

Częstochowski
Kalendarz Astronomiczny
2013

Rok IX

Redakcja
Bogdan Wszolek
Agnieszka Kuźmich

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronach

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

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013

Redakcja

Bogdan Wszolek
Agnieszka Kuźmich

Autorzy przyczynków:

Ivan Andronov
Karolina Bąkowska
Magdalena Biernacka
Vitalii Breus
Magda Butkiewicz
Lidia Chinarova
Bożena Czerny
Mateusz Daszuta
Agnieszka Debudej
Dominik Drobek
Pavol Dubovsky
Joanna Florczyk
Janusz Gil
Włodzimierz Godłowski
Lidia Grenishena
Tamas Hegedus
Axel Jessner
Jarosław Kijak
Olga Koralewska
Magdalena Kowalińska

Krzysztof Krzeszowski
Larisa Kudashkina
Igor Kudzej
Agnieszka Kuźmich
Wojciech Lewandowski
Olaf Maron
Marek Nowak
Tomasz Nowak
Karol Petrik
Francis Oger
Yoko Oger
Kinga Raczyńska
Szymon Sikora
Anna Skrzypczak
Łukasz Tarczewski
Mariusz Tarnopolski
Bogdan Wszolek
Natalia Virnina
Stanisław Zoła
Waldemar Zwierzchlejski



Astronomia Nova

oraz

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Częstochowa 2013

Recenzenci

Prof. dr hab. Ivan L. Andronov – ONMU, Ukraine
Dr hab. Krzysztof Maślanka – Prof. IHN PAN

Redakcja

Bogdan Wszolek
Agnieszka Kuźmich

Korektorzy

Agnieszka Kuźmich, Bogdan Wszolek

Redakcja techniczna

Bogdan Wszolek

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

Tranzyt Wenus z dnia 6 czerwca 2012 zarejestrowany lunetą Metlera
na Złotej Górze w Częstochowie (fot. P.Ficek, B.Wszolek)

© Copyright by Astronomia Nova oraz Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978–83–7455–289–9

ISSN 1895–0787

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego Akademii im. Jana Długosza

Spis treści

In memoriam (<i>B. Wszolek</i>)	7
Słowo wstępne (<i>B. Wszolek</i>)	9
Część pierwsza (tabelaryczna)	
Kalendarz na rok 2013 (<i>A. Kuźmich</i>)	11
W roku 2013 (<i>A. Kuźmich, B. Wszolek</i>)	23
V Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova”	24
X Konkurs Astronomiczny URANIA	25
III Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”	27
II Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii	28
Tabele astronomiczne (<i>B. Wszolek</i>)	29
Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie	29
Świty i zmiernicy w Częstochowie	35
Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie	41
Czas gwiazdowy	47
Część druga (dydaktyczno informacyjna)	
Częstochowska aktywność astronomiczna 2012 (<i>B. Wszolek</i>)	53
Radość o poranku z Wenus (<i>M. Biernacka</i>)	67
Moja wyprawa po „Wenus” (<i>M. Nowak</i>)	71
Jak powstawał radioteleskop RT-9 w Rzepienniku Biskupim (<i>B. Wszolek</i>)	73
RT-13 w Częstochowie (<i>B. Wszolek</i>)	85
List bez odpowiedzi w sprawie rezurekcji (<i>B. Wszolek</i>)	91
Część trzecia (artykuły popularnonaukowe)	
Flammarion, Metler i Siostry Szarytki (<i>Y. Oger, F. Oger</i>)	95
Satelita „Made in Poland” (<i>W. Zwierchlejski</i>)	111
Kalendarze Majów (<i>K. Raczyńska</i>)	117
Częstochowskie obserwacje tranzytu Wenus w roku 2012 (<i>B. Wszolek</i>)	121
Część czwarta (przyczynki naukowe)	
Special Shapes for Optimal Phenomenological Approximations of Astronomical Signals (<i>I.L. Andronov</i>)	133
Determination of Cycle Length of Quasi-Periodic Signals. Application to Semiregular Variables (<i>I.L. Andronov, L.L. Chinarova</i>)	139
Obserwacje fotometryczne i spektroskopowe układu podwójnego zaćmieniowego V2080 Cygni (<i>K. Bąkowska</i>)	145
Period variations the intermediate polars EX Hya, FO Aqr and RXS J180340.0+401214 (<i>V.V. Breus i in.</i>)	153
Fizyczna charakterystyka planetoidy 2000 FJ10 (190491) (<i>M. Butkiewicz</i>)	155
Burze piaskowe w kwazarach (<i>B. Czerny</i>)	163
Długookresowe obserwacje scyntylacji PSR B0823+26 (<i>M. Daszuta</i>)	175
Gwiazdy zmienne w gromadzie otwartej Stock 14 i sąsiadujących polach (<i>D. Drobek</i>)	177
Globalne i lokalne efekty rotacji (<i>W. Godłowski</i>)	183
Statystyka subpulsów dla PSR B1133+16 na częstotliwości 8.35 GHz (<i>O. Koralewska, J. Kijak, W. Lewandowski</i>)	199
Pulsar flux density measurements database (<i>O. Koralewska i in.</i>)	201
Pomiary poszerzenia pulsu w pulsarach radiowych (<i>M. Kowalińska</i>)	203
Obserwacje pulsarów milisekundowych na 8.35 GHz (<i>M. Kowalińska i in.</i>) ...	207
Photometric Behavior of Five Long-Period Pulsating Stars (<i>L. S. Kudashkina i in.</i>)	211

Czarne dziury w centrach gigantycznych radiokwazarów (<i>A. Kuźmich</i>)	217
Parametr złożoności w pulsarach: wielka aktualizacja (<i>A. Skrzypczak, J. Gil</i>) ..	221
Opis ruchu zwartych obiektów halo Drogi Mlecznej i szczególna rola wierzów w przestrzeni fázowej (<i>S. Sikora</i>)	225
Pulsary z maksimum energii w widmie na częstotliwości powyżej 1 GHz – widma typu GPS (<i>Ł. Tarczewski i in.</i>)	229
Chaotyczna dynamika Hiperiona (<i>M. Tarnopolski</i>)	233
Modeling of Near-Contact Binary W Corvi (<i>N.A. Virnina</i>)	243
Charakterystyka spektroskopowa środowiska międzygwiazdowego w kierunku HD210839 (<i>B. Wszolek i in.</i>)	249
Modelowanie krzywych zmian blasku układów typu Algola z dyskami akrecyjnymi (<i>S. Zola</i>)	255
<i>Życzenia noworoczne (I.L. Andronov)</i>	263



Tuluza 2008. Marie Thérèse Chaubon otrzymuje w prezencie wyhaftowane logo częstochowskich miłośników astronomii wśród symboli Błękitnej Gwiazdy. (fot. B.Wszolek)

In memoriam



Dnia 16 października 2012 zmarła w wieku 76 lat Marie Thérèse Chaubon. Ta wspaniała kobieta z Lourdes pozostaje w pamięci częstochowian nie tylko jako przewodnicząca Błękitnej Gwiazdy i honorowa obywatelka Częstochowy, ale także jako osoba, która całym sercem sprzyjała współpracy astronomicznej między bliźniaczymi miastami, Częstochową i Lourdes. W 2008 roku zaprosiła częstochowskich miłośników astronomii do Francji celem nawiązania przyjaznych i twórczych relacji w zakresie astronomii. Osobiście poprowadziła ich wysoko ponad chmury, do słynnego obserwatorium na Pic du Midi w Pirenejach, gdzie doszło do ważnego spotkania z francuskimi astronomami, które do dziś owocuje poważną współpracą naukową. W roku 2010 Marie Thérèse odwiedziła częstochowskich miłośników astronomii w Planetarium i z radością przyjmowała wiadomości o ich działaniach i o współpracy z francuskimi astronomami. Szczególnie ucieszyła ją wiadomość o założeniu w Częstochowie Stowarzyszenia Astronomia Nova, którego działania mają zasięg międzynarodowy. Nikt wtedy nie przeczuwał, że uczestniczy po raz ostatni w spotkaniu z tą wielką przyjaciółką astronomii. Dobra pamięć o niej niech mobilizuje częstochowian do wielu szlachetnych przedsięwzięć, w tym do chętniejszego przyswajania wiedzy o niebie.



Pic du Midi (2870 m.n.p.m.) w 2008 roku. Od lewej:
Michel Auriere, Grażyna Siemienieć-Oziębło, Magdalena Wszolek,
Marie Thérèse Chaubon i Bogdan Wszolek. (fot. B.Wszolek)



Lourdes, lipiec 2010. Marie Thérèse Chaubon w towarzystwie astronomów:
Michela Auriere i Bogdana Wszoleka. (fot. B.Wszolek)



Planetarium w Częstochowie, wrzesień 2010. Marie Thérèse Chaubon składa życzenia dalszej
owocnej współpracy między Lourdes i Częstochową w zakresie astronomii. (fot. M.Wszolek)

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 zjawisk astronomicznych, informacje o konkursach i konferencji astronomicznej w roku 2013. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Między innymi zawiera szczegółową kronikę zdarzeń astronomicznych w Częstochowie w roku 2012. Część trzecia zawiera 4 przyczynki popularnonaukowe, a część czwarta 22 przyczynki naukowe, prezentowane podczas IV Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”, która odbyła się w maju 2012 roku w Częstochowie.

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 1 godzinę w stosunku do tego, co pokazują zegarki.

Czas letni w roku 2013 obowiązuje od 31 marca do 26 października

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

Kalendarz na rok 2013

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

Styczeń Przyroda jest obrazem Stwórcy Johannes Kepler			
DM	DT	DR	Uwagi (Zjawiska/zdarzenia) godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT)
1	wtorek	1	
2	środa	2	Ziemia w peryhelium (5)
3	czwartek	3	
4	piątek	4	
5	sobota	5	Ostatnia kwadra Księżyca (4), Spika 0.°6 N od Księżyca (20)
6	niedziela	6	
7	poniedziałek	7	Saturn 4° N od Księżyca (1)
8	wtorek	8	
9	środa	9	
10	czwartek	10	Księżyc w perygeum (10), Wenus 3° S od Księżyca (12)
11	piątek	11	Nów Księżyca (20)
12	sobota	12	
13	niedziela	13	Mars 6° S od Księżyca (12)
14	poniedziałek	14	Neptun 6° S od Księżyca (17)
15	wtorek	15	
16	środa	16	
17	czwartek	17	Uran 5° S od Księżyca (5)
18	piątek	18	Koniunkcja górna Merkurego (9)
19	sobota	19	Pierwsza kwadra Księżyca (0)
20	niedziela	20	
21	poniedziałek	21	
22	wtorek	22	Jowisz 0.°5 N od Księżyca (3), Księżyc w apogeum (11)
23	środa	23	
24	czwartek	24	
25	piątek	25	
26	sobota	26	
27	niedziela	27	Pełnia Księżyca (5)
28	poniedziałek	28	
29	wtorek	29	
30	środa	30	
31	czwartek	31	

Luty

Przyroda lubi prostotę i jedność

Johannes Kepler

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

Marzec

Wszystko w przyrodzie jest aktywne i potrzebne

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	piątek	60	Spika 0.°1 N od Księżyca (7)
2	sobota	61	Saturn 3° N od Księżyca (15)
3	niedziela	62	
4	poniedziałek	63	Koniunkcja dolna Merkurego (13), ostatnia kwadra Księżyca (22)
5	wtorek	64	Księżyc w perygeum (23)
6	środa	65	
7	czwartek	66	
8	piątek	67	
9	sobota	68	
10	niedziela	69	Neptun 6° S od Księżyca (16)
11	poniedziałek	70	Nów Księżyca (20)
12	wtorek	71	
13	środa	72	
14	czwartek	73	
15	piątek	74	
16	sobota	75	
17	niedziela	76	
18	poniedziałek	77	Jowisz 1.°5 N od Księżyca (1)
19	wtorek	78	Księżyc w apogeum (3), pierwsza kwadra Księżyca (17)
20	środa	79	Początek wiosny astronomicznej (11:02)
21	czwartek	80	
22	piątek	81	
23	sobota	82	
24	niedziela	83	Jowisz 5° N od Aldebarana (18), <i>Niedziela palmowa</i>
25	poniedziałek	84	
26	wtorek	85	
27	środa	86	Pełnia Księżyca (9)
28	czwartek	87	Spika 0.°005 S od Księżyca (15), koniunkcja górna Wenus (17)
29	piątek	88	Uran w koniunkcji ze Słońcem (1), Saturn 3° N od Księżyca (20)
30	sobota	89	
31	niedziela	90	Księżyc w perygeum (4), maksymalna (28° W) elongacja Merkurego (22), <i>Wielkanoc</i>

Kwiecień

Poznanie przyrody przybliża człowieka do poznania Boga

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	poniedziałek	91	
2	wtorek	92	
3	środa	93	Ostatnia kwadra Księżyca (5)
4	czwartek	94	
5	piątek	95	
6	sobota	96	
7	niedziela	97	Neptun 6° S od Księżyca (1)
8	poniedziałek	98	Merkury 7° S od Księżyca (10)
9	wtorek	99	
10	środa	100	Nów Księżyca (10)
11	czwartek	101	
12	piątek	102	
13	sobota	103	
14	niedziela	104	Jowisz 2° N od Księżyca (18)
15	poniedziałek	105	Księżyc w apogeum (22)
16	wtorek	106	
17	środa	107	
18	czwartek	108	Mars w koniunkcji ze Słońcem (0), pierwsza kwadra Księżyca (13)
19	piątek	109	Merkury 2° S od Księżyca (21)
20	sobota	110	
21	niedziela	111	
22	poniedziałek	112	
23	wtorek	113	
24	środa	114	
25	czwartek	115	Spika 0.°004 S od Księżyca (0), pełnia Księżyca (20), zaćmienie Księżyca
26	piątek	116	Saturn 4° N od Księżyca (2)
27	sobota	117	Księżyc w perygeum (20)
28	niedziela	118	Opozycja Saturna (8)
29	poniedziałek	119	
30	wtorek	120	

Maj

Wszechświat funkcjonuje w sposób harmonijny

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	środa	121	
2	czwartek	122	Ostatnia kwadra Księżyca (11)
3	piątek	123	
4	sobota	124	Neptun 6° S od Księżyca (7)
5	niedziela	125	
6	poniedziałek	126	
7	wtorek	127	Uran 4° S od Księżyca (0)
8	środa	128	
9	czwartek	129	
10	piątek	130	Nów Księżyca (0), zaćmienie Słońca, Pallas w koniunkcji ze Słońcem (21)
11	sobota	131	Koniunkcja górna Merkurego (21)
12	niedziela	132	Jowisz 3° N od Księżyca (13)
13	poniedziałek	133	Księżyc w apogeum (14)
14	wtorek	134	
15	środa	135	
16	czwartek	136	
17	piątek	137	
18	sobota	138	Pierwsza kwadra Księżyca (5), Wenus 6° N od Aldebarana (10)
19	niedziela	139	
20	poniedziałek	140	
21	wtorek	141	Merkury 7° N od Aldebarana (1)
22	środa	142	Spika 0.°005 S od Księżyca (11)
23	czwartek	143	Saturn 4° N od Księżyca (10)
24	piątek	144	
25	sobota	145	Pełnia Księżyca (4), zaćmienie Księżyca, Merkury 1.°4 N od Wenus (4)
26	niedziela	146	Księżyc w perygeum (2)
27	poniedziałek	147	Merkury 2° N od Jowisza (10)
28	wtorek	148	Wenus 1° N od Jowisza (21)
29	środa	149	
30	czwartek	150	Boże Ciało
31	piątek	151	Neptun 6° S od Księżyca (14), ostatnia kwadra Księżyca (19)

Czerwiec

Przyroda pozostawia sobie zawsze pewien margines swobody

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	sobota	152	
2	niedziela	153	
3	poniedziałek	154	Uran 4° S od Księżyca (8)
4	wtorek	155	
5	środa	156	
6	czwartek	157	
7	piątek	158	
8	sobota	159	Nów Księżyca (16)
9	niedziela	160	Księżyc w apogeum (22)
10	poniedziałek	161	Wenus 5° N od Księżyca (11), Merkury 6° N od Księżyca (23)
11	wtorek	162	
12	środa	163	Maksymalna (24° E) elongacja Merkurego (17)
13	czwartek	164	
14	piątek	165	
15	sobota	166	
16	niedziela	167	Pierwsza kwadra Księżyca (17)
17	poniedziałek	168	
18	wtorek	169	Spika 0.°1 S od Księżyca (20)
19	środa	170	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem (16), Saturn 4° N od Księżyca (17)
20	czwartek	171	Początek astronomicznego lata (5:04), Merkury 1.°9 S od Wenus (18)
21	piątek	172	
22	sobota	173	
23	niedziela	174	Wenus 5° S od Polluxa (1), Księżyc w perygeum (11), pełnia Księżyca (12)
24	poniedziałek	175	
25	wtorek	176	
26	środa	177	
27	czwartek	178	Neptun 6° S od Księżyca (21)
28	piątek	179	
29	sobota	180	
30	niedziela	181	Ostatnia kwadra Księżyca (5), Uran 4° S od Księżyca (15)

Lipiec

Procesy w przyrodzie realizują się minimalnym wysiłkiem

Johannes Kepler

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

Sierpień

Cała przyroda jest przeniknięta siłą ożywiającą i zdolnością „odeczuwania”

Johannes Kepler

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

Wrzesień

Osiągnięcia naukowe są wspólnym dziedzictwem całej ludzkości

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	niedziela	244	
2	poniedziałek	245	Mars 6° N od Księżyca (10)
3	wtorek	246	
4	środa	247	
5	czwartek	248	Nów Księżyca (12), Wenus 1.°8 N od Spiki (13)
6	piątek	249	
7	sobota	250	
8	niedziela	251	Spika 0.°8 S od Księżyca (15), Wenus 0.°4 N od Księżyca (21)
9	poniedziałek	252	Saturn 2° N od Księżyca (17)
10	wtorek	253	
11	środa	254	
12	czwartek	255	Pierwsza kwadra Księżyca (17)
13	piątek	256	
14	sobota	257	
15	niedziela	258	Księżyc w perygeum (17)
16	poniedziałek	259	
17	wtorek	260	Neptun 6° S od Księżyca (23)
18	środa	261	
19	czwartek	262	Pełnia Księżyca (11)
20	piątek	263	Wenus 4° S od Saturna (0), Uran 3° S od Księżyca (15)
21	sobota	264	
22	niedziela	265	Początek astronomicznej jesieni (20:44)
23	poniedziałek	266	
24	wtorek	267	Merkury 0.°8 N od Spiki (19)
25	środa	268	
26	czwartek	269	
27	piątek	270	Ostatnia kwadra Księżyca (4), Księżyc w apogeum (18)
28	sobota	271	Jowisz 5° N od Księżyca (9)
29	niedziela	272	
30	poniedziałek	273	

Październik

Sily kształtujące w przyrodzie działają nie tylko ze względu na cel, ale także dla ozdoby

Johannes Kepler

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

Listopad

Przyroda nie łatwo odsłania swoje tajemnice

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	piątek	305	Maksymalna (47° E) elongacja Wenus (8), koniunkcja dolna Merkurego (20)
2	sobota	306	Spika 0.°8 S od Księżyca (7)
3	niedziela	307	Nów Księżyca (13), zaćmienie Słońca
4	poniedziałek	308	
5	wtorek	309	
6	środa	310	Księżyc w perygeum (9), Saturn w koniunkcji ze Słońcem (12)
7	czwartek	311	Wenus 8° S od Księżyca (1)
8	piątek	312	
9	sobota	313	
10	niedziela	314	Pierwsza kwadra Księżyca (6)
11	poniedziałek	315	Neptun 6° S od Księżyca (11)
12	wtorek	316	
13	środa	317	
14	czwartek	318	Uran 3° S od Księżyca (3)
15	piątek	319	
16	sobota	320	
17	niedziela	321	Pełnia Księżyca (15)
18	poniedziałek	322	Maksymalna (19° W) elongacja Merkurego (3)
19	wtorek	323	
20	środa	324	
21	czwartek	325	
22	piątek	326	Jowisz 5° N od Księżyca (5), Księżyc w apogeum (10)
23	sobota	327	
24	niedziela	328	
25	poniedziałek	329	Ostatnia kwadra Księżyca (19)
26	wtorek	330	Merkury 0.°3 S od Saturna (4)
27	środa	331	Mars 6° N od Księżyca (16)
28	czwartek	332	
29	piątek	333	Spika 0.°9 S od Księżyca (17)
30	sobota	334	

Grudzień

Praca naukowa formą oddawania czci Bogu

Johannes Kepler

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

W roku 2013

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

Ziemia w peryhelium: 2 styczeń (05)

Ziemia w aphelium: 5 lipiec (15)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (11:02)

Początek astronomicznego lata: 20 czerwiec (05:04)

Początek astronomicznej jesieni: 22 wrzesień (20:44)

Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (17:11)

Data juliańska (JD) = 2456292.5 + 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

(ϵ) = 23°.437588 - 0.00000036d (d - dzień roku)

Rok zwrotnikowy = 365^d.242190 = 365^d 05^h 48^m 45^s.2

Rok gwiazdowy = 365^d.256363 = 365^d 06^h 09^m 09^s.8

Rok anomalistyczny = 365^d.259636 = 365^d 06^h 13^m 52^s.6

Rok zaćmieniowy = 346^d.620080 = 346^d 14^h 52^m 54^s.9

Miesiąc synodyczny = 29^d.530589 = 29^d 12^h 44^m 02^s.9

Miesiąc gwiazdowy = 27^d.321662 = 27^d 07^h 43^m 11^s.6

Miesiąc anomalistyczny = 27^d.554550 = 27^d 13^h 18^m 33^s.1

Miesiąc smoczy = 27^d.212221 = 27^d 05^h 05^m 35^s.9

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

Zaćmienia:

25 IV częściowe zaćmienie Księżyca (Australia, Azja, Afryka, Europa, Antarktyka)

9–10 V obrączkowe zaćmienie Słońca (centralny Pacyfik, Nowa Zelandia, Australia, Indonezja)

25 V półcieniowe zaćmienie Księżyca (Afryka, zachodnia Europa, Pn i Pd Ameryka – poza częścią północno-wschodnią)

18–19 X zaćmienie Księżyca (zachodnia Azja, Afryka, Europa, Ameryka Pd i Pn)

3 XI całkowite zaćmienie Słońca (centralna i wschodnia Afryka, południowa Europa, wschód Ameryki Pn, północno-wschodnia Ameryka Pd)

V Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Częstochowa, 9-10 maja 2013

Organizatorzy:

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Instytucje wspomagające: PTA, PTMA, Astronomia Nova

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD)

Mgr Agnieszka Kuźmich (OA UJ)

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

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 2014.

Konferencja odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (Al. Armii Krajowej 13/15). Zgłoszenia udziału, wraz z tematem, rodzajem (referat/plakat) i krótkim abstraktem przyczynku, prosimy kierować na jeden z poniższych adresów do dnia **20 kwietnia** 2013 roku.

