materii gwiazdotwórczej przez AGN jest rzadkie i tylko część galaktyk przechodzi do GV. Mniejsza liczba galaktyk z AGN-em w GV i RS może wiązać się z dwoma zjawiskami: z faktem, że nawet galaktyki, z których odprowadzona została większość pyłu i gazu będą wciąż świecić niebieskimi kolorami przez czas przynajmniej 10^5 lat (czas życia najjaśniejszych gwiazd OB) oraz z tym, że AGN uaktywnia się na krótki czas (ok. 10^6 lat). Wobec tego galaktyki, które znajdują się w GV lub RS, mogą mieć fazę AGN-u już za sobą. Ciekawą jest obserwacja, że wszystkie galaktyki GV z AGN-em mają kilkakrotnie (nawet dziesięciokrotnie) niższą wydajność produkcji gwiazd (SFR używane w tej pracy jest logarytmem wydajności produkcji gwiazd) niż przeciętne galaktyki z GV. Możliwy jest więc scenariusz, w którym niebieskie galaktyki z AGN-em na Rys.3 przechodzą najpierw do dolnej części wykresu zmniejszając produkcję gwiazd, potem przesuwają się do GV lub dalej do RS, a następnie faza AGN-u jest zakończona. Interesującym faktem jest również inny rozkład masy wśród AGN-ów – galaktyki o niskim SFR wydają się mieć także niższe masy. Jeśli taka tendencja będzie widoczna również dla większej ilości obiektów, warto będzie się zastanowić nad fizycznym uzasadnieniem tej zależności.

Literatura

- da Cunha E., Charlot S., Elbaz D., 2008, MNRAS, 388, 1595
Fevre O. Le i in., 2013, Astronomy & Astrophysics 559, 1
Franzetti P. i in. 2007, Astronomy & Astrophysics 465, 711
B. Garilli i in., 2014, Astronomy & Astrophysics 562, 1
Gonçalves T. S. i in., 2012, Astrophysical Journal 759, 67
Guzzo L. i in. 2014, Astronomy & Astrophysics 566, 1
Kauffmann G., Cheng L., Jian F. i in., 2012, MNRAS, 422, 997
Martin C., 2006, Astrophysical Journal Suppl., 173, 342
Pan Z., Kong X., Fan L. 2013, Astrophysical Journal 776, 18
Peterson B. M., Wilkest B. J., 2001, *Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics*, article 1586, Institute of Physics Publishing

Schawinski K., 2010, ASP Conference Series 427, 334
Singal J., Petrosian V., 2012, American Astronomical Society, AAS Meeting,
220
Urry C., Padovani P., 1995, PASP, 107, 803



Agata i Dariusz Dąbek