Dr Bogdan Wszolek

IF AJD

Al. Armii Krajowej 13/15

42-200 Częstochowa

E-mail: bogdan@ajd.czyst.pl

Mgr Agnieszka Kuźmich

OA UJ

Ul. Orla 171

30-244 Kraków

E-mail : cygnus@oa.uj.edu.pl

Konkurs URANIA

Stowarzyszenie Astronomia Nova, Częstochowski Oddział PTMA
oraz
Instytut Fizyki AJD w Częstochowie
organizują w roku 2013

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

Konkurs jest 2-etapowy. W etapie I uczniowie rozwiązują co najmniej dwa spośród zawartych w zestawie zadań o tematyce astronomicznej. Rozwiązania I etapu (paraflowane pieczęcią szkoły, do której uczęszcza uczeń) należy dostarczyć do **30 kwietnia 2013** na niżej podany adres.

Dr Bogdan Wszolek
Instytut Fizyki AJD w Częstochowie
Al. Armii Krajowej 13/15, pok. 4001
42-200 Częstochowa
E-mail: bogdan@ajd.czyst.pl

II etap konkursu (dla wszystkich, którzy nadesłali zadania etapu I) zostanie przeprowadzony w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie w dniu **6.06.2013 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. Określić minimalną i maksymalną wysokość Księżyca w Częstochowie w 2013 roku.
2. Obliczyć stosunek blasków Słońca oglądanego z Ziemi i z Marsa.
3. Oblicz minimalną i maksymalną odległość Marsa od Ziemi.
4. Wykonać pracę plastyczną na temat „Pierwszy człowiek na Marsie”.
5. Obliczyć rozmiar kątowy Jowisza podczas opozycji.

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

Propozycje literaturowe:

Zeszyty *Uranii-P A* na rok 2012 i 2013.

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 strony: **www.ptma.ajd.czyst.pl**)

Uwaga: Na wskazanej stronie internetowej znajduje się szczegółowa relacja z poprzedniej edycji konkursu.



Praca plastyczna nadesłana na II konkurs Ars Astronomica.
Autorka: Elżbieta Przełżyńska

III 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.

Prace należy przesłać **do końca kwietnia 2013** roku na adres:

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

Ogłoszenie wyników konkursu, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się **6 czerwca 2013** 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.

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

Wyniki poprzedniej edycji konkursu są zamieszczone na stronie:
www.astronomianova.org (nowości)



Praca plastyczna na koszulce nadesłana na II konkurs Ars Astronomica.
Autorka: Beata Grzejszczak

II Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii

Stowarzyszenie Astronomia Nova, Polskie Towarzystwo Astronomiczne 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 2013** 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 14 listopada 2013.

Informacje o konkursie na stronie:

www.astronomianova.org (nowości)

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 49	(233)		
2	7 46	(127)	11 48	(s16)	15 50	(233)		
3	7 46	(127)	11 48	(s16)	15 51	(234)		
4	7 45	(126)	11 49	(s17)	15 52	(234)		
5	7 45	(126)	11 49	(s17)	15 53	(234)		
6	7 45	(126)	11 49	(s17)	15 54	(234)		
7	7 44	(126)	11 50	(s17)	15 56	(234)		
8	7 44	(125)	11 50	(s17)	15 57	(235)		
9	7 43	(125)	11 51	(s17)	15 58	(235)		
10	7 43	(125)	11 51	(s17)	16 00	(235)		
11	7 42	(125)	11 52	(s17)	16 01	(235)		
12	7 42	(124)	11 52	(s18)	16 03	(236)		
13	7 41	(124)	11 52	(s18)	16 04	(236)		
14	7 40	(124)	11 53	(s18)	16 05	(236)		
15	7 39	(123)	11 53	(s18)	16 07	(237)		
16	7 39	(123)	11 53	(s18)	16 09	(237)		
17	7 38	(123)	11 54	(s19)	16 10	(237)		
18	7 37	(122)	11 54	(s19)	16 12	(238)		
19	7 36	(122)	11 54	(s19)	16 13	(238)		
20	7 35	(122)	11 55	(s19)	16 15	(238)		
21	7 34	(121)	11 55	(s19)	16 17	(239)		
22	7 33	(121)	11 55	(s20)	16 18	(239)		
23	7 32	(121)	11 55	(s20)	16 20	(240)		
24	7 30	(120)	11 56	(s20)	16 22	(240)		
25	7 29	(120)	11 56	(s20)	16 23	(240)		
26	7 28	(119)	11 56	(s21)	16 25	(241)		
27	7 27	(119)	11 56	(s21)	16 27	(241)		
28	7 25	(118)	11 56	(s21)	16 28	(242)		
29	7 24	(118)	11 57	(s21)	16 30	(242)		
30	7 22	(117)	11 57	(s22)	16 32	(243)		
31	7 21	(117)	11 57	(s22)	16 34	(243)		
Luty								
1	7 19	(116)	11 57	(s22)	16 35	(244)		
2	7 18	(116)	11 57	(s23)	16 37	(244)		
3	7 16	(116)	11 57	(s23)	16 39	(245)		
4	7 15	(115)	11 57	(s23)	16 41	(245)		
5	7 13	(114)	11 58	(s23)	16 42	(246)		
6	7 12	(114)	11 58	(s24)	16 44	(246)		
7	7 10	(113)	11 58	(s24)	16 46	(247)		
8	7 08	(113)	11 58	(s24)	16 48	(247)		
9	7 07	(112)	11 58	(s25)	16 50	(248)		
10	7 05	(112)	11 58	(s25)	16 51	(248)		
11	7 03	(111)	11 58	(s25)	16 53	(249)		
12	7 01	(111)	11 58	(s26)	16 55	(249)		
13	6 59	(110)	11 58	(s26)	16 57	(250)		
14	6 58	(110)	11 58	(s26)	16 59	(251)		
15	6 56	(109)	11 58	(s27)	17 00	(251)		
16	6 54	(109)	11 58	(s27)	17 02	(252)		
17	6 52	(108)	11 58	(s27)	17 04	(252)		
18	6 50	(107)	11 57	(s28)	17 06	(253)		
19	6 48	(107)	11 57	(s28)	17 07	(253)		
20	6 46	(106)	11 57	(s28)	17 09	(254)		
21	6 44	(106)	11 57	(s29)	17 11	(255)		
22	6 42	(105)	11 57	(s29)	17 13	(255)		
23	6 40	(105)	11 57	(s30)	17 14	(256)		
24	6 38	(104)	11 57	(s30)	17 16	(256)		
25	6 36	(103)	11 57	(s30)	17 18	(257)		
26	6 34	(103)	11 56	(s31)	17 20	(258)		
27	6 32	(102)	11 56	(s31)	17 21	(258)		
28	6 30	(102)	11 56	(s31)	17 23	(259)		

Marzec

1	6 28 (101)	11 56 (s32)	17 25 (259)
2	6 26 (100)	11 56 (s32)	17 26 (260)
3	6 24 (100)	11 55 (s33)	17 28 (261)
4	6 21 (99)	11 55 (s33)	17 30 (261)
5	6 19 (98)	11 55 (s33)	17 32 (262)
6	6 17 (98)	11 55 (s34)	17 33 (262)
7	6 15 (97)	11 54 (s34)	17 35 (263)
8	6 13 (97)	11 54 (s34)	17 37 (264)
9	6 11 (96)	11 54 (s35)	17 38 (264)
10	6 08 (95)	11 54 (s35)	17 40 (265)
11	6 06 (95)	11 53 (s36)	17 42 (266)
12	6 04 (94)	11 53 (s36)	17 43 (266)
13	6 02 (94)	11 53 (s36)	17 45 (267)
14	6 00 (93)	11 53 (s37)	17 47 (267)
15	5 57 (92)	11 52 (s37)	17 48 (268)
16	5 55 (92)	11 52 (s38)	17 50 (269)
17	5 53 (91)	11 52 (s38)	17 52 (269)
18	5 51 (90)	11 52 (s38)	17 53 (270)
19	5 49 (90)	11 51 (s39)	17 55 (271)
20	5 46 (89)	11 51 (s39)	17 57 (271)
21	5 44 (89)	11 51 (s40)	17 58 (272)
22	5 42 (88)	11 50 (s40)	18 00 (272)
23	5 40 (87)	11 50 (s40)	18 02 (273)
24	5 37 (87)	11 50 (s41)	18 03 (274)
25	5 35 (86)	11 49 (s41)	18 05 (274)
26	5 33 (85)	11 49 (s42)	18 06 (275)
27	5 31 (85)	11 49 (s42)	18 08 (276)
28	5 28 (84)	11 49 (s42)	18 10 (276)
29	5 26 (84)	11 48 (s43)	18 11 (277)
30	5 24 (83)	11 48 (s43)	18 13 (277)
31	5 22 (82)	11 48 (s43)	18 15 (278)

Kwiecień

1	5 20 (82)	11 47 (s44)	18 16 (279)
2	5 17 (81)	11 47 (s44)	18 18 (279)
3	5 15 (80)	11 47 (s45)	18 19 (280)
4	5 13 (80)	11 46 (s45)	18 21 (280)
5	5 11 (79)	11 46 (s45)	18 23 (281)
6	5 08 (79)	11 46 (s46)	18 24 (282)
7	5 06 (78)	11 46 (s46)	18 26 (282)
8	5 04 (77)	11 45 (s47)	18 28 (283)
9	5 02 (77)	11 45 (s47)	18 29 (283)
10	5 00 (76)	11 45 (s47)	18 31 (284)
11	4 58 (76)	11 45 (s48)	18 32 (285)
12	4 56 (75)	11 44 (s48)	18 34 (285)
13	4 53 (74)	11 44 (s48)	18 36 (286)
14	4 51 (74)	11 44 (s49)	18 37 (286)
15	4 49 (73)	11 44 (s49)	18 39 (287)
16	4 47 (73)	11 43 (s49)	18 41 (288)
17	4 45 (72)	11 43 (s50)	18 42 (288)
18	4 43 (72)	11 43 (s50)	18 44 (289)
19	4 41 (71)	11 43 (s50)	18 45 (289)
20	4 39 (70)	11 42 (s51)	18 47 (290)
21	4 37 (70)	11 42 (s51)	18 49 (290)
22	4 35 (69)	11 42 (s52)	18 50 (291)
23	4 33 (69)	11 42 (s52)	18 52 (292)
24	4 31 (68)	11 42 (s52)	18 54 (292)
25	4 29 (68)	11 41 (s52)	18 55 (293)
26	4 27 (67)	11 41 (s53)	18 57 (293)
27	4 25 (67)	11 41 (s53)	18 58 (294)
28	4 23 (66)	11 41 (s53)	19 00 (294)
29	4 21 (66)	11 41 (s54)	19 02 (295)
30	4 19 (65)	11 41 (s54)	19 03 (295)

Maj

1	4 18 (65)	11 41 (s54)	19 05 (296)
2	4 16 (64)	11 40 (s55)	19 06 (296)
3	4 14 (64)	11 40 (s55)	19 08 (297)
4	4 12 (63)	11 40 (s55)	19 09 (297)
5	4 10 (63)	11 40 (s56)	19 11 (298)
6	4 09 (62)	11 40 (s56)	19 13 (298)
7	4 07 (62)	11 40 (s56)	19 14 (299)
8	4 05 (61)	11 40 (s56)	19 16 (299)
9	4 04 (61)	11 40 (s57)	19 17 (300)
10	4 02 (60)	11 40 (s57)	19 19 (300)
11	4 00 (60)	11 40 (s57)	19 20 (301)
12	3 59 (59)	11 40 (s57)	19 22 (301)
13	3 57 (59)	11 40 (s58)	19 23 (301)
14	3 56 (58)	11 40 (s58)	19 25 (302)
15	3 54 (58)	11 40 (s58)	19 26 (302)
16	3 53 (58)	11 40 (s58)	19 28 (303)
17	3 52 (57)	11 40 (s59)	19 29 (303)
18	3 50 (57)	11 40 (s59)	19 30 (303)
19	3 49 (56)	11 40 (s59)	19 32 (304)
20	3 48 (56)	11 40 (s59)	19 33 (304)
21	3 46 (56)	11 40 (s59)	19 35 (305)
22	3 45 (55)	11 40 (s60)	19 36 (305)
23	3 44 (55)	11 40 (s60)	19 37 (305)
24	3 43 (55)	11 40 (s60)	19 39 (306)
25	3 42 (54)	11 40 (s60)	19 40 (306)
26	3 41 (54)	11 41 (s60)	19 41 (306)
27	3 40 (54)	11 41 (s61)	19 42 (307)
28	3 39 (53)	11 41 (s61)	19 43 (307)
29	3 38 (53)	11 41 (s61)	19 45 (307)
30	3 37 (53)	11 41 (s61)	19 46 (307)
31	3 36 (53)	11 41 (s61)	19 47 (308)

Czerwiec

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

Lipiec

1	3 34 (50)	11 47 (s62)	20 00 (310)
2	3 35 (50)	11 48 (s62)	20 00 (309)
3	3 36 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
4	3 37 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
5	3 37 (51)	11 48 (s62)	19 58 (309)
6	3 38 (51)	11 48 (s62)	19 58 (309)
7	3 39 (51)	11 48 (s62)	19 57 (309)
8	3 40 (52)	11 49 (s62)	19 57 (308)
9	3 41 (52)	11 49 (s61)	19 56 (308)
10	3 42 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
11	3 43 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
12	3 44 (52)	11 49 (s61)	19 54 (307)
13	3 45 (53)	11 49 (s61)	19 53 (307)
14	3 46 (53)	11 49 (s61)	19 52 (307)
15	3 47 (53)	11 50 (s61)	19 51 (307)
16	3 49 (54)	11 50 (s60)	19 50 (306)
17	3 50 (54)	11 50 (s60)	19 49 (306)
18	3 51 (54)	11 50 (s60)	19 48 (306)
19	3 52 (55)	11 50 (s60)	19 47 (305)
20	3 53 (55)	11 50 (s60)	19 46 (305)
21	3 55 (55)	11 50 (s60)	19 44 (305)
22	3 56 (56)	11 50 (s59)	19 43 (304)
23	3 57 (56)	11 50 (s59)	19 42 (304)
24	3 59 (56)	11 50 (s59)	19 41 (303)
25	4 00 (57)	11 50 (s59)	19 39 (303)
26	4 01 (57)	11 50 (s59)	19 38 (303)
27	4 03 (57)	11 50 (s58)	19 36 (302)
28	4 04 (58)	11 50 (s58)	19 35 (302)
29	4 06 (58)	11 50 (s58)	19 33 (301)
30	4 07 (59)	11 50 (s58)	19 32 (301)
31	4 08 (59)	11 50 (s57)	19 30 (301)

Sierpień

1	4 10 (60)	11 50 (s57)	19 29 (300)
2	4 11 (60)	11 50 (s57)	19 27 (300)
3	4 13 (60)	11 50 (s57)	19 26 (299)
4	4 14 (61)	11 50 (s56)	19 24 (299)
5	4 16 (61)	11 50 (s56)	19 22 (298)
6	4 17 (62)	11 49 (s56)	19 20 (298)
7	4 19 (62)	11 49 (s55)	19 19 (297)
8	4 20 (63)	11 49 (s55)	19 17 (297)
9	4 22 (63)	11 49 (s55)	19 15 (296)
10	4 23 (64)	11 49 (s55)	19 13 (296)
11	4 25 (64)	11 49 (s54)	19 11 (295)
12	4 26 (65)	11 49 (s54)	19 10 (295)
13	4 28 (65)	11 48 (s54)	19 08 (294)
14	4 29 (66)	11 48 (s53)	19 06 (294)
15	4 31 (66)	11 48 (s53)	19 04 (293)
16	4 33 (67)	11 48 (s53)	19 02 (293)
17	4 34 (67)	11 48 (s52)	19 00 (292)
18	4 36 (68)	11 47 (s52)	18 58 (292)
19	4 37 (68)	11 47 (s52)	18 56 (291)
20	4 39 (69)	11 47 (s51)	18 54 (291)
21	4 40 (70)	11 47 (s51)	18 52 (290)
22	4 42 (70)	11 46 (s51)	18 50 (290)
23	4 43 (71)	11 46 (s50)	18 48 (289)
24	4 45 (71)	11 46 (s50)	18 46 (288)
25	4 46 (72)	11 46 (s50)	18 44 (288)
26	4 48 (72)	11 45 (s49)	18 42 (287)
27	4 50 (73)	11 45 (s49)	18 39 (287)
28	4 51 (74)	11 45 (s49)	18 37 (286)
29	4 53 (74)	11 44 (s48)	18 35 (286)
30	4 54 (75)	11 44 (s48)	18 33 (285)
31	4 56 (75)	11 44 (s48)	18 31 (284)

Wrzesień

1	4 57 (76)	11 43 (s47)	18 29 (284)
2	4 59 (76)	11 43 (s47)	18 26 (283)
3	5 00 (77)	11 43 (s47)	18 24 (283)
4	5 02 (78)	11 43 (s46)	18 22 (282)
5	5 03 (78)	11 42 (s46)	18 20 (281)
6	5 05 (79)	11 42 (s45)	18 18 (281)
7	5 07 (79)	11 41 (s45)	18 15 (280)
8	5 08 (80)	11 41 (s45)	18 13 (280)
9	5 10 (81)	11 41 (s44)	18 11 (279)
10	5 11 (81)	11 40 (s44)	18 09 (278)
11	5 13 (82)	11 40 (s44)	18 06 (278)
12	5 14 (82)	11 40 (s43)	18 04 (277)
13	5 16 (83)	11 39 (s43)	18 02 (277)
14	5 17 (84)	11 39 (s42)	18 00 (276)
15	5 19 (84)	11 39 (s42)	17 57 (275)
16	5 20 (85)	11 38 (s42)	17 55 (275)
17	5 22 (85)	11 38 (s41)	17 53 (274)
18	5 24 (86)	11 38 (s41)	17 51 (274)
19	5 25 (87)	11 37 (s41)	17 48 (273)
20	5 27 (87)	11 37 (s40)	17 46 (272)
21	5 28 (88)	11 37 (s40)	17 44 (272)
22	5 30 (89)	11 36 (s39)	17 42 (271)
23	5 31 (89)	11 36 (s39)	17 39 (271)
24	5 33 (90)	11 35 (s39)	17 37 (270)
25	5 34 (90)	11 35 (s38)	17 35 (269)
26	5 36 (91)	11 35 (s38)	17 33 (269)
27	5 38 (92)	11 34 (s37)	17 30 (268)
28	5 39 (92)	11 34 (s37)	17 28 (267)
29	5 41 (93)	11 34 (s37)	17 26 (267)
30	5 42 (93)	11 33 (s36)	17 24 (266)

Październik

1	5 44 (94)	11 33 (s36)	17 21 (266)
2	5 45 (95)	11 33 (s35)	17 19 (265)
3	5 47 (95)	11 33 (s35)	17 17 (264)
4	5 49 (96)	11 32 (s35)	17 15 (264)
5	5 50 (97)	11 32 (s34)	17 13 (263)
6	5 52 (97)	11 32 (s34)	17 10 (263)
7	5 53 (98)	11 31 (s34)	17 08 (262)
8	5 55 (98)	11 31 (s33)	17 06 (261)
9	5 57 (99)	11 31 (s33)	17 04 (261)
10	5 58 (100)	11 30 (s32)	17 02 (260)
11	6 00 (100)	11 30 (s32)	17 00 (260)
12	6 02 (101)	11 30 (s32)	16 57 (259)
13	6 03 (101)	11 30 (s31)	16 55 (258)
14	6 05 (102)	11 30 (s31)	16 53 (258)
15	6 07 (103)	11 29 (s31)	16 51 (257)
16	6 08 (103)	11 29 (s30)	16 49 (257)
17	6 10 (104)	11 29 (s30)	16 47 (256)
18	6 12 (104)	11 29 (s29)	16 45 (255)
19	6 13 (105)	11 28 (s29)	16 43 (255)
20	6 15 (106)	11 28 (s29)	16 41 (254)
21	6 17 (106)	11 28 (s28)	16 39 (254)
22	6 18 (107)	11 28 (s28)	16 37 (253)
23	6 20 (107)	11 28 (s28)	16 35 (253)
24	6 22 (108)	11 28 (s27)	16 33 (252)
25	6 23 (108)	11 28 (s27)	16 31 (251)
26	6 25 (109)	11 27 (s27)	16 29 (251)
27	6 27 (110)	11 27 (s26)	16 27 (250)
28	6 28 (110)	11 27 (s26)	16 25 (250)
29	6 30 (111)	11 27 (s26)	16 24 (249)
30	6 32 (111)	11 27 (s25)	16 22 (249)
31	6 34 (112)	11 27 (s25)	16 20 (248)

Listopad

1 6 35 (112) 11 27 (s25) 16 18 (248)
 2 6 37 (113) 11 27 (s24) 16 16 (247)
 3 6 39 (113) 11 27 (s24) 16 15 (247)
 4 6 40 (114) 11 27 (s24) 16 13 (246)
 5 6 42 (114) 11 27 (s23) 16 11 (246)
 6 6 44 (115) 11 27 (s23) 16 10 (245)
 7 6 46 (115) 11 27 (s23) 16 08 (245)
 8 6 47 (116) 11 27 (s23) 16 07 (244)
 9 6 49 (116) 11 27 (s22) 16 05 (244)
 10 6 51 (117) 11 27 (s22) 16 04 (243)
 11 6 52 (117) 11 28 (s22) 16 02 (243)
 12 6 54 (118) 11 28 (s21) 16 01 (242)
 13 6 56 (118) 11 28 (s21) 15 59 (242)
 14 6 57 (119) 11 28 (s21) 15 58 (241)
 15 6 59 (119) 11 28 (s21) 15 57 (241)
 16 7 01 (119) 11 28 (s20) 15 55 (240)
 17 7 02 (120) 11 29 (s20) 15 54 (240)
 18 7 04 (120) 11 29 (s20) 15 53 (240)
 19 7 06 (121) 11 29 (s20) 15 52 (239)
 20 7 07 (121) 11 29 (s19) 15 51 (239)
 21 7 09 (121) 11 29 (s19) 15 49 (238)
 22 7 11 (122) 11 30 (s19) 15 48 (238)
 23 7 12 (122) 11 30 (s19) 15 47 (238)
 24 7 14 (123) 11 30 (s19) 15 46 (237)
 25 7 15 (123) 11 31 (s18) 15 46 (237)
 26 7 17 (123) 11 31 (s18) 15 45 (237)
 27 7 18 (124) 11 31 (s18) 15 44 (236)
 28 7 20 (124) 11 32 (s18) 15 43 (236)
 29 7 21 (124) 11 32 (s18) 15 42 (236)
 30 7 22 (125) 11 32 (s18) 15 42 (235)

Grudzień

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

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

cywilny żeglarski astronomiczny
h m h m h m h m h m h m

Styczeń

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

Luty

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

Marzec

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

Kwiecień

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

Maj

1	3 40	19 42	2 52	20 31	1 53	21 30
2	3 38	19 44	2 50	20 33	1 50	21 34
3	3 36	19 46	2 47	20 35	1 47	21 37
4	3 34	19 48	2 45	20 38	1 43	21 40
5	3 32	19 50	2 42	20 40	1 40	21 43
6	3 30	19 51	2 40	20 42	1 36	21 47
7	3 28	19 53	2 38	20 44	1 33	21 50
8	3 26	19 55	2 35	20 46	1 29	21 54
9	3 25	19 57	2 33	20 49	1 26	21 57
10	3 23	19 58	2 31	20 51	1 22	22 01
11	3 21	20 00	2 28	20 53	1 18	22 05
12	3 19	20 02	2 26	20 55	1 14	22 09
13	3 17	20 03	2 24	20 57	1 11	22 13
14	3 16	20 05	2 22	21 00	1 07	22 17
15	3 14	20 07	2 20	21 02	1 02	22 21
16	3 12	20 09	2 17	21 04	0 58	22 25
17	3 11	20 10	2 15	21 06	0 54	22 30
18	3 09	20 12	2 13	21 08	0 50	22 35
19	3 08	20 13	2 11	21 11	0 45	22 40
20	3 06	20 15	2 09	21 13	0 40	22 45
21	3 05	20 17	2 07	21 15	0 35	22 51
22	3 03	20 18	2 05	21 17	0 29	22 57
23	3 02	20 20	2 03	21 19	0 23	23 04
24	3 00	20 21	2 01	21 21	0 16	23 13
25	2 59	20 23	1 59	21 23	0 08	23 25
26	2 58	20 24	1 57	21 25	23 56	
27	2 57	20 26	1 56	21 27		
28	2 56	20 27	1 54	21 29		
29	2 54	20 28	1 52	21 31		
30	2 53	20 30	1 51	21 33		
31	2 52	20 31	1 49	21 35		

Czerwiec

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

Lipiec

1	2 49	20 46	1 40	21 54		
2	2 49	20 45	1 41	21 53		
3	2 50	20 45	1 43	21 52		
4	2 51	20 44	1 44	21 51		
5	2 52	20 44	1 45	21 50		
6	2 53	20 43	1 47	21 49		
7	2 54	20 42	1 48	21 48		
8	2 55	20 41	1 50	21 46		
9	2 56	20 40	1 51	21 45		
10	2 57	20 40	1 53	21 44		
11	2 59	20 39	1 55	21 42		
12	3 00	20 38	1 56	21 41		
13	3 01	20 37	1 58	21 39		
14	3 02	20 35	2 00	21 37		
15	3 04	20 34	2 02	21 36		
16	3 05	20 33	2 04	21 34		
17	3 07	20 32	2 06	21 32		23 29
18	3 08	20 31	2 08	21 30	0 11	23 19
19	3 09	20 29	2 10	21 28	0 21	23 11
20	3 11	20 28	2 12	21 26	0 29	23 05
21	3 12	20 26	2 14	21 24	0 36	22 59
22	3 14	20 25	2 16	21 22	0 41	22 53
23	3 16	20 23	2 18	21 20	0 47	22 48
24	3 17	20 22	2 20	21 18	0 52	22 44
25	3 19	20 20	2 22	21 16	0 57	22 39
26	3 20	20 19	2 24	21 14	1 02	22 35
27	3 22	20 17	2 27	21 12	1 06	22 30
28	3 24	20 15	2 29	21 10	1 10	22 26
29	3 25	20 14	2 31	21 07	1 14	22 22
30	3 27	20 12	2 33	21 05	1 18	22 18
31	3 28	20 10	2 35	21 03	1 22	22 14

Sierpień

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

Wrzesień

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

Październik

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

Listopad

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

Grudzień

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

Tabela 3. Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie.

W kolumnach podano środkowoeuropejskie czasy występowania zjawisk w godzinach i minutach. Dodatkowo, w nawiasach, podano w stopniach azymuty (α) 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	p19 24 (73)		2 29 (s49)		9 22 (283)	1	p21 55 (100)	3 33 (s32)		9 01 (256)	
2	p20 32 (80)		3 14 (s44)		9 45 (276)	2	p23 08 (108)	4 23 (s27)		9 29 (249)	
3	p21 41 (88)		4 00 (s40)		10 07 (269)	3	0 23 (114)	5 16 (s24)		10 01 (243)	
4	p22 52 (95)		4 47 (s35)		10 30 (261)	4	1 37 (120)	6 11 (s21)		10 41 (239)	
5	0 05 (103)		5 35 (s30)		10 55 (254)	5	2 47 (123)	7 09 (s19)		11 30 (236)	
6	1 20 (110)		6 27 (s26)		11 24 (247)	6	3 51 (124)	8 09 (s19)		12 29 (236)	
7	2 37 (117)		7 22 (s22)		12 00 (241)	7	4 45 (123)	9 10 (s20)		13 38 (238)	
8	3 52 (122)		8 20 (s20)		12 44 (237)	8	5 30 (119)	10 09 (s22)		14 54 (243)	
9	5 03 (124)		9 22 (s18)		13 40 (235)	9	6 07 (113)	11 05 (s26)		16 12 (250)	
10	6 05 (124)		10 25 (s19)		14 47 (237)	10	6 38 (106)	11 59 (s30)		17 31 (257)	
11	6 57 (121)		11 26 (s21)		16 02 (240)	11	7 04 (98)	12 50 (s35)		18 47 (265)	
12	7 38 (116)		12 26 (s24)		17 22 (246)	12	7 29 (91)	13 39 (s40)		20 01 (273)	
13	8 11 (109)		13 21 (s28)		18 41 (254)	13	7 52 (83)	14 26 (s45)		21 13 (281)	
14	8 39 (102)		14 13 (s33)		19 59 (262)	14	8 16 (76)	15 13 (s49)		22 22 (288)	
15	9 04 (94)		15 02 (s38)		21 13 (270)	15	8 42 (70)	15 59 (s53)		23 28 (294)	
16	9 27 (87)		15 49 (s43)		22 24 (277)	16	9 10 (64)	16 46 (s56)	f 0 32 (298)		
17	9 50 (79)		16 35 (s47)		23 33 (285)	17	9 43 (60)	17 33 (s58)	f 1 31 (302)		
18	10 14 (73)		17 21 (s51)	f 0 40 (291)		18	10 20 (57)	18 21 (s59)	f 2 25 (303)		
19	10 39 (67)		18 06 (s55)	f 1 44 (296)		19	11 04 (56)	19 09 (s60)	f 3 13 (303)		
20	11 09 (62)		18 53 (s57)	f 2 45 (300)		20	11 55 (57)	19 57 (s59)	f 3 55 (302)		
21	11 43 (58)		19 40 (s59)	f 3 42 (303)		21	12 52 (59)	20 45 (s57)	f 4 31 (298)		
22	12 23 (56)		20 28 (s60)	f 4 34 (304)		22	13 53 (63)	21 33 (s55)	f 5 02 (294)		
23	13 10 (56)		21 16 (s60)	f 5 19 (303)		23	14 59 (69)	22 20 (s52)	f 5 30 (288)		
24	14 03 (57)		22 04 (s59)	f 5 59 (301)		24	16 07 (75)	23 07 (s48)	f 5 55 (281)		
25	15 03 (60)		22 52 (s57)	f 6 33 (297)		26	p17 17 (82)	p23 54 (s43)	6 18 (274)		
26	16 06 (65)		23 40 (s54)	f 7 02 (292)		27	p18 29 (90)	0 41 (s38)	6 42 (267)		
28	p17 13(71)		0 27 (s50)	7 28 (285)		28	p19 42 (98)	1 30 (s33)	7 07 (259)		
29	p18 22(78)		1 13 (s46)	7 51 (279)							
30	p19 31(85)		1 59 (s41)	8 14 (271)							
31	p20 42(93)		2 45 (s36)	8 37 (264)							

Marzec

1 p20 57 (105) 2 20 (s29) 7 34 (252)
 2 p22 12 (112) 3 13 (s25) 8 05 (246)
 3 p23 26 (118) 4 07 (s22) 8 42 (240)
 4 0 37 (122) 5 04 (s20) 9 28 (237)
 5 1 42 (124) 6 03 (s19) 10 23 (236)
 6 2 39 (123) 7 01 (s19) 11 27 (238)
 7 3 26 (120) 7 59 (s21) 12 38 (242)
 8 4 04 (115) 8 55 (s24) 13 53 (247)
 9 4 37 (109) 9 48 (s28) 15 09 (254)
 10 5 05 (102) 10 39 (s33) 16 25 (262)
 11 5 30 (94) 11 28 (s38) 17 39 (270)
 12 5 54 (87) 12 16 (s43) 18 51 (277)
 13 6 18 (79) 13 04 (s47) 20 02 (284)
 14 6 43 (73) 13 51 (s51) 21 10 (291)
 15 7 11 (67) 14 38 (s55) 22 16 (296)
 16 7 42 (62) 15 25 (s57) 23 17 (300)
 17 8 18 (59) 16 13 (s59) f0 14 (303)
 18 8 59 (57) 17 01 (s59) f1 05 (303)
 19 9 47 (57) 17 50 (s59) f1 49 (302)
 20 10 41 (59) 18 37 (s58) f2 27 (300)
 21 11 40 (62) 19 25 (s56) f3 00 (296)
 22 12 43 (66) 20 11 (s53) f3 29 (290)
 23 13 49 (72) 20 58 (s49) f3 55 (284)
 24 14 58 (79) 21 45 (s45) f4 20 (277)
 25 16 09 (86) 22 32 (s40) f4 44 (270)
 26 17 22 (94) 23 21 (s36) f5 08 (262)
 28 p18 38 (102) 0 12 (s31) 5 35 (255)
 29 p19 55 (109) 1 05 (s26) 6 06 (248)
 30 p21 12 (116) 2 00 (s23) 6 42 (242)
 31 p22 26 (120) 2 58 (s20) 7 26 (238)

Kwiecień

1 p23 35 (123) 3 57 (s19) 8 19 (237)
 2 0 34 (123) 4 57 (s19) 9 21 (237)
 3 1 24 (121) 5 55 (s21) 10 30 (241)
 4 2 05 (117) 6 50 (s24) 11 43 (246)
 5 2 38 (111) 7 43 (s27) 12 57 (252)
 6 3 07 (104) 8 34 (s31) 14 11 (259)
 7 3 33 (97) 9 23 (s36) 15 24 (267)
 8 3 57 (89) 10 10 (s41) 16 35 (274)
 9 4 20 (82) 10 57 (s45) 17 45 (282)
 10 4 45 (75) 11 43 (s50) 18 54 (288)
 11 5 11 (69) 12 30 (s53) 20 01 (294)
 12 5 41 (64) 13 18 (s56) 21 04 (298)
 13 6 15 (60) 14 06 (s58) 22 03 (302)
 14 6 55 (58) 14 54 (s59) 22 56 (303)
 15 7 40 (57) 15 42 (s59) 23 43 (303)
 16 8 32 (58) 16 30 (s58) f0 24 (301)
 17 9 28 (61) 17 17 (s57) f0 58 (297)
 18 10 29 (65) 18 04 (s54) f1 28 (293)
 19 11 32 (70) 18 49 (s51) f1 55 (287)
 20 12 39 (76) 19 35 (s47) f2 20 (280)
 21 13 48 (83) 20 22 (s43) f2 44 (273)
 22 14 59 (90) 21 09 (s38) f3 08 (266)
 23 16 13 (98) 21 59 (s33) f3 33 (258)
 24 17 30 (106) 22 51 (s28) f4 03 (251)
 26 p18 48(113) p23 46 (s24) 4 37 (245)
 27 p20 06 (119) 0 45 (s21) 5 19 (240)
 28 p21 19 (122) 1 46 (s19) 6 10 (237)
 29 p22 25 (123) 2 47 (s19) 7 10 (237)
 30 p23 20 (122) 3 48 (s20) 8 19 (239)

Maj

1	0 05 (118)	4 45 (s23)	9 33 (244)
2	0 41 (112)	5 40 (s26)	10 48 (250)
3	1 11 (106)	6 32 (s30)	12 02 (257)
4	1 37 (99)	7 20 (s35)	13 15 (265)
5	2 02 (92)	8 08 (s39)	14 25 (272)
6	2 25 (84)	8 54 (s44)	15 35 (279)
7	2 49 (78)	9 40 (s48)	16 43 (286)
8	3 14 (71)	10 26 (s52)	17 49 (292)
9	3 42 (66)	11 13 (s55)	18 53 (297)
10	4 14 (62)	12 00 (s57)	19 54 (301)
11	4 52 (59)	12 49 (s59)	20 49 (303)
12	5 35 (57)	13 37 (s59)	21 39 (303)
13	6 24 (57)	14 25 (s59)	22 21 (301)
14	7 19 (59)	15 12 (s57)	22 58 (299)
15	8 18 (63)	15 58 (s55)	23 30 (294)
16	9 20 (68)	16 44 (s52)	23 57 (289)
17	10 24 (73)	17 29 (s49)	f0 22 (283)
18	11 30 (80)	18 14 (s45)	f0 45 (276)
19	12 38 (87)	18 59 (s40)	f1 08 (269)
20	13 49 (94)	19 47 (s35)	f1 33 (262)
21	15 03 (102)	20 36 (s31)	f1 59 (255)
22	16 20 (109)	21 29 (s26)	f2 30 (248)
23	17 38 (116)	22 26 (s23)	f3 08 (242)
24	18 55 (121)	23 27 (s20)	f3 55 (238)
26	p20 06 (123)	0 30 (s19)	4 52 (237)
27	p21 08 (123)	1 33 (s20)	6 00 (238)
28	p21 59 (120)	2 34 (s21)	7 15 (242)
29	p22 40 (115)	3 32 (s25)	8 32 (248)
30	p23 14 (108)	4 26 (s29)	9 49 (255)
31	p23 42 (101)	5 17 (s33)	11 04 (262)

Czerwiec

1	0 07 (94)	6 06 (s38)	12 16 (270)
2	0 31 (87)	6 53 (s43)	13 26 (277)
3	0 54 (80)	7 38 (s47)	14 35 (284)
4	1 19 (73)	8 24 (s51)	15 41 (290)
5	1 46 (68)	9 10 (s54)	16 46 (295)
6	2 16 (63)	9 57 (s57)	17 47 (300)
7	2 51 (59)	10 45 (s59)	18 44 (302)
8	3 32 (57)	11 33 (s59)	19 35 (303)
9	4 19 (57)	12 21 (s59)	20 21 (302)
10	5 12 (58)	13 09 (s58)	20 59 (300)
11	6 10 (61)	13 55 (s56)	21 32 (296)
12	7 10 (66)	14 41 (s53)	22 01 (291)
13	8 14 (71)	15 26 (s50)	22 27 (285)
14	9 18 (77)	16 10 (s46)	22 50 (279)
15	10 24 (84)	16 54 (s42)	23 13 (272)
16	11 33 (91)	17 40 (s37)	23 35 (265)
17	12 43 (99)	18 27 (s33)	24 00 (258)
18	13 56 (106)	19 16 (s28)	f0 28 (251)
19	15 11 (113)	20 10 (s25)	f1 01 (245)
20	16 27 (118)	21 07 (s21)	f1 41 (240)
21	17 41 (122)	22 08 (s20)	f2 32 (237)
22	18 49 (123)	23 12 (s19)	f3 35 (237)
24	p19 47 (122)	0 15 (s20)	4 48 (239)
25	p20 34 (118)	1 16 (s23)	6 06 (244)
26	p21 12 (112)	2 14 (s27)	7 26 (251)
27	p21 43 (105)	3 09 (s31)	8 45 (259)
28	p22 11 (97)	4 00 (s36)	10 01 (267)
29	p22 36 (90)	4 49 (s41)	11 14 (274)
30	p23 00 (82)	5 36 (s45)	12 24 (282)

Lipiec

1 p23 24 (75) 6 22 (s50) 13 32 (288)
 2 p23 50 (69) 7 09 (s53) 14 38 (294)
 3 0 19 (64) 7 55 (s56) 15 40 (298)
 4 0 53 (60) 8 43 (s58) 16 39 (301)
 5 1 32 (58) 9 30 (s59) 17 32 (303)
 6 2 16 (57) 10 18 (s59) 18 19 (303)
 7 3 07 (58) 11 06 (s59) 19 00 (301)
 8 4 03 (60) 11 53 (s57) 19 35 (298)
 9 5 03 (64) 12 39 (s54) 20 06 (293)
 10 6 06 (69) 13 24 (s51) 20 32 (288)
 11 7 10 (75) 14 09 (s48) 20 56 (281)
 12 8 15 (82) 14 53 (s43) 21 19 (275)
 13 9 22 (89) 15 37 (s39) 21 42 (268)
 14 10 30 (96) 16 23 (s35) 22 05 (261)
 15 11 40 (103) 17 10 (s30) 22 30 (254)
 16 12 53 (110) 18 00 (s26) 23 00 (248)
 17 14 06 (116) 18 54 (s23) 23 36 (242)
 18 15 19 (120) 19 52 (s20) f 0 20 (238)
 19 16 28 (123) 20 52 (s19) f 1 15 (237)
 20 17 30 (123) 21 54 (s20) f 2 21 (238)
 21 18 22 (120) 22 56 (s21) f 3 36 (242)
 23 p19 05 (115) p23 57 (s25) 4 56 (247)
 24 p19 41 (108) 0 54 (s29) 6 18 (255)
 25 p20 11 (101) 1 48 (s33) 7 37 (263)
 26 p20 38 (93) 2 40 (s38) 8 54 (271)
 27 p21 03 (86) 3 29 (s43) 10 07 (278)
 28 p21 28 (78) 4 17 (s48) 11 18 (285)
 29 p21 54 (72) 5 04 (s52) 12 26 (291)
 30 p22 23 (66) 5 52 (s55) 13 30 (296)
 31 p22 55 (62) 6 39 (s57) 14 31 (300)

Sierpień

1 p23 32 (59) 7 27 (s59) 15 26 (302)
 2 0 14 (57) 8 15 (s59) 16 16 (303)
 3 1 03 (58) 9 03 (s59) 16 59 (301)
 4 1 57 (59) 9 50 (s58) 17 36 (299)
 5 2 55 (63) 10 37 (s55) 18 09 (295)
 6 3 57 (67) 11 22 (s52) 18 37 (290)
 7 5 01 (73) 12 07 (s49) 19 02 (284)
 8 6 07 (79) 12 52 (s45) 19 26 (277)
 9 7 14 (86) 13 37 (s41) 19 48 (270)
 10 8 22 (93) 14 22 (s36) 20 12 (263)
 11 9 31 (100) 15 09 (s32) 20 36 (256)
 12 10 41 (107) 15 57 (s28) 21 04 (250)
 13 11 53 (114) 16 49 (s24) 21 37 (244)
 14 13 04 (119) 17 43 (s21) 22 17 (240)
 15 14 13 (122) 18 40 (s20) 23 05 (238)
 16 15 16 (123) 19 40 (s19) f 0 04 (237)
 17 16 11 (121) 20 40 (s20) f 1 13 (240)
 18 16 57 (118) 21 40 (s23) f 2 29 (244)
 19 17 36 (112) 22 38 (s27) f 3 49 (251)
 20 18 08 (105) 23 33 (s31) f 5 09 (258)
 22 p18 37 (97) 0 26 (s36) 6 27 (266)
 23 p19 04 (90) 1 17 (s41) 7 44 (274)
 24 p19 29 (82) 2 07 (s46) 8 57 (282)
 25 p19 56 (75) 2 56 (s50) 10 08 (289)
 26 p20 24 (69) 3 44 (s53) 11 15 (294)
 27 p20 55 (64) 4 33 (s56) 12 19 (298)
 28 p21 31 (60) 5 21 (s58) 13 17 (301)
 29 p22 12 (58) 6 09 (s59) 14 09 (302)
 30 p22 58 (58) 6 57 (s59) 14 55 (302)
 31 p23 50 (59) 7 45 (s58) 15 35 (300)

Wrzesień

1	0 46 (62)	8 32 (s56)	16 09 (296)
2	1 47 (66)	9 18 (s53)	16 39 (291)
3	2 50 (71)	10 03 (s50)	17 05 (286)
4	3 56 (77)	10 49 (s46)	17 30 (279)
5	5 03 (84)	11 34 (s42)	17 53 (273)
6	6 11 (91)	12 19 (s38)	18 17 (266)
7	7 21 (98)	13 06 (s33)	18 42 (259)
8	8 32 (105)	13 55 (s29)	19 09 (252)
9	9 43 (111)	14 46 (s25)	19 41 (246)
10	10 55 (117)	15 39 (s22)	20 18 (242)
11	12 04 (121)	16 35 (s20)	21 03 (239)
12	13 07 (122)	17 33 (s20)	21 58 (238)
13	14 04 (122)	18 31 (s20)	23 01 (239)
14	14 52 (119)	19 29 (s22)	f0 12 (243)
15	15 32 (114)	20 26 (s25)	f1 28 (248)
16	16 06 (108)	21 21 (s29)	f2 45 (255)
17	16 36 (101)	22 14 (s34)	f4 03 (263)
18	17 03 (93)	23 05 (s38)	f5 19 (271)
20	p17 29 (86)	p23 55 (s43)	6 34 (278)
21	p17 56 (78)	0 45 (s48)	7 46 (285)
22	p18 24 (72)	1 34 (s52)	8 56 (291)
23	p18 54 (66)	2 23 (s55)	10 03 (296)
24	p19 28 (62)	3 13 (s57)	11 04 (300)
25	p20 07 (59)	4 02 (s58)	11 59 (302)
26	p20 52 (58)	4 50 (s59)	12 48 (302)
27	p21 42 (59)	5 38 (s58)	13 30 (300)
28	p22 37 (61)	6 25 (s57)	14 07 (297)
29	p23 35 (64)	7 11 (s54)	14 38 (293)
30	0 37 (69)	7 57 (s51)	15 06 (288)

Październik

1	1 41 (75)	8 42 (s48)	15 32 (282)
2	2 47 (81)	9 27 (s44)	15 56 (275)
3	3 55 (88)	10 13 (s39)	16 20 (269)
4	5 05 (95)	11 00 (s35)	16 44 (261)
5	6 17 (102)	11 49 (s31)	17 11 (255)
6	7 30 (109)	12 40 (s27)	17 42 (248)
7	8 43 (115)	13 34 (s23)	18 18 (243)
8	9 54 (119)	14 30 (s21)	19 02 (239)
9	11 01 (122)	15 28 (s20)	19 54 (238)
10	11 59 (122)	16 26 (s20)	20 55 (239)
11	12 50 (120)	17 24 (s21)	22 03 (242)
12	13 32 (116)	18 20 (s24)	23 16 (246)
13	14 07 (110)	19 14 (s28)	f0 31 (253)
14	14 37 (103)	20 07 (s32)	f1 46 (260)
15	15 05 (96)	20 57 (s37)	f3 01 (267)
16	15 31 (89)	21 47 (s41)	f4 15 (275)
17	15 56 (82)	22 36 (s46)	f5 27 (282)
18	16 23 (75)	23 24 (s50)	f6 38 (289)
20	p16 52 (69)	0 14 (s53)	7 45 (294)
21	p17 25 (64)	1 03 (s56)	8 49 (298)
22	p18 02 (60)	1 53 (s58)	9 48 (301)
23	p18 45 (59)	2 42 (s59)	10 40 (302)
24	p19 33 (58)	3 31 (s58)	11 25 (301)
25	p20 26 (60)	4 18 (s57)	12 04 (299)
26	p21 23 (63)	5 04 (s55)	12 37 (295)
27	p22 23 (67)	5 50 (s53)	13 06 (290)
28	p23 26 (72)	6 35 (s49)	13 32 (285)
29	0 30 (78)	7 19 (s46)	13 57 (278)
30	1 36 (85)	8 04 (s41)	14 20 (272)
31	2 44 (92)	8 50 (s37)	14 44 (265)

Listopad

1 3 55 (99) 9 38 (s33) 15 10 (258)
 2 5 08 (106) 10 28 (s28) 15 40 (251)
 3 6 23 (113) 11 22 (s25) 16 14 (245)
 4 7 37 (118) 12 19 (s22) 16 55 (241)
 5 8 48 (121) 13 18 (s20) 17 46 (238)
 6 9 52 (122) 14 18 (s20) 18 45 (238)
 7 10 46 (121) 15 18 (s21) 19 53 (240)
 8 11 32 (117) 16 16 (s23) 21 06 (245)
 9 12 09 (112) 17 11 (s27) 22 21 (251)
 10 12 41 (105) 18 04 (s31) 23 36 (258)
 11 13 09 (98) 18 54 (s35) f0 50 (265)
 12 13 35 (91) 19 43 (s40) f2 03 (273)
 13 14 00 (84) 20 31 (s44) f3 14 (280)
 14 14 26 (77) 21 19 (s49) f4 24 (286)
 15 14 53 (71) 22 07 (s52) f5 32 (292)
 16 15 24 (66) 22 56 (s55) f6 37 (297)
 18 p15 59 (62) p23 45 (s57) 7 37 (300)
 19 p16 39 (59) 0 34 (s58) 8 32 (302)
 20 p17 25 (58) 1 23 (s59) 9 20 (302)
 21 p18 17 (59) 2 12(s58) 10 02 (300)
 22 p19 12 (61) 2 59(s56) 10 37 (297)
 23 p20 11 (65) 3 44(s54) 11 08 (292)
 24 p21 12 (70) 4 29 (s51) 11 35 (287)
 25 p22 15 (75) 5 13 (s47) 11 59 (281)
 26 p23 19 (82) 5 56 (s43) 12 22 (275)
 27 0 25 (88) 6 41 (s39) 12 45 (268)
 28 1 33 (96) 7 26 (s35) 13 10 (261)
 29 2 43 (103) 8 15 (s30) 13 36 (254)
 30 3 56 (109) 9 06 (s26) 14 08 (248)

Grudzień

1 5 11 (115) 10 01 (s23) 14 45 (243)
 2 6 25 (120) 11 00 (s21) 15 31 (239)
 3 7 34 (122) 12 01 (s20) 16 28 (238)
 4 8 35 (122) 13 03 (s20) 17 34 (239)
 5 9 27 (119) 14 05 (s22) 18 48 (243)
 6 10 09 (114) 15 03 (s25) 20 06 (248)
 7 10 44 (108) 15 59 (s29) 21 23 (255)
 8 11 14 (101) 16 51 (s34) 22 39 (263)
 9 11 40 (94) 17 41 (s38) 23 53 (270)
 10 12 06 (86) 18 29 (s43) f1 05 (278)
 11 12 31 (79) 19 17 (s47) f2 15 (284)
 12 12 57 (73) 20 04 (s51) f3 23 (290)
 13 13 26 (67) 20 52 (s54) f4 28 (295)
 14 13 59 (63) 21 41 (s57) f5 29 (299)
 15 14 37 (60) 22 29 (s58) f6 26 (301)
 16 15 20 (58) 23 18 (s59) f7 17 (302)
 18 p16 09 (58) 0 07 (s58) 8 01 (301)
 19 p17 04 (60) 0 54 (s57) 8 38 (298)
 20 p18 01 (63) 1 40 (s55) 9 11 (294)
 21 p19 02 (68) 2 25 (s52) 9 39 (289)
 22 p20 04 (73) 3 09 (s49) 10 04 (284)
 23 p21 07 (79) 3 52 (s45) 10 27 (278)
 24 p22 11 (86) 4 36 (s41) 10 50 (271)
 25 p23 16 (92) 5 20 (s37) 11 13 (264)
 26 0 23 (99) 6 05 (s33) 11 37 (258)
 27 1 33 (106) 6 53 (s29) 12 05 (251)
 28 2 45 (112) 7 45 (s25) 12 38 (246)
 29 3 57 (117) 8 40 (s22) 13 18 (241)
 30 5 09 (121) 9 39 (s20) 14 08 (238)
 31 6 15 (122) 10 41 (s20) 15 09 (238)

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

h m s	h m s	h m s
Styczeń	Luty	Marzec
1 7 59 42.6106	1 10 01 55.8486	1 11 52 19.3526
2 8 03 39.1649	2 10 05 52.3994	2 11 56 15.9027
3 8 07 35.7175	3 10 09 48.9525	3 12 00 12.4557
4 8 11 32.2692	4 10 13 45.5087	4 12 04 09.0117
5 8 15 28.8212	5 10 17 42.0679	5 12 08 05.5701
6 8 19 25.3749	6 10 21 38.6293	6 12 12 02.1296
7 8 23 21.9313	7 10 25 35.1916	7 12 15 58.6885
8 8 27 18.4911	8 10 29 31.7528	8 12 19 55.2454
9 8 31 15.0543	9 10 33 28.3115	9 12 23 51.7993
10 8 35 11.6195	10 10 37 24.8666	10 12 27 48.3500
11 8 39 08.1848	11 10 41 21.4184	11 12 31 44.8981
12 8 43 04.7482	12 10 45 17.9677	12 12 35 41.4447
13 8 47 01.3082	13 10 49 14.5159	13 12 39 37.9911
14 8 50 57.8644	14 10 53 11.0643	14 12 43 34.5384
15 8 54 54.4176	15 10 57 07.6140	15 12 47 31.0875
16 8 58 50.9689	16 11 01 04.1655	16 12 51 27.6386
17 9 02 47.5198	17 11 05 00.7190	17 12 55 24.1918
18 9 06 44.0714	18 11 08 57.2743	18 12 59 20.7466
19 9 10 40.6244	19 11 12 53.8309	19 13 03 17.3023
20 9 14 37.1793	20 11 16 50.3883	20 13 07 13.8584
21 9 18 33.7361	21 11 20 46.9457	21 13 11 10.4141
22 9 22 30.2945	22 11 24 43.5024	22 13 15 06.9686
23 9 26 26.8542	23 11 28 40.0576	23 13 19 03.5215
24 9 30 23.4145	24 11 32 36.6108	24 13 23 00.0722
25 9 34 19.9745	25 11 36 33.1617	25 13 26 56.6209
26 9 38 16.5335	26 11 40 29.7105	26 13 30 53.1679
27 9 42 13.0907	27 11 44 26.2578	27 13 34 49.7141
28 9 46 09.6458	28 11 48 22.8047	28 13 38 46.2609
29 9 50 06.1986		29 13 42 42.8097
30 9 54 02.7494		30 13 46 39.3615
31 9 57 59.2990		31 13 50 35.9166

Kwiecień

1 13 54 32.4745
2 13 58 29.0338
3 14 02 25.5928
4 14 06 22.1501
5 14 10 18.7047
6 14 14 15.2562
7 14 18 11.8051
8 14 22 08.3524
9 14 26 04.8992
10 14 30 01.4466
11 14 33 57.9956
12 14 37 54.5467
13 14 41 51.1000
14 14 45 47.6551
15 14 49 44.2115
16 14 53 40.7685
17 14 57 37.3253
18 15 01 33.8814
19 15 05 30.4359
20 15 09 26.9886
21 15 13 23.5394
22 15 17 20.0884
23 15 21 16.6363
24 15 25 13.1843
25 15 29 09.7337
26 15 33 06.2860
27 15 37 02.8420
28 15 40 59.4012
29 15 44 55.9626
30 15 48 52.5243

Maj

1 15 52 49.0844
2 15 56 45.6418
3 16 00 42.1961
4 16 04 38.7476
5 16 08 35.2973
6 16 12 31.8462
7 16 16 28.3956
8 16 20 24.9463
9 16 24 21.4990
10 16 28 18.0538
11 16 32 14.6106
12 16 36 11.1690
13 16 40 07.7281
14 16 44 04.2873
15 16 48 00.8459
16 16 51 57.4032
17 16 55 53.9588
18 16 59 50.5124
19 17 03 47.0642
20 17 07 43.6148
21 17 11 40.1650
22 17 15 36.7160
23 17 19 33.2692
24 17 23 29.8259
25 17 27 26.3862
26 17 31 22.9496
27 17 35 19.5142
28 17 39 16.0779
29 17 43 12.6389
30 17 47 09.1966
31 17 51 05.7510

Czerwiec

1 17 55 02.3032
2 17 58 58.8542
3 18 02 55.4054
4 18 06 51.9577
5 18 10 48.5118
6 18 14 45.0680
7 18 18 41.6262
8 18 22 38.1859
9 18 26 34.7466
10 18 30 31.3076
11 18 34 27.8680
12 18 38 24.4272
13 18 42 20.9848
14 18 46 17.5404
15 18 50 14.0941
16 18 54 10.6463
17 18 58 07.1978
18 19 02 03.7496
19 19 06 00.3029
20 19 09 56.8590
21 19 13 53.4186
22 19 17 49.9816
23 19 21 46.5468
24 19 25 43.1123
25 19 29 39.6758
26 19 33 36.2359
27 19 37 32.7923
28 19 41 29.3457
29 19 45 25.8974
30 19 49 22.4488

Lipiec

1 19 53 19.0011
2 19 57 15.5549
3 20 01 12.1107
4 20 05 08.6685
5 20 09 05.2279
6 20 13 01.7884
7 20 16 58.3492
8 20 20 54.9096
9 20 24 51.4689
10 20 28 48.0265
11 20 32 44.5822
12 20 36 41.1358
13 20 40 37.6878
14 20 44 34.2387
15 20 48 30.7895
16 20 52 27.3414
17 20 56 23.8955
18 21 00 20.4525
19 21 04 17.0128
20 21 08 13.5757
21 21 12 10.1398
22 21 16 06.7031
23 21 20 03.2636
24 21 23 59.8204
25 21 27 56.3736
26 21 31 52.9244
27 21 35 49.4743
28 21 39 46.0246
29 21 43 42.5763
30 21 47 39.1299
31 21 51 35.6855

Sierpień

1 21 55 32.2428
2 21 59 28.8012
3 22 03 25.3602
4 22 07 21.9188
5 22 11 18.4765
6 22 15 15.0327
7 22 19 11.5869
8 22 23 08.1390
9 22 27 04.6892
10 22 31 01.2382
11 22 34 57.7869
12 22 38 54.3362
13 22 42 50.8873
14 22 46 47.4411
15 22 50 43.9978
16 22 54 40.5571
17 22 58 37.1180
18 23 02 33.6789
19 23 06 30.2380
20 23 10 26.7940
21 23 14 23.3463
22 23 18 19.8957
23 23 22 16.4434
24 23 26 12.9911
25 23 30 09.5399
26 23 34 06.0906
27 23 38 02.6433
28 23 41 59.1979
29 23 45 55.7539
30 23 49 52.3105
31 23 53 48.8671

Wrzesień

1 23 57 45.4230
2 0 01 41.9775
3 0 05 38.5302
4 0 09 35.0808
5 0 13 31.6295
6 0 17 28.1767
7 0 21 24.7234
8 0 25 21.2705
9 0 29 17.8192
10 0 33 14.3704
11 0 37 10.9245
12 0 41 07.4812
13 0 45 04.0397
14 0 49 00.5985
15 0 52 57.1561
16 0 56 53.7112
17 1 00 50.2631
18 1 04 46.8120
19 1 08 43.3588
20 1 12 39.9050
21 1 16 36.4520
22 1 20 33.0007
23 1 24 29.5516
24 1 28 26.1047
25 1 32 22.6594
26 1 36 19.2150
27 1 40 15.7709
28 1 44 12.3263
29 1 48 08.8806
30 1 52 05.4333

Październik

1 1 56 01.9841
2 1 59 58.5331
3 2 03 55.0804
4 2 07 51.6269
5 2 11 48.1736
6 2 15 44.7217
7 2 19 41.2722
8 2 23 37.8258
9 2 27 34.3822
10 2 31 30.9407
11 2 35 27.4999
12 2 39 24.0581
13 2 43 20.6141
14 2 47 17.1673
15 2 51 13.7175
16 2 55 10.2656
17 2 59 06.8127
18 3 03 03.3602
19 3 06 59.9092
20 3 10 56.4604
21 3 14 53.0138
22 3 18 49.5692
23 3 22 46.1260
24 3 26 42.6833
25 3 30 39.2405
26 3 34 35.7967
27 3 38 32.3516
28 3 42 28.9047
29 3 46 25.4560
30 3 50 22.0057
31 3 54 18.5543

Listopad

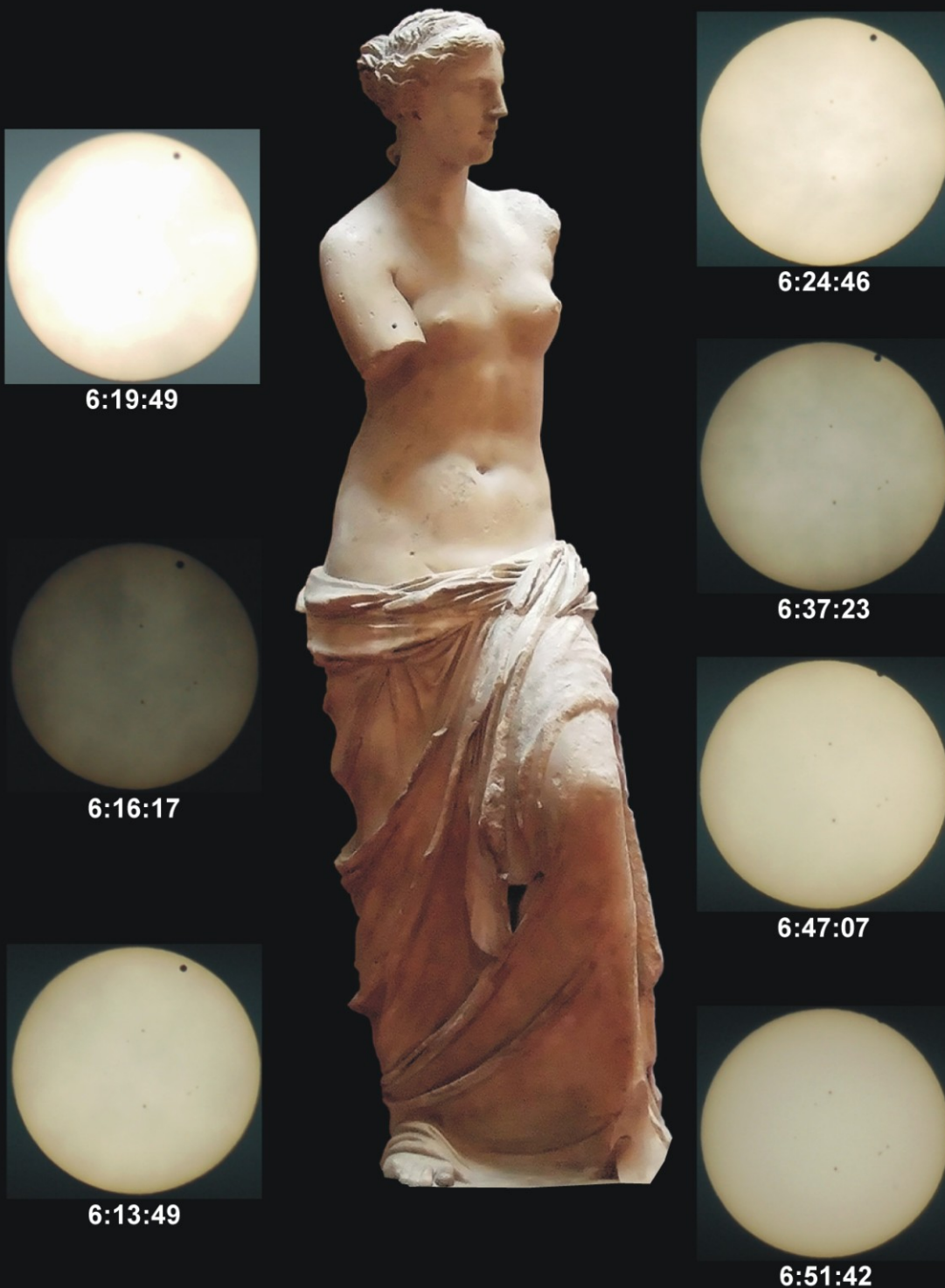
1 3 58 15.1027
2 4 02 11.6522
3 4 06 08.2038
4 4 10 04.7586
5 4 14 01.3166
6 4 17 57.8773
7 4 21 54.4392
8 4 25 51.0005
9 4 29 47.5597
10 4 33 44.1160
11 4 37 40.6693
12 4 41 37.2203
13 4 45 33.7701
14 4 49 30.3199
15 4 53 26.8710
16 4 57 23.4240
17 5 01 19.9793
18 5 05 16.5367
19 5 09 13.0957
20 5 13 09.6556
21 5 17 06.2155
22 5 21 02.7748
23 5 24 59.3328
24 5 28 55.8891
25 5 32 52.4436
26 5 36 48.9965
27 5 40 45.5481
28 5 44 42.0991
29 5 48 38.6506
30 5 52 35.2038

Grudzień

1 5 56 31.7597
2 6 00 28.3189
3 6 04 24.8814
4 6 08 21.4460
5 6 12 18.0108
6 6 16 14.5738
7 6 20 11.1338
8 6 24 07.6904
9 6 28 04.2441
10 6 32 00.7963
11 6 35 57.3481
12 6 39 53.9009
13 6 43 50.4553
14 6 47 47.0119
15 6 51 43.5706
16 6 55 40.1309
17 6 59 36.6923
18 7 03 33.2539
19 7 07 29.8150
20 7 11 26.3749
21 7 15 22.9331
22 7 19 19.4895
23 7 23 16.0441
24 7 27 12.5971
25 7 31 09.1494
26 7 35 05.7016
27 7 39 02.2548
28 7 42 58.8101
29 7 46 55.3683
30 7 50 51.9298
31 7 54 48.4941

Część druga
(dydaktyczno–informacyjna)

Tranzyt Wenus na tle tarczy Słońca - Częstochowa 2012



Praca nadesłana na konkurs astrofotograficzny „Tranzyt Wenus”.
Autorem obserwacji i kompozycji jest Maciej Nikiel z Częstochowy.

Częstochowska aktywność astronomiczna 2012

Bogdan Wszolek

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Obrony prac



Mgr Piotr Plaszczyk



Mgr Tomasz Nowak

W dniu 12 stycznia Tomasz Nowak zdał egzamin magisterski z fizyki w częstochowskiej AJD prezentując pracę „Poszukiwanie międzygwiazdowych struktur absorpcyjnych w kierunku gwiazdy HD210839”, wykonaną pod opieką dr. Bogdana Wszółka.

Dnia 18 września Piotr Plaszczyk, częstochowianin, uzyskał w Uniwersytecie Jagiellońskim tytuł magistra astronomii na podstawie pracy „Inwarianty Carminatiego-McLenaghana; procedury obliczeniowe w języku Mathematica wraz z zastosowaniem do środkowosymetrycznych modeli kosmologicznych”, wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzeja Woszczyzny.

Spotkania astronomiczne w Planetarium

Tradycyjnie w środy o godzinie 19-tej odbywały się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD spotkania częstochowskich sympatyków astronomii i astronautyki. W ciągu roku zrealizowano 36 spotkań, przy średniej frekwencji 20 osób. Odczyty prezentowali w większości częstochowscy miłośnicy astronomii – najczęściej: Bogdan Wszolek, Waldemar Zwierzchlejski i Maria Płomińska. Jednorazowo wystąpili też: Magdalena Biernacka, Kazimierz Błaszczak, Artur Leśniczek, Tomasz Kisiel, Adam Strzelecki. Gościnnie wystąpili: Francis i Yoko Oger (Francja) oraz Kinga Raczyńska.

Biblioteka astronomiczna

Biblioteczka Metlerowców wzbogaciła się w roku 2012 o kilka nowych książek oraz o kolejne numery prenumerowanej Uranii-PA. Zawiera już kilkadziesiąt wartościowych książek o tematyce astronomicznej oraz kilka tytułów czasopism, w tym niemalże kompletny 90-letni ciąg czasopisma Urania. Z wypożyczalni, obsługiwanej przez Sabinę Zabielską i Agnieszkę Dymarek, skorzystało zaledwie kilku miłośników astronomii - szkoda, że nie kilkudziesięciu. Biblioteka elektronicznych publikacji, na stronach www.ptma.ajd.czyst.pl oraz www.astronomianova.org zawiera też coraz więcej pozycji. W szczególności przybyły książki „Astronomia” autorstwa Konrada Rudnickiego oraz „Człowiek i Wszechświat” pod redakcją B. Wszółka, A. Kuźmich i M. Jamrozego.

Z astronomią do publiczności

Wzorem lat ubiegłych, w roku 2012 ciężar oświecania społeczeństwa Częstochowy w zakresie astronomii i astronautyki spoczywał głównie na Instytucie Fizyki AJD oraz na Stowarzyszeniu Astronomia Nova. Oprócz możliwości korzystania z odpłatnych usług Planetarium, społeczność częstochowska mogła uczestniczyć nieodpłatnie w regularnych środowowych spotkaniach astronomicznych organizowanych w Planetarium, w wykładach publicznych z astronomii głoszonych kilkakrotnie w Ratuszu Miejskim (Bogdan Wszółek), w wielu publicznych akcjach obserwacyjnych, np. obserwacjach tranzytu Wenus, obserwacjach meteorów oraz teleskopowych pokazach Księżyca i planet organizowanych od niedawna na Placu Biegańskiego przez Astronomię Nową we współpracy z AJD. W te miejskie pokazy, zainicjowane przez Bogdana Wszółka i cieszące się wielkim zainteresowaniem przechodniów, zaangażowali się szczególnie: Magdalena Biernacka, Artur Leśniczek i Waldemar Zwierzchlejski.

Walne zebranie Astronomii Novej

W dniu 21 kwietnia w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie odbyło się walne zebranie Astronomii Novej (AN) połączone z sesją naukową „Zmienność obiektów astronomicznych”. Podczas sesji wygłosili referaty:

Konrad Rudnicki (UJ) – Jak „brzytwa Ockhama” na sto lat zahamowała rozwój astronomii pozagalaktycznej

Stanisław Zoła (UJ) – Zmienność optyczna układów z dyskami akrecyjnymi

Grzegorz Michałek (UJ) – Ecce ecopoiesis, czyli zabawa w Pana Boga na Marsie

Adam Michalec (UJ) – Słońce – gwiazda zmienna

Stanisław Świerczyński (PTMA) - Miłośnicze obserwacje gwiazd zmiennych

Bogdan Wszółek (AJD) – Tranzyty Wenus

Podczas zebrania przyjęto ośmioro nowych członków w poczet AN, w tym kilkoro astronomów z Odessy. Powołano też do życia dwa koła AN, w Odessie i Wieruszowie. Koło w Odessie tworzy piątka znakomitych astronomów,

członków AN: Ivan L. Andronov, Vitalii V. Breus, Lidia L. Chinarova, Larisa S. Kudashkina oraz Natalia A. Virnina. Prężne koło w Wieruszowie prowadzi Kazimierz Błaszczak.

Goście z Paryża

W dniach od 26 kwietnia do 3 maja, na zaproszenie dr. Bogdana Wszółka, odwiedzili Częstochowę Państwo Oger: Francis – Sekretarz Generalny Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego oraz jego żona – Yoko. Głównym celem ich wizyty było zebranie i uporządkowanie informacji o księdzu Bonawenturze Metlerze i jego współpracy z osławionym francuskim popularyzatorem astronomii – Kamilem Flammarionem. W pierwszym dniu goście spotkali się w Planetarium z częstochowskimi miłośnikami astronomii



Państwo Francis i Yoko Oger z częstochowskimi miłośnikami astronomii (fot. B. Wszółek)

głosząc wykład „Flammarion, Metler i Siostry Szarytki”. Nadto zwiedzili w Częstochowie wszystkie miejsca związane z Metlerem, w tym dzisiejsze „Multicentrum”, mieszczące się w odnowionym wcześniejszym obserwatorium astronomicznym, założonym i kierowanym przez Metlera, i odbyli długie spotkanie robocze z Bogdanem Wszółkiem poświęcone wymianie informacji dotyczących działalności Metlera w Polsce i we Francji. W drugim dniu wizyty, pilotowani przez Magdalенę i Bogdana Wszółków, goście odbyli wycieczkę do Parzymiech, gdzie Metler był proboszczem i popularyzował astronomię w ostatnich latach swojego życia. Tam gości przywitano nadspodziewanie serdecznie. Dyrektor Gimnazjum im. ks. Bonawentury Metlera, Pan Andrzej Kiepura, zorganizował specjalną mini sesję metlerowską z udziałem m.in.: ks. Tadeusza Klimowicza - proboszcza parafii Parzymiechy, mgr Bożeny Wieloch – wójt gminy Parzymiechy, nauczycieli i uczniów. Podczas sesji wygłoszono kilka przemówień i wykładów, przestudiowano wystawę zgromadzonych w Parzymiechach pamiątek po Metlerze – w tym oryginalną lunetę Metlera przechowywaną na miejscowej plebanii, zaprezentowano uczniowską inscenizację poświęconą Metlerowi – patronowi szkoły, pod przewodnictwem ks. Tadeusza Klimowicza dokonano wizji lokalnej wszystkich

ważnych miejsc związanych z Metlerem – w tym odwiedziono grób Metlera. Uczestników sesji ks. Tadeusz Klimowicz ugościł na plebanii uroczystym obiadem, podczas którego poruszono wiele wątków dotyczących działalności i śmierci Metlera, które są wciąż jeszcze w żywej pamięci miejscowej ludności.



Francis i Yoko Oger oraz Magdalena Wszółek na skałkach w Olsztynie k. Częstochowy.
(fot. B.Wszółek)



Państwo Oger w towarzystwie B.Wszółka przy zabytkowym kościółku
w Rzepienniku Biskupim. (fot. M.Wszółek)

W dalszych dniach wizyty, przypadających na długi majowy weekend, goście pozostawali pod wyłączną opieką Magdaleny i Bogdana Wszółków. Zwiedzali najciekawsze miejsca Jury, po czym przemieścili się do Rzepiennika Biskupiego, na Podkarpaciu, skąd uczestniczyli w wielu lokalnych wycieczkach krajoznawczych. W szczególności odwiedzili prywatne obserwatorium astronomiczne im. św. Jadwigi Królowej. W wolniejszych chwilach kontynuowano zapoczątkowane w Częstochowie dyskusje dotyczące Metlera i przygotowano publikację do francuskiego czasopisma „L’Astronomie” wydawanego przez Francuskie Towarzystwo Astronomiczne – założone jeszcze przez legendarnego Kamila Flammariona. Polską wersję ważniejszych treści tego artykułu zamieszczono na stronie 95 niniejszego kalendarza.

Jednym z ważniejszych owoców wizyty jest fakt, że oboje Państwo Oger zechcieli wstąpić w szeregi Astronomii Novej, by w Paryżu założyć koło tego, rodem z Częstochowy, astronomicznego stowarzyszenia. Nadto zaproponowali Bogdanowi Wszółkowi wstąpienie do Société astronomique de France (SAF) dla przejęcia funkcji członka korespondenta na Polskę. Od września 2012 roku jest on członkiem (Nr 39188C) tego słynnego towarzystwa flammarijonowskiego, do którego należał onegdaj sam Metler.

Astrophisica Nova

W dniach 11-12 maja w Planetarium Instytutu Fizyki AJD odbyła się już czwarta międzynarodowa Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych z serii „Astrophisica Nova”. Zorganizowali ją: Bogdan Wszółek z Instytutu fizyki AJD oraz Agnieszka Kuźmich z Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie. Doraźnej pomocy udzielili organizatorom studenci: Katarzyna Filipecka, Karolina Ordon i Jacek Jaskulski. Imprezę, oprócz macierzystych uczelni organizatorów, wspomagały finansowo: Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii oraz Astronomia Nova. W konferencji wzięło udział ponad 70 osób. Zaprezentowano 25 wykładów i 10 plakatów. W części czwartej tego kalendarza zamieszczono treści większości wystąpień. Konferencji towarzyszyły seanse w planetarium, inscenizacja o Metlerze w wykonaniu uczniów Gimnazjum im. ks. B. Metlera w Parzymiechach, zwiedzanie miasta i Jasnej Góry oraz spotkanie integracyjne przy gitarze.



Grupa teatralna z Parzymiech po występie dla uczestników konferencji. (fot. M. Wszółek)

Narlikar w Krakowie

Dnia 1 czerwca gościł w Krakowie, na zaproszenie Polskiej Akademii Umiejętności (PAU), światowej sławy hinduski astrofizyk – Jayant Vishnu Narlikar, specjalista od kosmologii „Steady-State” (teoria Hoyle-Narlikar). Na wykład „The Case for an Alternative Cosmology” przybyło wiele ważnych osobistości spośród krakowskich fizyków, astronomów i filozofów. W gronie słuchaczy było również troje astronomów częstochowskich: Agnieszka Kuźmich, Piotr Plaszczyk i Bogdan Wszolek. Prof. Narlikar otrzymał od nich fotografię upamiętniającą tranzyt Wenus z roku 2004 w Częstochowie. Sam, odwzajemnił się autografami na polskim tłumaczeniu swojej książki: „Struktura Wszechświata”.



Yant Narlikar w towarzystwie Agnieszki Kuźmich i Bogdana Wszółka. (fot. P.Plaszczyk)

Tranzyt Wenus

6 czerwca miało miejsce wyjątkowo rzadkie zjawisko astronomiczne – przejście planety Wenus na tle tarczy Słońca. W Częstochowie, mimo problemów z pogodą, udało się udokumentować zjawisko oraz przeprowadzić pokazy publiczne. Szczegółowe sprawozdanie z częstochowskich obserwacji tranzytu zawierają osobne relacje (str. 67 i 121 niniejszego kalendarza).



Zdjęcie tranzytu wykonane na Złotej Górze w Częstochowie.
(fot. P.Ficek i B.Wszolek)

Konkursy astronomiczne

W minionym roku zorganizowano w Instytucie Fizyki AJD trzy konkursy:

a) IX Okręgowy Konkurs Astronomiczny „URANIA”

Główny organizator – Bogdan Wszolek

Osoby wspomagające – Magdalena Biernacka, Agnieszka Debudej
i Karolina Ordon

Wyniki konkursu (szersza wersja dostępna na stronie www.ptma.ajd.czyst.pl)

- I miejsca – Juszczyk Martyna (V LO w Częstochowie),
Ogorzelski Filip (Gimn. JP II w Wieruszowie)
- II miejsca – Mieszala Przemysław (LO w Wieruszowie)
Michalak Agnieszka (Gimn. JP II w Wieruszowie)
Tomaszek Mikołaj (Gimn. JP II w Wieruszowie)
- III miejsca – Dąbek Agata (ZSP w Wieruszowie)
Cłapa Marcelina (Gimn. JP II w Wieruszowie)

Nagrody ufundowali:

Astronomia Nova (dotacja z Ministerstwa) – książki (wartość 2000 zł.)

Polskie Towarzystwo Astronomiczne – książki i zeszyty Uranii (wartość 500 zł.)

Wieruszowskie Koło Astronomii Novej – książki (wartość ok. 400 zł.)

J.M. Rektor AJD w Częstochowie – książki (wartość 200 zł.)

Starostwo Powiatu Częstochowskiego (500 złotych na książki)

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii – książki (wartość 300 zł.)

Organizatorzy konkursu wyrażają szczególne uznanie dla Wieruszowskiego Koła Astronomii Novej, kierowanego przez Pana Kazimierza Błaszczaka, za wspaniałe przygotowanie młodzieży do konkursu.



Finaliści i organizatorzy konkursu astronomicznego URANIA IX (fot. B. Wszolek)

b) II Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”

Główny organizator – Bogdan Wszolek

Osoby wspomagające – Magdalena Biernacka, Agnieszka Dymarek,
Karolina Ordon i Sabina Zabielska

Szczegółowe wyniki konkursu zostały zamieszczone na stronie:

www.astronomianova.org

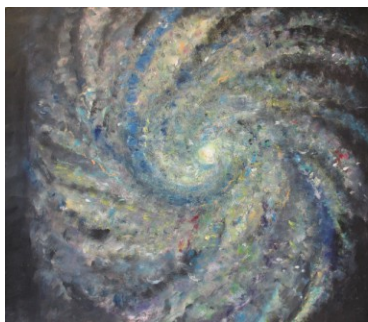
W konkursie wzięło udział łącznie 144 osoby, w tym jedna z USA. W różnych kategoriach jury przyznało 35 pierwszych, 19 drugich i 24 trzecich miejsc oraz 66 wyróżnień. Wszyscy uczestnicy otrzymali dyplomy i nagrody. Na konkurs nadesłano prace artystyczne różnego rodzaju – prace plastyczne, instalacje, wiersze, fotografie, filmy oraz piosenki. W każdym rodzaju twórczości można było wyłonić prace wyróżniające się na tle pozostałych. W kategorii piosenek urzekł szczególnie refren piosenki zespołu szkolnego „Heweliuszki” z Jarosławia:

Zostań nowym Kopernikiem,
Zamień nudę na fizykę.
Zostań nowym Heweliuszem,
Rozbudź w sobie gwiazdną duszę.

Przykłady konkursowych prac plastycznych:



Julia Morta



Mateusz Bajor



Agata Kołodziejczyk

Nagrody ufundowali:

Astronomia Nova (dotacja z Ministerstwa) – książki (wartość 2300 zł.)

Polskie Towarzystwo Astronomiczne – książki i zeszyty Uranii-PA (wartość 1000 zł.)

J.M. Rektor Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie – książki (wartość 500 zł.)

Wieruszowskie Koło Astronomii Novej – książki (wartość 400 zł.)

c) I Konkurs Astrofotografii „Tranzyt Wenus”

Główny organizator – Bogdan Wszolek

Osoba wspomagająca – Magdalena Biernacka

Kilkunastu autorów nadesłało kilkadziesiąt pięknych zdjęć dokumentujących tranzyt Wenus, jaki wystąpił w dniu 6 czerwca 2012. Uczestnicy otrzymali

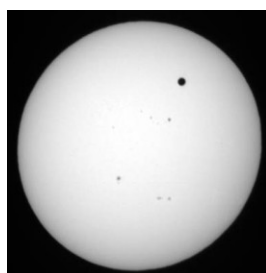
dyplomy i nagrody książkowe ufundowane przez Prezesa Astronomii Novej.
Poniżej zamieszczamy przykładowe fotografie konkursowe.



H. Dróżdź



P. Ficek



T. Kondracki



A. Leśniczek



Koło Astronomii Novej w Wieruszowie

Wyniki konkursu:

I miejsca: Koło AN w Wieruszowie, Hubert Dróżdź, Paweł Ficek

II miejsca: Artur Leśniczek, Tytus Kondracki, Maciej Nikiel

III miejsca: Paweł Górka, Larisa Kudashkina, Marek Nowak, Adrian Świątek,
Mateusz Wiśniewski



Zwycięzcy i organizatorzy konkursu „Tranzyt Wenus”. (fot. A.Dymarek)

Forum Młodych

Dnia 15 czerwca na Wydziale Matematyczno Przyrodniczym AJD w Częstochowie odbyło się VIII Interdyscyplinarne Seminarium Studenckie „Forum Młodych Nauki”. Studenci i miłośnicy astronomii kierowani przez dr. Bogdana Wszółkę zaprezentowali kilka prac:

Katarzyna Filipecka – Spektroskopia ramanowska SERS jako metoda detekcji cząsteczek organicznych

Artur Leśniczek – Astrofotografia w Częstochowie

Arkadiusz Ozimek, Sławomir Kotlewski – Tranzyt Wenus

Agnieszka Debudej, Joanna Florczyk i Bogdan Wszółek – Osobliwości materii międzygwiazdowej w kierunku gwiazdy HD199579



Od lewej: Sławomir Kotlewski, Arkadiusz Ozimek, Katarzyna Filipecka, Bogdan Wszółek.
(fot. B.Wszółek)

Pokazy na mieście

W minionym roku przeprowadzono kilka pokazów teleskopowych nieba na Placu Biegańskiego w Częstochowie. W organizację włączył się Instytut Fizyki AJD oraz częstochowscy miłośnicy astronomii – głównie: Magdalena Biernacka, Artur Leśniczek i Waldemar Zwierzchlejski. Zainteresowanie publiczności tymi pokazami było bardzo duże. Setki przechodniów mogły zobaczyć przez lunetę, np. Księżyc, po raz pierwszy w życiu.

Radioteleskopy z Psar

Z czterech radioteleskopów (RT) uratowanych od zniszczenia w Psarach w 2010 roku (patrz np.: CKA2011 str. 87), dwa są już w trakcie budowy.

W Rzepienniku Biskupim na Podkarpaciu, w budowanym tam prywatnym obserwatorium astronomicznym im. św. Jadwigi Królowej, zbudowano antenę oznaczaną RT-9, jako najnowocześniejszą w Polsce. Jedna z anten, oznaczanych jako RT-13 (bo 13 metrowa średnica czaszy), jest budowana w Częstochowie. Staje się tu symbolem nowoczesności i postępu. Jest to trzeci co do wielkości radioteleskop w Polsce. Budowie teleskopów pochodzących z Psar patronuje Astronomia Nova. Więcej informacji czytelnik znajdzie w artykułach na stronach 73 i 85 tego kalendarza.



RT-9 z Psar zbudowany na nowo w Rzepienniku Biskupim. Instrument został wykonany przez amerykańską firmę Scientific Atlanta w roku 1999. W 2010 został zdemontowany w Psarach przez Bogdana Wszółka i przez niego zbudowany na nowym miejscu w 2012. (fot. B. Wszółek)



RT-13 z Psar budowany w Częstochowie. (fot. B. Wszółek)

Konferencja w Niepołomicach

W dniach 19-21 września w Niepołomicach odbyła się V Międzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie”. Dr Bogdan Wszolek wygłosił tam do nauczycieli dwa wykłady, traktujące o częstochowskich obserwacjach tranzytów Wenus oraz o działalności założonego w Częstochowie Stowarzyszenia Astronomia Nova. Konferencji towarzyszyły warsztaty astronomiczne, seanse planetaryjne oraz wycieczka autokarowa do Obserwatorium Astronomicznego im. Tadeusza Banachiewicza na górze Lubomir, w gminie Wiśniowa (niedaleko Myślenic).



Obserwatorium astronomiczne na Lubomirze. (fot. B.Wszolek)

W planetarium o Majach

Dnia 7 listopada wystąpiła gościnnie dla częstochowskich miłośników astronomii Pani Kinga Raczyńska, wygłaszając referat: „Czas Majów”. Rozwiała m.in. wątpliwości dotyczące przepowiadanego przez niektórych „końca świata” w dniu 21 grudnia 2012. Streszczenie wykładu jest zamieszczone na str. 117 niniejszego kalendarza.



Pani Kinga Raczyńska, częstochowska pasjonatka kultury Majów. (fot. B.Wszolek)

Zaćmienie Słońca

Wieczorem 13 listopada w Planetarium Instytutu Fizyki AJD mgr Magdalena Biernacka zorganizowała transmisję internetową z obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca w Australii. Transmisję obejrzało kilkadziesiąt osób, w tym wielu uczniów częstochowskich szkół ponadgimnazjalnych.

Konferencja SpaceUp

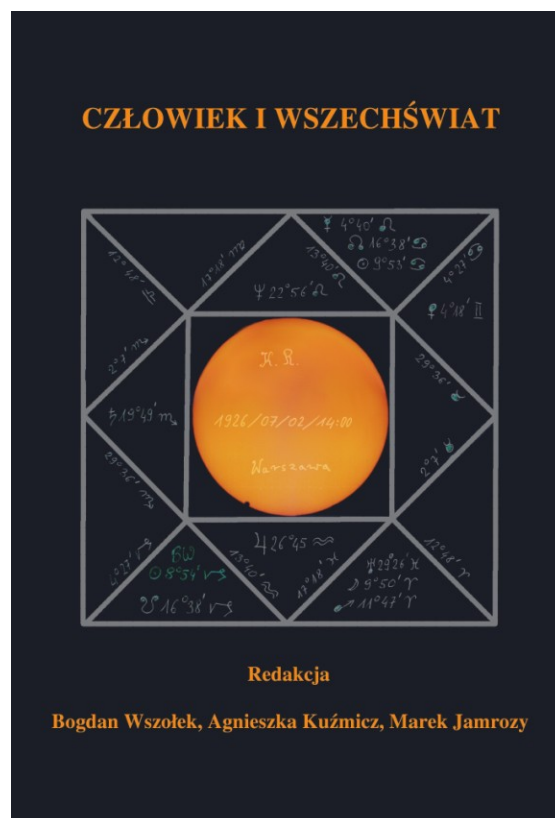
W dniach 24-25 listopada odbyła się w Warszawie międzynarodowa Konferencja SpaceUp. Tematyka prezentacji skupiona była na możliwościach udziału Polski w projektach ESA. Stowarzyszenie Astronomia Nova było reprezentowane na konferencji przez dr Agatę Kołodziejczyk, która przedstawiła możliwość uruchomienia RT-9 w Rzepienniku Biskupim na potrzeby naziemnej stacji obsługi polskich sztucznych satelitów Ziemi.

Spotkanie przedświąteczne w planetarium

19 grudnia odbyło się ostatnie w 2012 roku spotkanie środowe częstochowskich miłośników astronomii. Przybyli na nie głównie „Metlerowcy” oraz członkowie Astronomii Novej. Byli też członkowie studenckich sekcji astronomicznych oraz niezrzeszeni sympatycy astronomii. Kilkadziesiąt zebranych osób najpierw oglądało w planetarium seans „Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej”, później, przy choince, składało sobie nawzajem życzenia.

Człowiek i Wszechświat

W grudniu ukazała się drukiem długo wyczekiwana książka podsumowująca Sesję „Człowiek i Wszechświat”, którą zorganizowała Astronomia Nova wraz z Uniwersytetem Jagiellońskim w celu uhonorowania Konrada Rudnickiego, kapłana i naukowca w jednej osobie, w 85-tą rocznicę jego urodzin. Książka zawiera szereg wspaniałych artykułów z różnych dziedzin, obejmujących zakres bezpośrednich zainteresowań Jubilata. Została wydana wspólnym staraniem Astronomii Nowej, UJ oraz AJD w Częstochowie. Wersja elektroniczna książki jest do pobrania na stronie: www.astronomianova.org (nowości), a wersja papierowa jest do nabycia w sklepiku w budynku AJD przy ulicy Waszyngtona 4/8.

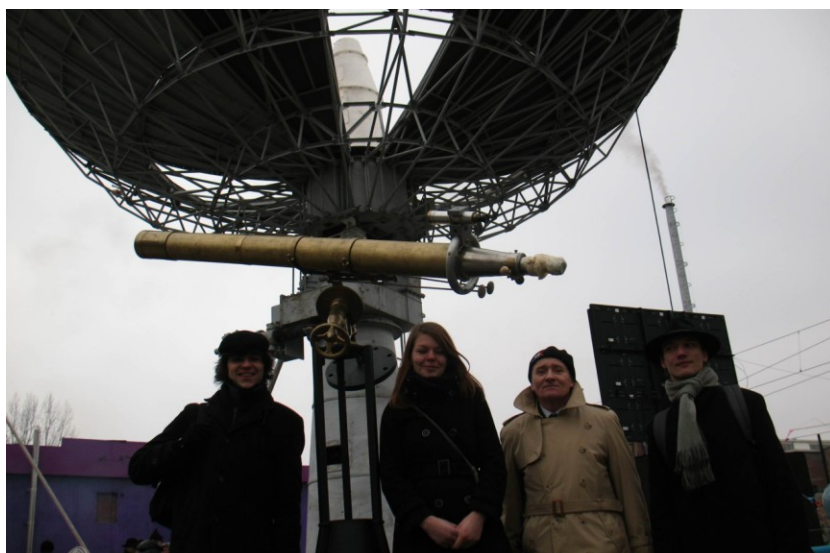


Piknik pod częstochowskim RT-13

21 grudnia, pod powstałym w Częstochowie radioteleskopem, zebrali się częstochowscy miłośnicy astronomii, oraz inne osoby wrażliwe na sprawy dotyczące Kosmosu, by dokonać refleksji nad wynikającą z kalendarza Majów datą przejścia ludzkości w nową „erę kosmiczną”, nazywaną też kolejnym „światem”. W miłej atmosferze, stworzonej przez Pana Marka Peliana - właściciela radioteleskopu, zastanawiano się nad tym co może oznaczać dla ludzkości to przejście w nowy cykl. Z naukowego punktu widzenia nie należy spodziewać się niczego nadzwyczajnego. Zdarzenie jest naturalną konsekwencją przyjęcia ustalonych zasad rachuby czasu. Przypomina znane wszystkim przejście między starym a nowym rokiem. Skoro jednak świętuje się to przejście, to tym bardziej warto było odnotować moment przejścia (wg kalendarza Majów) od starego roku platońskiego (trwającego prawie 26 tysięcy lat jednego cyklu precesyjnego Ziemi) do nowego. W tym kontekście podnoszono też problem „Ery Wodnika” i zastanawiano się, czy nadchodzi ona równocześnie z przejściem u Majów w następny „świat”. Udzielono wielu wywiadów mediom. Piknik trwał od godziny 12:12 aż do 21:12. Cały czas paliło się ognisko, z którego ciepła chętnie korzystano przy mroźnej pogodzie. Każdy mógł też pokrzepić się gorącą herbatą. Astronomiczny dyżur przy RT-13 sprawował dr Bogdan Wszolek oraz kilkoro częstochowskich członków Astronomii Novej. Dyżur wspomagali też członkowie Koła Naukowego Studentów Astronomii UJ (Sebastian Kurowski, Dajana Olech i Bartosz Śmierciak) oraz Mateusz Malenta – częstochowianin, studiujący astronomię w Manchesterze.



RT-13 w Częstochowie
(fot. A.Leśniczek)



Pod RT-13 i przy lunecie Metlera.
Od lewej: Sebastian Kurowski, Dajana Olech,
Bogdan Wszolek i Bartosz Śmierciak. (fot. M.Malenta)

Radość o poranku z Wenus

Magdalena Biernacka

Instytut Fizyki, Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

W środę 06.06.2012 o świcie, planeta Wenus przechodziła na tle tarczy Słońca. Była to jedyna szansa zobaczenia zjawiska na własne oczy dla tych, którzy nie widzieli tranzytu z 2004 roku. Dwa dni później, w piątek, rozpoczął się w Polsce długo oczekiwany turniej piłki nożnej EURO 2012 i chociaż nasza drużyna ostatecznie nie wyszła z grupy, to dostarczyła kibicom wielu niezapomnianych wrażeń.



Tranzyt Wenus i EURO 2012
na okładce *Uranii-PA*.

Przerwa na kawę podczas publicznych obserwacji
tranzytu Wenus w Instytucie Fizyki AJD. Od lewej:
Magdalena Biernacka i Julita Ozga. (fot. M. Gonera)

Dzień przejścia Wenus rozpoczęłam bardzo wcześnie, bo w środku nocy. Wstać trzeba było już o 3-ciej rano, ale pomimo kilku godzin snu, wcale nie czułam się zmęczona. Przygotowanie do tak wyjątkowego wydarzenia zapewniało mi wysoki poziom adrenaliny. Cały czas bowiem myślałam o pogodzie. Czy uda się przegonić czarne chmury nad Częstochową zapowiadane uparcie we wszystkich prognozach pogody? Dodatkowo świadomość, że w naszym życiu nie będziemy już mieli możliwości oglądania tego zjawiska na żywo, potęgowały we mnie oczekiwanie i nadzieję na udaną obserwację. Tuż przed czwartą rano zmierzałam w kierunku planowanego miejsca obserwacji w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie. Na wschodzie, spomiędzy ciemnej warstwy chmur, widać już było różową poświatę. Przed nami było jednak jeszcze pół godziny do wschodu Słońca i godzina do otwarcia obserwacji dla publiczności. Na miejscu organizatorzy pojawili się punktualnie. Zabraliśmy się od razu do przygotowania miejsc obserwacji w oknach holu

trzeciego piętra oraz miejsca do transmisji on-line, aby móc podążać za obserwacjami z całego świata. Nie zabrakło też gorącej kawy i słodkiego ciasteczka dla każdego, kto miał pokusić się na tak wczesną pobudkę. W ferworze przygotowań nie zauważyłam, że od wschodu nadciągnęły szare, deszczowe chmury i dodatkowo wyszła mgła. Widok ten bardzo nas zmartwił, ale publiczność nie zawiodła i już przed 5-tą rano pojawili się pierwsi goście. Z każdą chwilą przybywało chętnych do obserwacji, którzy czując wagę tego wyjątkowo unikalnego wydarzenia, spoglądali z niepokojem przez okna. Początkowo bowiem, pogoda nam nie sprzyjała, było zbyt pochmurnie aby cokolwiek zobaczyć. Musiała nam zatem wystarczyć transmisja internetowa przejścia Wenus na tle tarczy Słońca z Norwegii, Australii i Hawajów. Pozytywnie zaskoczyła nas obecność dwojga nauczycieli z Zespołu Szkół Samochodowo - Budowlanych w Częstochowie, Pani Ewy Jury i Pana Krzysztofa Wiśniewskiego, którzy przyszli ze swoimi uczniami zainteresowanymi tranzytem Wenus. Opowiadaliśmy uczniom o zjawisku i o tym co moglibyśmy zobaczyć przez lunety, gdyby pogoda się poprawiła. Na szczęście nie trzeba było zbyt długo czekać na tę chwilę. Jeszcze przed 6-stą, gdy tylko pierwsze promienie Słońca przedarły się przez ciemne chmury, wszyscy uczestnicy zgromadzili się przy teleskopach, chwycili za aparaty fotograficzne, a Ci z „sokolim wzrokiem” mogli przez chwilę obserwować Słońce i Wenus gołym okiem, bowiem naturalny filtr z chmur osłabiał blask Słońca. Początkowo powstały dwa stanowiska obserwacyjne. Luneta astronomiczna Zeissa „Telementor” ($D=63\text{ mm}$, $F=83\text{ cm}$) wraz z ekranem słonecznym pozwalała na obserwację zjawiska kilku osobom jednocześnie, natomiast teleskop (refraktor) firmy Meade, model ETX-70 ($D=70\text{ mm}$, $F=35\text{ cm}$), zaopatrzony w filtr słoneczny, służył do obserwacji okularowej. W obydwu przypadkach, oprócz majestatycznej Wenus można było bez problemu zaobserwować plamy na Słońcu. Zbliżaliśmy się powoli do etapu 3-ciego kontaktu, a ludzi przy teleskopach przybywało. Pojawiło się również dodatkowe stanowisko obserwacji, które przyniósł za sobą miłośnik astronomii używając lunety ornitologicznej z filtrem słonecznym.

Uczestnicy chętnie fotografowali własne obserwacje i całe wydarzenie. Organizatorzy przygotowali imienne certyfikaty dla wszystkich, którzy na własne oczy zobaczyli tranzyt Wenus. Na miejscu rozdano ich blisko 70 sztuk. Taka frekwencja bardzo nas ucieszyła, chociaż muszę przyznać, że zabrakło wielu osób, które zaprosiliśmy. Atmosfera wydarzenia była przyjemna, bowiem mogliśmy przez blisko godzinę obserwować przejście Wenus i je dokumentować. Padło wiele pytań odnośnie tranzytu i jego poszczególnych etapów oraz znaczenia istnienia tranzytów w astronomii, na które organizatorzy chętnie odpowiadali. Ciągłym powodzeniem cieszyła się również transmisja on-line oraz materiały edukacyjne przygotowane przez studentów na temat tranzytu Wenus. Po czwartym kontakcie, tuż przed godz. 7-mą, zaproszono uczestników na prelekcję na temat tranzytów Wenus, którą wygłosił kierownik Planetarium mgr Tomasz Kisiel. Uczestnicy, którzy pozostali do końca tranzytu,

wysłuchali ciekawego wykładu i zgodnie ustalili, że będą cierpliwie czekać na kolejny tranzyt Wenus, chociaż nastąpi on dopiero za 105 lat...

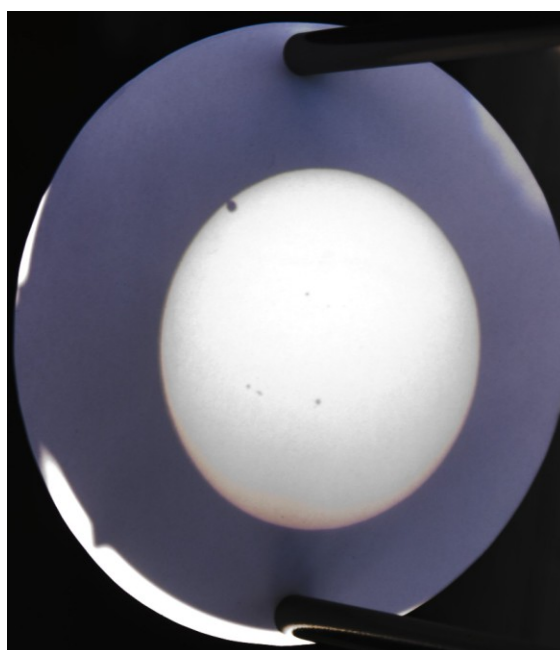
Pierwsza obserwacja tranzytu Wenus przeprowadzona w 2004 roku w IF AJD w Częstochowie, zainicjowana została przez doktora Bogdana Wszołka. Wówczas obserwacje prowadzone były na tarasie IF AJD za pomocą teleskopu Zeissa „Meniskas” ($D=150\text{ mm}$, $F=225\text{ cm}$) wraz z firmowym filtrem słonecznym (SFS 63), a ówczesne warunki pozwalały zaobserwować wszystkie cztery kontakty planety Wenus z tarczą Słońca. Po ośmiu latach, przeprowadzenie kolejnej „bliźniaczej” obserwacji tranzytu Wenus w IF AJD odbyło się również dzięki pomysłowi i konsekwencji w prowadzeniu obserwacji astronomicznych dr. Wszołka. Postanowił on jednak dodatkowo wykorzystać historyczną lunetę ks. Bonawetury Metlera i przeprowadzić równoległe obserwacje w plenerze, na Złotej Górze w Częstochowie.



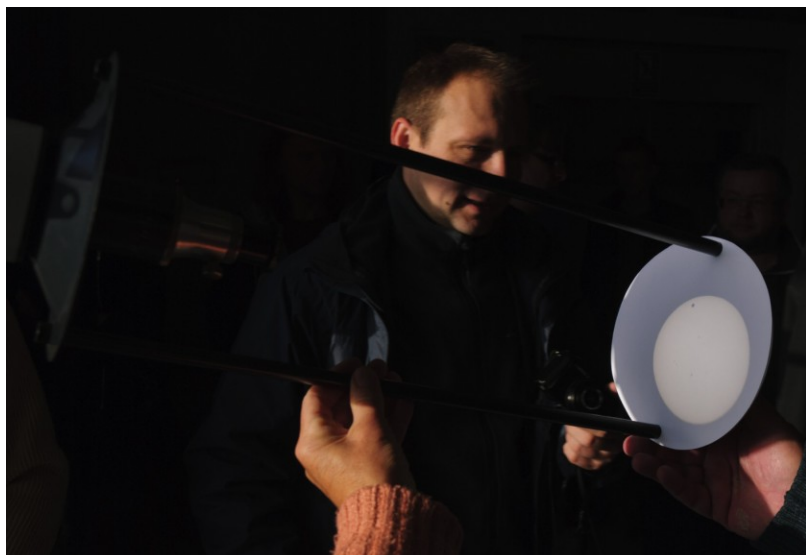
Wielkie wyczekiwanie i czas udzielania wywiadów. (fot. M.Gonera)



Słońce wynurza się zza chmur niosąc nieopisaną radość oczekującym. (fot. M.Gonera)



Pięknie uchwycony tranzyt techniką projekcji ekranowej. (fot. M.Gonera)



Projekcja okularowa tranzytu (fot. M.Gonera)



Dr Zygmunt Olesik
z certyfikatem (fot. M.Gonera)

Pomimo, że tym razem widoczna była tylko końcowa faza tranzytu Wenus, pogoda do ostatniej chwili była niepewna, poprzednie miejsce obserwacji (taras AJD) było niedostępne z powodu remontu i musieliśmy ustawiać sprzęt do obserwacji w oknach częściowo zasłoniętych przez rusztowanie ustawione na ścianach budynku, udało nam się przeprowadzić publiczną obserwację tranzytu Wenus i uwiecznić to wydarzenie na zdjęciach. Nie udałooby się to bez wyteżonej pracy kilku osób, którym chciałabym serdecznie podziękować. Przede wszystkim dziękuję Bogdanowi Wszółkowi i Tomaszowi Kisielowi za opieką naukową nad przeprowadzeniem obserwacji, jak również Julicie Ozga, Bartkowi Kalocie i Maćkowi Gonerze za pomoc przy zorganizowaniu publicznych obserwacji. Dziękuję Stowarzyszeniu Astronomia Nova, Planetarium IF AJD oraz Częstochowskim oddziałom PTMA i PTF za wypożyczenie lunet oraz sfinansowanie poczęstunku. Dziękuję tym, którzy nagłaśniali informację o obserwacji tranzytu Wenus w Częstochowie, jak również wszystkim uczestnikom zorganizowanych obserwacji tego tranzytu, za ich wytrwałość oraz życzliwą obecność.



Mgr Tomasz Kisiel tłumaczy przybyłym uczniom istotę zjawiska tranzytu. (fot. M.Gonera)

Moja wyprawa po „Wenus”

Marek Nowak

Astronomia Nova, Częstochowa

Obejrzenie tranzytu Wenus 8 czerwca 2004 roku pozostawiło we mnie niezapomniane wrażenia. W zorganizowanej przez dr. Bogdana Wszółka akcji obserwacyjnej, z użyciem teleskopów ówczesnej WSP (dziś AJD), wykonaliśmy wtedy około 30 pięknych zdjęć. Wiedząc, że drugi i ostatni raz w tym stuleciu mogę zaobserwować to zjawisko 6 czerwca 2012 roku postanowiłem wybrać się na wschód. Wybór miejsca był nieprzypadkowy: wyspa Olchon na jeziorze Bajkał. Jest położona dostatecznie daleko na wschód od Polski, aby zobaczyć całość zjawiska. Przygotowania do wyprawy i sama podróż, to temat na osobną relację.



Zdjęcie początkowej fazy tranzytu Wenus w dniu 6 czerwca 2012. (fot. M.Nowak)

W środę 6 czerwca 2012 roku około godziny 6:00 rano czasu miejscowego, gdy rozpocząłem przygotowania do obserwacji, pogoda nam sprzyjała. Niebo było błękitne i krystalicznie czyste. Początek zjawiska był oczekiwany około godziny 7:08. Z pomocą syna Bartłomieja, który pełnił służbę czasu, na umówione hasło zacząłem wykonywać sekwencje zdjęć, aby po ich analizie dało się sprawdzić czasy najpierw I a potem II kontaktu. Wenus ukazała się tam, gdzie się jej spodziewałem - w górnej lewej ćwiartce tarczy Słońca. Po

utrwaleniu II kontaktu zachęcałem obecnych tam Rosjan do obserwacji tego unikatowego zjawiska. Prawie wszyscy, poza nieliczną grupą, którą zaprosiłem już wcześniej na obserwacje, nie mieli pojęcia, że na niebie rozgrywa się taki wspaniały spektakl. Dotąd było wspaniale, jednak około 10-tej pojawiły się chmury, które gęstniały z każdą chwilą. O 10:50 zakryły szczelnie niebo aż do godziny 12-tej, kiedy to zaczęły pojawiać się dziury w chmurach i nadzieja na dalsze obserwacje. Koniec zjawiska, tzn. III i IV kontakt był już obserwowany i rejestrowany przy asyście chmur, które mocno utrudniały nam życie, stąd też czas IV kontaktu jest najmniej pewnym wynikiem w stosunku do pozostałych.

Miejsce obserwacji początku tranzytu miało współrzędne:

N 53° 11' 36".88 (53°.193577) E 107° 21' 18".24 (107°.355064)

Miejsce obserwacji końca tranzytu miało współrzędne:

N 53° 11' 37".59 (53°.193775) E 107° 21' 19".78 (107°.355494)

Rejestrację zjawiska wykonałem za pomocą następującego sprzętu:

- aparatu marki NIKON D300
- obiektywu MC MTO 10/1000 11CA o ogniskowej 1000 mm + telekonwerter $\times 2$ Nikona
- filtra słonecznego szklanego fotograficznego do MTO – produkcji Astrokrak.

Czas miejscowy to UT + 9 godz.

Dorobkiem wyprawy są wykonane przeze mnie zdjęcia (próbka powyżej) oraz uchwycone momenty (UT) kontaktów:

I (22:08:56), II(22:25:23), III(4:33:31) i IV(4:48:48).



Autor na stanowisku obserwacyjnym. (fot. B.Nowak)

Jak powstawał radioteleskop RT-9 w Rzepienniku Biskupim

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

W roku 2010, z likwidowanego Centrum Usług Satelitarnych w Psarach, pozyskano cztery radioteleskopy [1] [2]. RT-9, najmniejszy oraz najnowszy instrument, został po zdemontowaniu w Psarach przewieziony do Rzepiennika Biskupiego (woj. małopolskie, powiat tarnowski, gmina Rzepiennik Strzyżewski) w celu instalacji w powstającym tam obserwatorium astronomicznym. Obserwatorium znajduje się w trudno dostępnym miejscu, na polanie pośród lasów, na wzniesieniu oddalonym kilkaset metrów od najbliższych zabudowań oraz od utwardzonej drogi. Ta niedogodność zawsze istotnie pomnażała trudy wszelkich przedsięwzięć budowlanych powstającego obserwatorium, a w szczególności ostatniej instalacji anteny z Psar. Przez wzgląd na utrudnienia lokacyjne oraz na skromne środki finansowe inwestora, budowa RT-9 przebiegała w sposób odległy współczesnym standardom organizacji podobnych przedsięwzięć.

Latem 2011 doprowadzono wodę oraz zasilanie w energię elektryczną na miejsce budowy radioteleskopu. Miejsce to zostało wybrane w możliwie największej odległości (ok. 100 m) od istniejących zabudowań obserwatorium. Przywieziono też 70 m³ żwiru na fundament. Nic więcej nie udało się zrobić na budowie w roku 2011 ze względu na deszczowe lato.

Budowę RT-9 w zakresie mechanicznym udało się zrealizować latem roku 2012. Poniżej, w punktach, przybliżono jej etapy:

1. Wykop na fundament.

Ręcznie, z pomocą szpadli i taczek, wykonano okrągły wykop o średnicy siedmiu metrów i głębokości 130 cm. Prace, w wyjątkowo upalne dni początku lipca, trzech ludzi wykonało w trzy dni. Wydobyta glina została wykorzystana dla niwelacji lekko pochylego terenu w miejscu budowy.



Wykop pod fundament radioteleskopu RT-9. (fot. B. Wszolek)

2. Pierwsza faza betonowania.

Przyjęta strategia budowy przewidywała trzy etapy betonowania fundamentu. W pierwszym etapie wykonano zbrojoną podstawę (o grubości 65 cm). Wszelkie prace betoniarskie wykonano ręcznie, z pomocą betoniarki napędzanej elektrycznie, łopat i taczek. Trzech ludzi pracowało przez dwa dni.



Mieszanie i wylewanie betonu metodą klasyczną. (fot. A.Kołodziejczyk)



Wypełnianie wykopu betonem. (fot. B.Wszolek)

3. Ustawianie podstawy czaszy i kontenera serwerowni.

Po odczekaniu miesiąca dla stwardnienia betonu przystąpiono do montażu ruchomej nogi radioteleskopu oraz jej podpór. Podstawa czaszy musiała być aż w czterech miejscach mocowana śrubami do fundamentu. Łącznie osiemnaście śrub mocujących długich na 70 cm i grubych na 3 cm należało wbetonować w ściśle określonych miejscach. Problem rozwiązano w ten sposób, że odpowiednio przygotowane zespoły śrub mocujących najpierw we właściwych miejscach dokręcono do konstrukcji radioteleskopu, a dopiero potem zabetonowano (druga faza). Z pomocą dźwigu, przystosowanego konstrukcyjnie do prac przy wyrębach lasu, ustawiono podstawę czaszy z przymocowanymi

zespołami śrub bezpośrednio na betonie. Niezależnie, ustawiono na wcześniej przygotowanym fundamencie klimatyzowany kontener na wszelką elektronikę radioteleskopu. Tak podstawę czaszy jak sam kontener należało wcześniej przetransportować na plac budowy z miejsca składowania odległego prawie dwa km. Nie było to zadanie łatwe, ze względu na ciężar elementów (np. kontener waży ponad 5 ton) i ich gabaryty oraz na brak bitej drogi. Przy sprzyjającej suszy oraz przy wsparciu miejscowego Wójta dziesięcioma kubikami tłucznia, do wysypania w najbardziej podmokłym miejscu, udało się własnymi siłami przystosować drogę do potrzeb transportowych.



Wjazd pierwszych elementów radioteleskopu na teren obserwatorium. (fot. B.Wszolek)



Ustawianie nogi.
(fot. A.Kuźmich)



Ustawianie podpór. (fot. A.Kuźmich)

4. Drugi etap betonowania.

Zupełnie niestabilna konstrukcja podstawy czaszy, ustawiona na twardym betonie domagała się szybkiego usztywnienia. Wykonano drugi etap betonowania, aż pod wierzchołki śrub mocujących. Grube elementy zbrojenia

wystające z twardego betonu połączone z dalszym zbrojeniem. Trzech ludzi pracowało przez dwa dni.



Wygląd podstawy czaszy przed drugą fazą zbrojenia i betonowania.
W tle zainstalowany kontener serwerowni. (fot. B. Wszolek)

5. Niwelacja i ostateczny etap betonowania.

Przed zabetonowaniem górnych odcinków śrub dokonano precyzyjnej niwelacji całego układu podstawy czaszy. Wykorzystano niwelator geodezyjny, pion oraz poziomnicę. Po wykonaniu niwelacji podjęto końcowy etap betonowania. Prace niwelacyjne i końcowe betonowanie wykonano w jeden dzień przy zaangażowaniu czterech osób.



Dokręcanie śrub mocujących według dyspozycji geodetki.
W akcji (od lewej) Kamil Wszolek i Sławomir Surowiec. (fot. B. Wszolek)



Małgosia Surowiec z łatą.
(fot. B. Wszolek)



W akcji Ewa Surowiec z córką Hanią.
(fot. B. Wszolek)

6. Montaż konstrukcji czaszy.

Po przetransportowaniu elementów czaszy z miejsca wcześniejszego składowania przystąpiono do montażu. W pierwszej kolejności do bębna czaszy dokręcono 24 promieniście wychodzące elementy nośne konstrukcji, tzw. szprychy. Potem dokręcono elementy poprzeczne, usztywniające te szprychy. Niezależnie, do zwierciadła wtórnego dokręcono długie wsporniki. Dokonano też mycia konstrukcji czaszy. Te prace trwały cztery dni przy zaangażowaniu trzech osób. W końcu, przy użyciu dźwigu leśnego podniesiono czaszę i umocowano ją do podstawy. Dokręcono również podpory zwierciadła wtórnego oraz siłowniki do obracania czaszą w obu współrzędnych, czyli w azymucie i wysokości.



Szkielet czaszy przygotowany do montażu na słupie. (fot. B. Wszolek)



Bogdan Wszolek i Piotr Firlej z jednym spośród dwudziestu czterech większych paneli w dniu skręcania szkieletu czaszy. (fot. B.Wszolek)



Magdalena Wszolek w akcji mycia szkieletu czaszy przez montażem. (fot. B.Wszolek)



Przenoszenie przy pomocy dźwigu wcześniej wypoziomowanej czaszy w stronę uchwytów na nodze. Operacja była bardzo niebezpieczna. (fot. B. Wszolek)



Akcja idealnego dopasowania otworów dla wbicia sworzni mocujących. Praca pod wiszącą czaszą. Drobny defekt dźwigu podczas tej rozciągłej w czasie operacji mógł spowodować tragedię. (fot. M. Wszolek)



Operacja ustawiania czaszy do pozycji pozwalającej na zamontowanie siłownika odpowiedzialnego za pionową regulację położenia anteny. (fot. B. Wszolek)



Montaż siłownika do pionowej regulacji anteny.
W akcji Bogdan Wszolek i Sławomir Surowiec. (fot. M. Wszolek)



Piotr Beściak w akcji czyszczenia szkieletu czaszy. (fot. B. Wszolek)



Szkielet czaszy gotowy do przykręcania paneli. (fot. B. Wszolek)



Sławomir Surowiec ze swoimi uczniami w akcji przykręcania pierwszych paneli, po wyczerpującej pracy ich wcześniejszego mycia. Uczniowie to (od lewej): Kamil Uriasz, Natalia Kowalów, Michał Żak i Agnieszka Czaba. (fot. B. Wszolek)

7. Przykręcanie paneli.

Na koniec należało zawieszoną konstrukcję czaszy pokryć panelami, tworzącymi właściwą powierzchnię odbijającą. Wszystkich paneli było 48; 24 wewnętrzne, dokręcane trzema śrubami do konstrukcji czaszy, oraz 24 zewnętrzne, przykręcane czterema śrubami. Przykręcanie paneli okazało się bardzo pracochłonne. Nie wystarczyło tylko przymocować elementy do konstrukcji, ale na bieżąco należało uzgadniać ustawienie danego panela z wcześniej dokręconymi. Ostatecznie, wszystkie 48 paneli musiało pasować do siebie i mieścić się, nie zachodząc jeden na drugi, w konstrukcji czaszy.



Zgromadzenie pod szkieletem anteny setek osób przybyłych w dniu 9 września w ramach akcji turystycznej „dokręcania śruby” zorganizowanej przez Piotra Firleja. (fot. M. Wszolek)



Paweł Barszcz (z prawej) i Bogumił Bubniak w akcji mocowania paneli. (fot. B. Wszolek)



Szczęśliwy finał montażu paneli. Triumfują od lewej: Paweł Barszcz, Bogdan Wszolek i Bogumił Bubniak. (fot. B.Wszolek)



Widok na antenę od strony głównego gmachu obserwatorium. Po prawej stronie leży jedenasto tonowa podstawa RT-16 z przeznaczeniem na wieżowy teleskop słoneczny. Czasza od tej podstawy czeka w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie na montaż w miejsce istniejącego tam starego RT-15. (fot. B.Wszolek)

Plany na dalszy ciąg budowy obejmują: doskonalenie geometrii czaszy, odtworzenie i instalację oryginalnego sterowania elektronicznego, a w razie

potrzeby i możliwości stworzenie od podstaw lepszego sterowania (np. pozwalającego śledzić za poruszającym się na niebie satelitą), budowę odbiorników radiowych dedykowanych różnym problemom badawczym z zakresu radioastronomii i ewentualnie telekomunikacji satelitarnej. Czyni się również przymiarki ku włączeniu w przyszłości RT-9 w system inerferometryczny z innymi polskimi lub zagranicznymi radioteleskopami.

Radioteleskop jest na wyposażeniu prywatnego obserwatorium, ale jest przewidziany do powszechnego użytku, zwłaszcza przez wszystkich, którzy w taki czy inny sposób przyczynią się do jego elektronicznego uzbrojenia. RT-9 powinien pracować wielozadaniowo, z możliwością łatwego przechodzenia z jednego trybu pracy na inny. Oprócz funkcji odbiorczej antenie można nadać funkcję nadawczą. Konstrukcja pozwala też na użycie instrumentu do pomiaru polaryzacji promieniowania. Usytuowanie RT-9 w cichym radiowo obszarze, oraz daleko od innych radioteleskopów może sprzyjać pomysłom wykorzystania anteny, jako naziemnej stacji obsługi niektórych sztucznych satelitów Ziemi. Może to być szczególnie interesujące wobec przystąpienia Polski w 2012 roku do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) i planowaniem umieszczania na orbicie pierwszych polskich satelitów.

W czasie trwającej w sumie trzy miesiące budowy, wiele osób miało okazję w niej uczestniczyć. Można je podzielić na trzy grupy: najbliższa rodzina inwestora, robotnicy najemni oraz wolontariusze. Tym ostatnim autor wyraża wdzięczność w sposób szczególny:

[Sławomirowi Surowcowi](#), nauczycielowi fizyki w II LO w Dębicy, za pomoc we wszystkich najcięższych i najtrudniejszych pracach,

[Ewie Surowiec](#), geodetce, za wykonanie prac niwelacyjnych,

[Piotrowi Firlejowi](#), za pomoc przy skręcaniu konstrukcji czaszy oraz za zorganizowanie turystycznej imprezy „dokręcania śruby”, która w dniu 9 września zgromadziła pod anteną setki osób,

[Pawłowi Barszczowi i Bogumiłowi Bubniakowi](#), głównie za ogrom pracy przy dokręcaniu paneli,

[Piotrowi Beściakowi](#), za specjalistyczne czyszczenie radioteleskopu,

[Agnieszce Czaba, Natalii Kowalów, Kamilowi Uriaszowi i Michałowi Żakowi](#), uczniom II LO w Dębicy, za nieocenioną pomoc przy czyszczeniu paneli.

[1] Wszolek B., 2011, „Siedem anten radiowych z Psar”, CKA2011 (red. B.Wszolek), Wydawnictwo AJD w Częstochowie, 87

[2] Wszolek B., 2011, „Koncepcja utworzenia polskiego interferometru radiowego”, CKA2012 (red. B.Wszolek), Wydawnictwo AJD w Częstochowie, 195

RT-13 w Częstochowie

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Jeden z dwóch 13-metrowych radioteleskopów, pochodzących z Polskiego Centrum Usług Satelitarnych w Psarach, trafił do Częstochowy. Właścicielem RT-13 jest tu Marek Pelian, który nie szczędzi sił i środków dla ponownego uruchomienia tego wartościowego instrumentu. Merytorycznie, tak podczas rozbiórki jak i w trakcie przywracania radioteleskopu do życia, pomaga mu Stowarzyszenie Astronomia Nova. Wspaniały instrument, wyprodukowany w Japonii, służył w Psarach do naziemnej obsługi satelitów telekomunikacyjnych. Na przełomie października i listopada 2010 roku RT-13 został szczegółowo oznaczony i zdemontowany z zamiarem ponownego montażu w Częstochowie.



RT-13 w Psarach – lipiec 2010. (fot. B. Wszolek)



W trakcie demontażu. (fot. K. Wszolek)

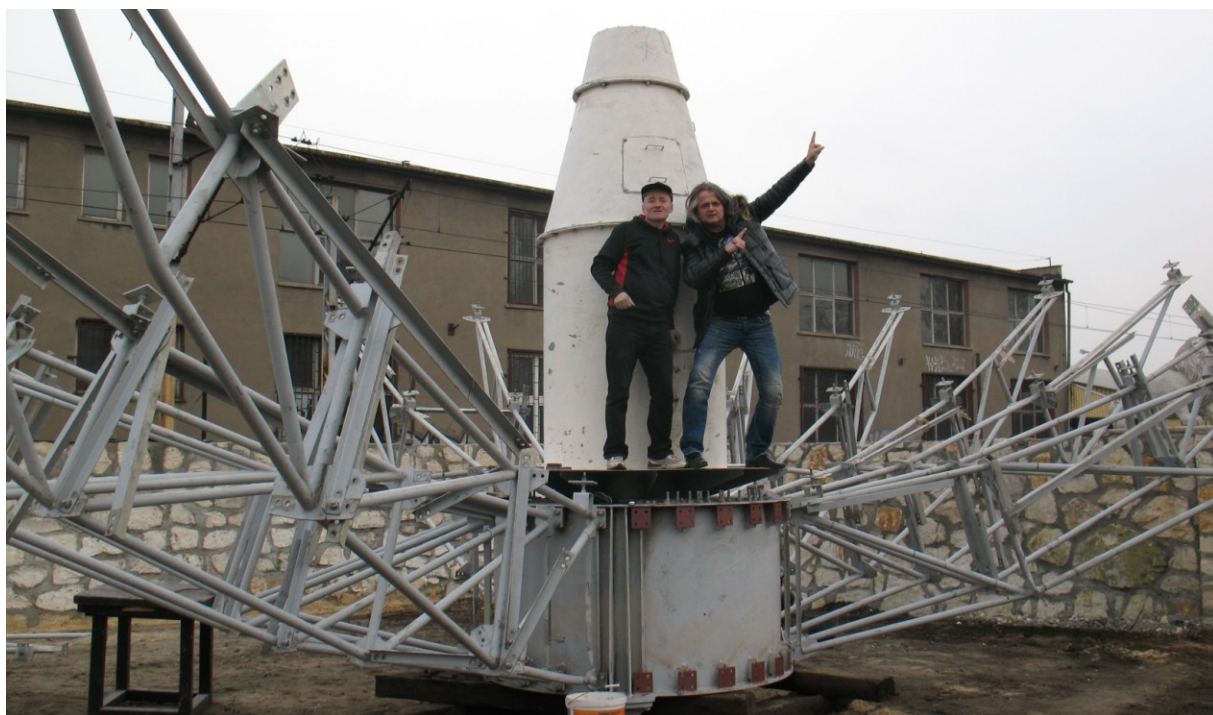
W listopadzie 2012 rozpoczęto budowę instrumentu na prywatnej posesji Marka Peliana. Zrobiono wykop 8-metrowej głębokości i prawie 3-metrowej średnicy. Wstawiono betonowe kręgi oraz zbrojenie. Następnie wylano fundament o objętości 48 m³. Podczas zastygania fundamentu przystąpiono do prac montażowych. Do centralnego bębna przymocowano 24 stalowe odnogi i połączono je poprzecznymi profilami tak, aby wszystko razem tworzyło właściwy szkielet czaszy. Następnie do szkieletu przymocowano aluminiowe panele, tworzące powierzchnię odbijającą w kształcie paraboloidy. Niezależnie, do zwierciadła wtórnego radioteleskopu przymocowano stalowe wysięgniki i dokonano jego naprawy po drobnym uszkodzeniu podczas demontażu.



Wykop. (fot. B.Wszolek)



Zbrojenie fundamentu. (fot. B.Wszolek)



Skrećanie czaszy. Pozują Marek Pelian i Bogdan Wszolek. (fot. K.Wszolek)

W poniedziałek 10 grudnia 2012 roku, kiedy fundament już dostatecznie stwardniał, a wszystkie składowe elementy końcowej konstrukcji zostały odpowiednio przygotowane, przy śnieżnej i mroźnej aurze, z pomocą dźwigu dokonano montażu anteny. Na wstępie przymocowano do nogi radioteleskopu siłownik pionowego manewrowania czaszą. Potem przeniesiono całą nogę na fundament i doprowadzono otwory jej stopy na 16 wystających z fundamentu śrub. Następnie odpowiednimi nakrętkami przymocowano nogę do fundamentu. Operacji poziomowania podstawy pod nogę instrumentu dokonano wcześniej. Do stojącej nogi przytwierdzono następnie siłownik sterowania poziomego i przygotowano wszystkie trzy uchwyty (każdy po 6 śrub) na szczycie nogi do mocowania czaszy. Kolejna operacja polegała na podniesieniu wcześniej wypoziomowanej czaszy i precyzyjnym ustawieniu jej na nodze tak, aby 18 otworów uchwytów czaszy wypadło dokładnie nad otworami śrubowymi uchwytów na szczycie nogi. Dopiero, kiedy udało się to zrobić, można było włożyć śruby w otwory i przymocować czaszę.

W najbliższym czasie trzeba będzie wykonać sterowanie elektroniczne anteny, idealną niwelację jej podstawy oraz dokonać kontroli i ewentualnych poprawek

geometrii czaszy. Niezależnie, należy uściślić plany co do naukowej eksploatacji instrumentu i wyposażyć antenę w odpowiedni zestaw detektorów promieniowania radiowego.



Kamil Wszolek podczas skręcania czaszy. (fot. B.Wszolek)

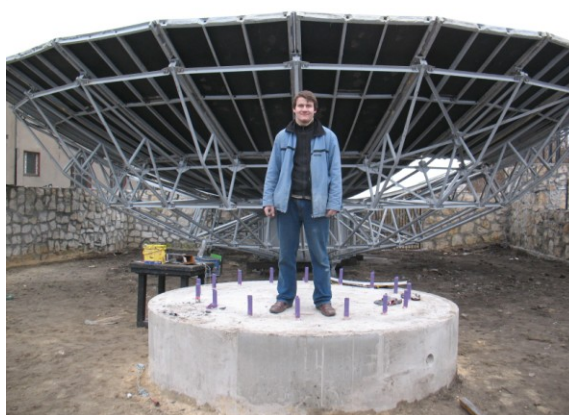
Docelowo RT-13 w Częstochowie ma spełniać wielorakie funkcje. Po pierwsze, co już czyni, ma swoim pięknym kształtem przyciągać uwagę publiczności i w ten sposób stymulować elementarne zainteresowania Kosmosem i nowoczesnymi technologiami. Przede wszystkim ma jednak stać się pełnowartościowym odbiornikiem promieniowania radiowego docierającego z dalekiego Kosmosu. W razie potrzeby, antenę będzie można też wyposażać w odpowiednią aparaturę i stworzyć naziemną stację obsługi sond kosmicznych. Możliwości ambitnego zagospodarowania częstochowskiego RT-13 są ogromne. Właściciel jest otwarty na wszelką współpracę w zakresie rewitalizacji instrumentu. Częstochowscy elektronicy, krótkofalarze, informatycy i inni specjaliści mogą się włączyć do współpracy i wykazać się w praktycznym działaniu, o ile tylko dorastają do wymaganego wysokiego poziomu sprawności.



Gwiazdy częstochowskiej Astronomii Nowej wizytują budowę. Od lewej: Bogdan Wszolek, Katarzyna Filipecka, Magdalena Biernacka, Julita Ozga, Karina Bączek, Agnieszka Dymarek i Marek Pelian. (fot. K. Wszolek)



Zwierciadło wtórne RT-13. (fot. K. Wszolek)



Fundament i skreślona czasza anteny. (fot. B. Wszolek)



Noga radioteleskopu w drodze na fundament. (fot. K.Bączek)



Dokręcanie siłownika (fot. K.Bączek)



Ostatnie regulacje przed mocowaniem czaszy.
(fot. K.Bączek)



Najbardziej niebezpieczna operacja mocowania czaszy do jej podstawy (nogi). (fot. K.Bączek)

Dla budowniczych RT-13 jedną z intencji jest dać miastu widoczny i żywy wyraz postępu i nowoczesności. Częstochowa posiada obecnie trzeci, co do wielkości radioteleskop w Polsce. Czas pokaże, czy jego budowa stanie się dla Częstochowy wydarzeniem stulecia, czy pięćsetlecia.

List bez odpowiedzi w sprawie rezurekcji

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Bogdan Wszolek
(adres....)

Częstochowa, 11 kwietnia, 2012 r.

J.E. Arcybiskup Józef Michalik
Przewodniczący Konferencji Episkopatu Polski

Dotyczy uroczystości rezurekcji

Od pewnego czasu dopuszczono w Polsce możliwość uczutowania rezurekcji w sobotni wieczór, bezpośrednio po zakończeniu misterium wigilii paschalnej, jako alternatywę wobec dawnego zwyczaju uczutowania pamiątki zmartwychwstania o niedzielnym poranku. Sobotnie rezurekcje odprawiane w wielu parafiach budzą wśród wiernych niepokoje i są źródłem dysharmonii życia religijnego poszczególnych rodzin i społeczeństwa w ogóle.

Niech mi będzie wolno przywołać tu żywy przykład parafii w Rzepienniku Suchym w diecezji tarnowskiej, gdzie od lat rodzinnie spędzam Święta Wielkanocne. Odkąd wprowadzono zwyczaj rezurekcji w sobotni wieczór ludzie wyrażają wobec tej zmiany swoje wątpliwości, choć czynią to po cichu, z obawy przed narażeniem się autorytetowi Kościoła, reprezentowanemu przez miejscowego proboszcza. Niektórzy, wołają bez rozgłosu pojechać na rezurekcję do którejś z sąsiednich parafii (Rożnowice, Biecz), gdzie nabożeństwo odbywa się po staremu, czyli rano.

Najczęściej podnoszone zastrzeżenia wiernych do wieczornej rezurekcji to:

1. Zgodnie z Biblią oraz credo Kościoła Jezus zmartwychwstał dnia trzeciego (nie drugiego).
2. Zgodnie z Biblią, prawda o zmartwychwstaniu Jezusa została objawiona w pierwszym dniu tygodnia o wczesnym poranku.
3. Rezurekcja to przypomnienie najważniejszego dla chrześcijan zdarzenia. Godzi się by jego ponowne przeżywanie było możliwie najgłębsze. Nie sprzyja temu wieczorna pora, kiedy kapłani, asysta oraz wierni są zmęczeni dniem. Problem jest tym poważniejszy, że wieczorna rezurekcja odbywa się, jako przedłużenie długotrwałej i bogatej w treści religijnej liturgii wielkosobotniej.
4. Rezurekcja to uroczystość najradośniejsza w roku liturgicznym Kościoła. W przypadku, gdy odbywa się w sobotę, nie łatwo jest wiernym w kilka minut przestawić się z wielkiego smutku, budowanego w wielkim poście i kulminacyjnie w ramach liturgii wielkiego tygodnia, ku ogromnej radości wynikającej ze zmartwychwstania. W konsekwencji przeżycie rezurekcji w sobotę wieczór jest płytsze niż w niedzielę rano.
5. Człowiek czuje się w Święta Wielkanocne jakoś nieswojo bez tradycyjnej rezurekcji. Gdzieś się podziałła autentyczna radość dawniej towarzysząca

tym świętom. Nawet śniadanie, najważniejszy posiłek Niedzieli Wielkanocnej, jakby straciło rację bytu i już nie smakuje jak dawniej.

6. Jak głęboko sięgnąć pamięcią, rezurekcja była u nas w niedzielę. Musiała się zaczynać dokładnie o wschodzie Słońca – wypadło to każdego roku o innym czasie, podawanym z dokładnością co do minuty. Bicie dzwonów przy wiosennej aurze podczas wschodu Słońca rodziło w człowieku taką jakąś Boską radość, której nigdy się nie zapomina. Czuło się w sobie nowe życie! Kto i dlaczego pozbawia podobnej radości współczesnych wyznawców Chrystusa Zmartwychwstałego?

Do powyższych argumentów, wielokrotnie dochodzących do mnie od parafian z Rzepiennika Suchego oraz Rzepiennika Biskupiego i Turzy, z którymi miewam okazję w miarę często się bezpośrednio kontaktować i z którymi się poniekąd utożsamiam, dorzucę jeszcze jeden argument od siebie. Wielkanoc, z racji tradycji ciągnącej się od tysiącleci, ma bardzo wyraźne odniesienia do świata przyrody, a zwłaszcza do tajemnicy światła i życia. Jej data ustalana jest w oparciu o ścisłe obserwacje astronomiczne ruchów Słońca i Księżyca. Ważny jest tu moment, kiedy przyroda otrzymuje od Słońca dostateczną ilość energii by ze stanu uśpienia (śmierci) przejść w stan ożywienia, a człowiek z czasu przytłoczenia ciemnością (noce dłuższe od dni) przeszedł do czasu ubogaconego światłem (dni dłuższe od nocy), które nie tylko raduje serce, ale pobudza do działania. Wielkanoc wyraża też prawdę potrzeby dążenia człowieka do uzyskania harmonii wewnętrznej i harmonii z otaczającym światem. Godzi się więc, jak podpowiadała naszym przodkom ich zdrowa wrażliwość, przeżywać rezurekcję w czasie kiedy jest widno, a nie kiedy jest ciemno. Przejście od śmierci do życia pięknie ilustruje przejście od nocy do dnia, jakie obserwuje się podczas wschodu Słońca. Czysta radość harmonizuje ze światłem i unika ciemności. Wyraz tej prawdy znajdujemy na kartach Pisma Świętego, w liturgii Mszy Świętej, w wielkosobotniej liturgii światła, a nawet w ustanowieniu przez błogosławionego Jana Pawła II różańcowej Tajemnicy Światła. Zasygnalizowany argument „światła”, wraz z wcześniej przywołanymi, niech wystarczą na potrzeby tego listu.

W kontekście powyższego zwracam się do Waszej Eminencji o spowodowanie, aby na odpowiednim forum Konferencji Episkopatu Polski problem wielkosobotniej rezurekcji został dla dobra Kościoła w Polsce podjęty i rozstrzygnięty, być może w oparciu o wyższe racje niż te, które doprowadziły do odstępstwa od szanowanej przez pokolenia tradycji.

Z radością przyjmę odpowiedź na ten list oraz wszelkie informacje dotyczące poruszanej sprawy.

Szczęść Boże,

(podpis)

(Do końca roku 2012 żadna odpowiedź na powyższy list nie przyszła)

Część trzecia
(artykuły popularnonaukowe)



Yoko i Francis Oger w towarzystwie Bogdana Wszółka
przy zegarze słonecznym Metlera w Częstochowie (fot. M. Wszolek)

Flammarion, Metler i Siostry Szarytki

Francis Oger^{1,2}, Yoko Oger²

¹ CNRS, administrator obserwatorium Kamila Flammariona, Francja

² Stowarzyszenie Astronomia Nova, Francja

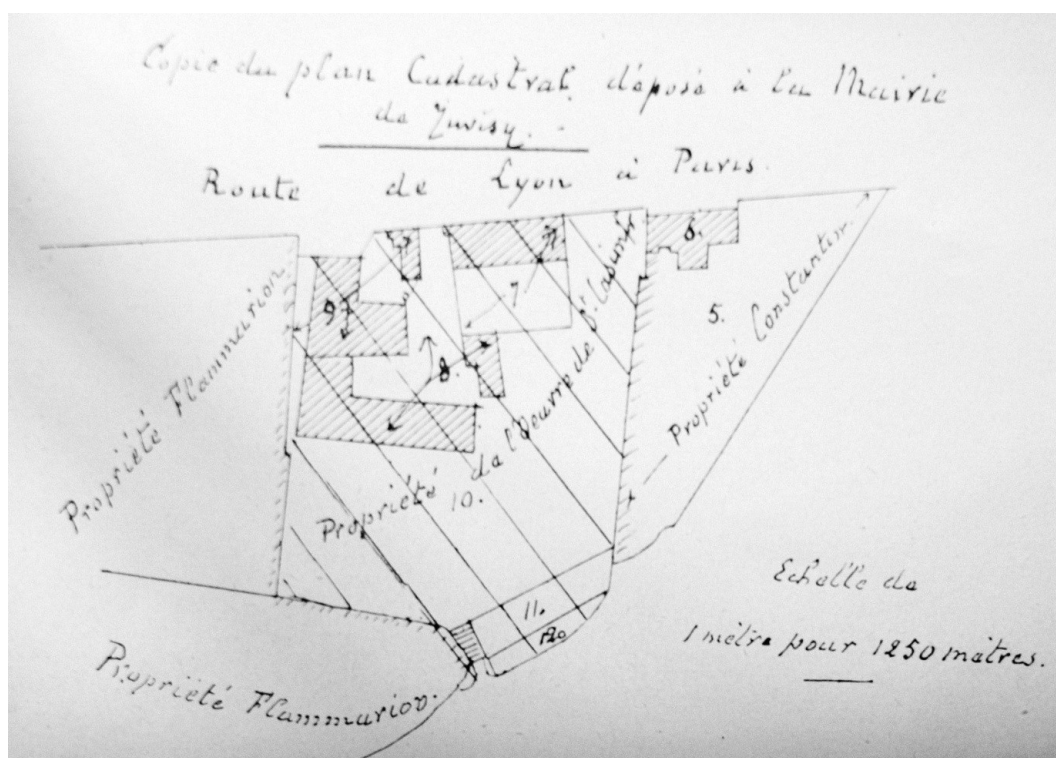
Dawne obserwatorium Kamila Flammariona, wyposażone w lunetę o średnicy 24 cm, znajduje się w alei Dworu Królewskiego 32 w Juvisy sur Orge, około 15 km na południe od Paryża. W 1882 r. właścicielem budynku został Kamil Flammarion, który urządził w nim obserwatorium astronomiczne w r. 1884. Obserwacje astronomiczne pod kierunkiem Kamila Flammariona prowadzono aż do jego śmierci w obserwatorium w r. 1925, a potem pod kierunkiem Gabrieli, wdowy po Kamilu, która zmarła w 1962 r. Francuskie Towarzystwo Astronomiczne wznowiło ostatnio tę działalność.



Fot.1. Aleja Dworu Królewskiego z „Gospodą w Pawilonie” po prawej stronie.
(Dawna pocztówka)

Naszą uwagę zwrócił drugi budynek, znajdujący się 150 m na północ, obecnie zagrożony rozbiórką. Budynek ten posiadał również kopułę, widoczną na zdjęciu jeszcze w r. 1972. W dawnym czasie nazywano go „Gospodą w Pawilonie”. Zbudowany był w r. 1770 na przyjęcie coraz liczniejszych podróżnych jadących z Paryża do Fontainebleau.

W r. 1866, hrabiostwo de Monttessuy ofiarują „Gospodę w Pawilonie” polskiem Siostróm Miłosierdzia św. Wincentego a Paulo. W następnych latach siostry nabędą pozostałe budynki, które należały do „Gospody w Pawilonie”. Według planu, który mamy, cała posiadłość liczyła 5834 m².



Fot.2. [w:] A. Siski "Zakład św. Kazimierza w Paryżu". Załącznik do str. 157.

Siostry przyjmują sieroty i weteranów powstań polskich, a zwłaszcza powstania styczniowego w r. 1863. Należą one do Domu św. Kazimierza, którego główny zakład, od 1861 roku aż do naszych czasów, znajduje się na ul. Chevaleret w Paryżu.

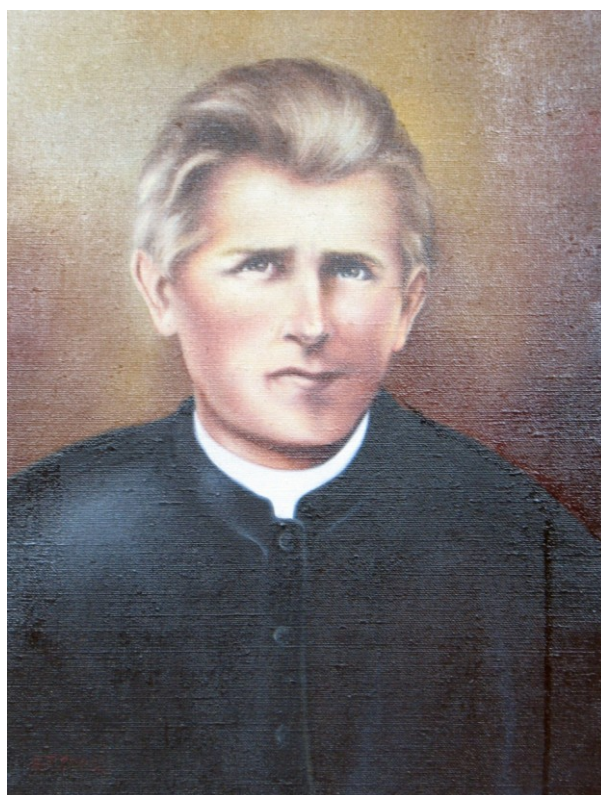
Pozostaje tylko zrozumieć, dlaczego dom polskich Sióstr w Juvisy mógł otrzymać obserwatorium astronomiczne. Podczas poszukiwań ustaliliśmy, że nazwisko jednego z mieszkańców, zapisane w rejestrze z tych czasów, pojawia się również na polskich portalach internetowych. Chodzi o ks. Bonawenturę Metlera.

Bonawentura Metler pochodził ze skromnej rodziny szlacheckiej, uczestniczącej w powstaniach: listopadowym i styczniowym. Urodził się w Ciężeniu w 1866 r. Po maturze przez 4 lata chodził na studia w seminarium duchownym we Włocławku, a potem kontynuował naukę w Petersburgu oraz w Gorycji (gdzie otrzymał święcenia kapłańskie), a później w Rzymie, w Monachium i w Londynie. W Rzymie studiował przede wszystkim sztukę kościelną, architekturę, rzeźbę, malarstwo. Płynnie mówił po polsku, angielsku, niemiecku i francusku. Znał również łacinę, grekę, włoski i rosyjski. Był natomiast słabego zdrowia.

W 1891 roku Metler zostaje kapłanem zakładu Sióstr Szarytek. Zajmuje to stanowisko aż do roku 1907. Jako kapłan figuruje w spisach z lat 1896, 1901 oraz 1906, dotyczących alei Dworu Królewskiego w Juvisy. Natomiast między 1893 a 1894 czasowo przebywa w Polsce, gdzie pracuje jako wikariusz.



Fot.3. [w:] A. Siski "Zakład św. Kazimierza w Paryżu", str. 165.



Fot.4. Portret Bonawentury Metlera namalowany przez Andrzeja Tądera. (fot. *B. Wszolek*)

Oczywiście obserwatorium Kamila Flammariona przyciąga Metlera. Mistrz przyjmuje go i udziela mu rad. 4 stycznia 1899 roku, Metler wstąpi do Francuskiego



Fot.5. Zakład w Juvisy na początku 1907 roku. Młody Metler zajmuje środkowe miejsce pośród stojących w przedostatnim rzędzie (na prawo od osób w kapeluszach).

[w:] A. Siski "Zakład św. Kazimierza w Paryżu", str. 160

Towarzystwa Astronomicznego. Rekomendującymi są Flammarion oraz jego zastępca Antoniadi.

3 października 1900 roku, na zebraniu Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego, sam Kamil Flammarion zawiadamia o utworzeniu obserwatorium przez ks. Metlera:

SEKRETARZ informuje miłośników astronomii o budowie nowego obserwatorium, zrealizowanej przez naszego kolegę ks. Metlera przy pomocy niezwykle skromnych środków. Jego obserwatorium składa się z kopuły obrotowej, pod której dachem znajduje się luneta o średnicy obiektywu 108 mm na montażu równikowym, z napędem zegarowym, mikrometrem oraz oświetleniem pola widzenia. Całość kosztowała 2280 franków, z czego 780 franków wydano na kopułę oraz na urządzenie obserwatorium.

Ta cena, niewielka jak na realizację tak poważnego przedsięwzięcia, pokazuje, co może osiągnąć każdy obserwator, samemu uczestnicząc w dużej części pracy przy konstrukcji swojego obserwatorium. Warto iść śladem ks. Metlera.

Polskie źródła precyzują, że Metler był zainspirowany strukturą obserwatorium w Bourge. Oznacza to, że znał również ks. Moreux, twórcę tego urządzenia. Metler korzysta niewątpliwie z lunety w nauczaniu sierot przyjętych przez Siostry, tak jak robi to później w Polsce. Dobra jakość obserwatorium Metlera, jak twierdził Kamil Flammarion w zacytowanym powyżej zdaniu, zapewnia mu interesujące obserwacje. Takie obserwacje są zanotowane dwa razy w „L’Astronomie” w r. 1900.



Fot.6. Teleskop Kamila Flammariona o średnicy 20 cm. (fot. Y. Oger)

Między 15 grudnia 1901 r. a 27 czerwca 1904 r. Metler podejmuje trzy wyprawy naukowe na Ocean Indyjski. Podczas podróży odkrywa ciała niebieskie na półkuli południowej i przedstawia je innym uczestnikom wyprawy. Przebywa również w Melbourne w Australii, gdzie uczy katechizmu, *arytmetyki* oraz francuskiego w *Mentone College*. W r. 1904, wydaje książkę pod tytułem: „Wodorosty morskie - Ocean Indyjski w r. 1902”. Odwiedza także miejskie obserwatorium znajdujące się w parku botanicznym. Odczuwa natomiast ból w sercu i płucach oraz cierpi na reumatyzm. 11 listopada 1904 roku musi opuścić Melbourne i wrócić do Juvisy.

Po powrocie do Francji, Metler zajmuje się bardzo ważnym projektem: budową teleskopu Newtona. Przypomina on instrument Kamila Flammariona, o średnicy 20cm z tubą w kształcie ośmiobocznym, stworzony w r. 1873, który do dziś jest przechowywany w Juvisy. Jednak teleskop Metlera ma średnicę 30 cm i pozostanie największym w Polsce w okresie międzywojennym. Dzięki drewnianej strukturze, tuba jest lekka, bo waży tylko 12kg. Później Metler będzie prznosił często swój teleskop. 27 lipca w r. 1906 jego gotowy teleskop doświadczy Flammarion.

Metler wie jednak, że niedługo musi definitywnie opuścić swoje obserwatorium w Juvisy. Rzeczywiście sytuacja finansowa zakładu św. Kazimierza staje się trudniejsza, szczególnie z powodu ustanowienia prawa o rozdziale Kościoła i państwa w 1905 r. W r. 1906 zarząd Domu zdecyduje o zamknięciu zakładu w Juvisy, sprzedanego 21 kwietnia 1910 roku za 35000 franków.

Wszyscy mieszkańcy, weterani i sieroty, przeniosą się do głównego budynku Domu znajdującego się na ul. Chevaleret 119 w Paryżu. Siostry, jako ostatnie, opuszczają zakład w Juvisy 3 lutego 1907 roku. Zaraz potem zostaną wysłane do Częstochowy, żeby kontynuować swoją misję.

Następujący list, obecnie przechowywany w archiwum Flammariona w Juvisy, jest datowany na 1 listopada 1907 roku, kilka miesięcy po wymeldowaniu i wyjeździe sióstr. Jego adresatką jest Sylwia Flammarion, a nadawczynią 61 letnia Jadwiga Piętkiewicz, jedna z byłych mieszkanek zakładu w Juvisy, która wysłała ten list z ul. Chevaleret 119 w Paryżu.

ul. Chevaleret 119
Paryż 1 IX 1907

Szanowna Pani!

Mówi się czasami, że dwie dusze niezależnie mogą kierować swe myśli ku tej samej rzeczy. To mi się właśnie zdarzyło, ponieważ właśnie dzisiaj rano, kiedy otrzymałam Pani drogi list, byłam w trakcie pisania do Pani, po pierwsze, żeby podziękować Pani za łaskawą i hojną gościnę w czasie mojego ostatniego pobytu w Juvisy, po drugie, żeby Pani przekazać najnowszy adres ks. Metlera. Do dziś nie pisałam do Pani, ponieważ przyjechawszy do Paryża, próbowałam odwiedzić ks. Metlera pod jego nowym adresem, który sam mi zostawił, ale niestety go nie było. Ktoś mi powiedział, że ksiądz przychodzi tylko co tydzień albo co dwa tygodnie i na razie jest bardzo zmęczony, bo właśnie zdawał jeszcze jeden egzamin. Zatem zostawiłam mój list i codziennie czekałam na odpowiedź. Dlatego dotąd nie pisałam do Pani, choć czułam silnie, że jest moim obowiązkiem napisać do Pani, Szanowna Pani, żeby Pani podziękować za niezwykle dobrą mi okazaną i powiedzieć jak to mi dobrze zrobiło, ponieważ żegnając się z Panią, Dobra Pani, czułam, że byłam pocieszona Pani dobrymi słowami. Wydaje mi się nawet, że od tego czasu martwię się mniej, ponieważ często przypominam sobie Pani życzliwe słowa o naszej drogiej i kochanej siostrze Tekli, które Pani łaskawe serce do mnie skierowało. Ja również, Droga Pani, widząc Panią, czułam jakby obok Pani siedziała siostra Tekla, która Panią tak uwielbiała. Nie może Pani wiedzieć, jak jestem Pani wdzięczna za to, że

poświęciła mi Pani dwa razy po kilka godzin w ciągu Pani dnia tak pracowicie zajętego (zawsze dla dobra innych). Z radością więc opowiem to siostrze Tekli, która na pewno ucieszyłaby się wiedząc, że byłam tak dobrze przyjęta przez Panią, Droga Pani, jak również przez samego Pana Flammariona, ponieważ być przyjętym u Państwa, proszę Pani, nie jest zwykłą rzeczą, co jest dla mnie najcenniejsze i co zawdzięczam jeszcze raz siostrze Tekli, ponieważ dzięki niej poznałam Pani serce rozmawiając z nią często o Pani. Z góry się cieszę myśląc, że będę mieć szczęście zobaczyć Panią znowu w Paryżu. Zawsze jednak obawiam się nadużyć Pani dobroci, a przede wszystkim Pani tak cennego czasu. Czekając na nasze spotkanie, Szanowna Pani, proszę przyjąć wyrazy głębokiego szacunku, żywą i szczerą wdzięczność oraz oddanie.

*Pani wierna
Jadwiga Piętkiewicz*

P.S. Pozwolę sobie tu, Szanowna Pani, wyrazić mój szacunek wobec Pana Flammariona. Proszę z wyrozumiałością wybaczyć niezręczny styl mojego listu, zwracając uwagę tylko na uczucie mojego biednego serca wobec Pani.

Ten list pokazuje, jak ważne były stosunki między państwem Flammarion a właścicielami Zakładu w Juvisy, a szczególnie między Metlerem i matką przełożoną Teklą Stiller. Wyraża również zaniepokojenie Jadwigi Piętkiewicz z powodu opuszczenia Zakładu w Juvisy i wyjazdu siostr oraz Matki Przełożonej do Polski.

Sylvia Flammarion i Jadwiga Piętkiewicz martwią się zerwaniem kontaktu z Metlerem. List precyzuje, że ksiądz jest „bardzo zmęczony, bo właśnie zdawał jeszcze jeden egzamin”. Archiwum Sorbony (rejstry alfabetyczne kandydatów) potwierdza, że pod koniec października zdawał egzamin z matematyki do klasy przygotowawczej.

Zainteresowanie Metlera studiami na Sorbonie można tłumaczyć tym, że na tej uczelni istniał wydział astronomiczny oraz (dziś również) obserwatorium, w którym wówczas znajdowały się między innymi dwie lunety: o średnicy 241mm do obserwacji oraz 219 mm do astrofotografii. Działalność obserwatorium została zawieszona zaraz po r. 1910 aż do r. 1980, kiedy obserwatorium znalazło się pod opieką Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Kiedy Jadwiga Piętkiewicz pisze, że dzień Sylwii Flammarion „tak pracowicie zajęty” „zawsze dla dobra innych”, być może robi aluzję do towarzystwa „Pokój i rozbrownienie przez kobiety” założonego przez adresatkę w 1899 roku.

Wydaje się, że zamknięcie zakładu w Juvisy i wysłanie siostr do Polski były pewnego rodzaju sankcją. W każdym razie osoby kierujące Domem św. Kazimierza mogły się martwić, obserwując coraz większe wpływy małżeństwa Flammarion, które wzrastały tym bardziej, że wspólnota w Juvisy nie była duża. Należeli do niej tylko ks. Metler, Matka Przełożona, 4 młodsze siostry włączając kuzynkę Metlera, Aleksandrę Nowakowską, 14 weteranów, 23 dzieci oraz 3 pracowników według spisu ludności z 1906 roku. Wówczas Kamil Flammarion był znany jako osoba związana, z jednej strony, z wyznawcami

spirytyzmu, a z drugiej strony, z takimi ludźmi jak Percival Lowell, którzy wierzyli w istnienie na Marsie kanałów skonstruowanych przez inteligentne istoty.

Ks. Metler zostanie we Francji jako guwerner dzieci księcia Poniatowskiego trochę dłużej. A potem odwiedzi Rzym, gdzie dostanie błogosławieństwo papieża Piusa X, którego już wcześniej spotykał wielokrotnie.

17 kwietnia 1908 r. Metler nareszcie dołączy do Sióstr Szarytek w Częstochowie. To polskie miasto jest ważnym centrum religijnym, gdzie odbywa się wiele pielgrzymek do ikony Czarnej Madonny. Siostry przyjmują Metlera w ich budynku, znajdującym się na ulicy Wieluńskiej 6, niedaleko klasztoru Paulinów. Metler przywozi tu swoje instrumenty astronomiczne, między innymi teleskop o średnicy 30 cm, i od razu rozpoczyna swoje obserwacje.

Metler pisze o tym okresie : *Po moim powrocie w roku 1908 do Polski po 16-letnim pobycie w Juvisy, w okolicach Paryża (...), pod wpływem Mistrza Flammariona wracałem z zamiarem pójścia do ludu Polski, niosąc mu wesolą nowinę Obywatelstwa Niebios – „citoyens célestes”*.

W r. 1911, 1912 oraz 1913, Metler jest ponownie wymieniany w czasopiśmie „L’Astronomie” wśród członków Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego jako nauczyciel w Częstochowie, ponieważ uczy astronomii w tamtejszym liceum. Zamierza zbudować nowe obserwatorium w celu popularyzacji astronomii. Sytuacja zaboru rosyjskiego nie pozwoli na to, mimo listu polecającego od Flammariona, cytowanego w gazecie: „Goniec Częstochowski”.

W pierwszej połowie 1915 roku, z powodu wybuchu wojny, Metler opuszcza Polskę i szuka schronienia w Stanach Zjednoczonych. Wraca stamtąd chory w maju 1918 roku. Potem zaraża się hiszpanką. Jest zmuszony pogodzić swoją działalność astronomiczną w Częstochowie oraz duszpasterstwo w swojej parafii oddalonej o kilkadziesiąt kilometrów od miasta, gdzie wszystko jest do odbudowania. Wielokrotnie leczy się w Domu Sióstr Szarytek w Gdyni nad Morzem Bałtyckim.

Mimo choroby, Metler weźmie udział w „Zjeździe dla Organizacji Nauki” w Polsce, który odbył się między 7 a 10 kwietnia 1920 roku w Warszawie. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Astronomii zostało stworzone w 1921r. Podobnie jak Francuskie Towarzystwo Astronomiczne, skupia ono astronomów zawodowych i amatorów. Na początku istnieje tylko sekcja w Warszawie.

23 lutego 1923 roku Metler, wybrawszy Kamila Flammariona jako Prezesa honorowego, stworzy komitet założycielski sekcji częstochowskiej. Papież Pius XI chwali i zachęca Metlera do pójścia śladem Kardynała Maffiego, ówczesnego dyrektora obserwatorium astronomicznego w Watykanie. 2 grudnia 1925 roku Metler podpisuje umowę z miastem Częstochowa stwierdzającą, że miasto ofiaruje Metlerowi dwie sale w miejskim muzeum oraz dawny pawilon wystawowy w Parku Staszica, budynek przyszłego obserwatorium astronomicznego. Według umowy Metler ma organizować comiesięczny wykład i obserwacje dla publiczności dwa razy tygodniowo oraz założyć miejską stację meteorologiczną.



Fot.7. Metler ze swoim teleskopem przed klasztorem jasnogórskim w Częstochowie.
(z archiwum dr. B. Wszolka)



Fot.8. Obserwatorium w Parku Staszica na zdjęciu z 1945 roku.
(z archiwum dr. B. Wszolka)

Na stronie 60 katalogu obserwatoriów astronomicznych, który Stroobant z innymi autorami opublikował w r.1931, wskazano, że obserwatorium w parku Staszica, kierowane wówczas przez Metlera, posiada teleskop o średnicy 30 cm z montażem równikowym, lunetę o średnicy 11 cm z apochromatycznym obiektywem Zeissa oraz zegar astronomiczny Rieflera. W tym obserwatorium zajmowano się gwiazdami zmiennymi. Na stronie 272 tego samego katalogu podano, że do Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Astronomii należy 450 członków z oddziałów: warszawskiego, częstochowskiego i lwowskiego. W następnym roku inne sekcje będą stworzone w Krakowie, Wilnie i w Toruniu.

Luneta o ogniskowej 203cm i średnicy obiektywu 11 cm została ofiarowana Metlerowi przez majora Wincentego Skrzywaną w 1928 roku. Zegar astronomiczny kupiło miasto Częstochowa. W roku 1933 miasto ofiaruje marmurowy cokół byłego pomnika cara Metlerowi, który wykorzysta go do skonstruowania zegara słonecznego umieszczonego przy obserwatorium.



Fot.9. Zegar słoneczny Metlera – stan z 2012 roku. (fot. B.Wszolek)

Metler figuruje ponownie jako „kanonik B. Metler” w kartotece członków Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego między r. 1925 a 1939, którym kieruje wówczas Gabriela, druga żona Kamila Flammariona. Kontynuuje swoją działalność popularyzacji astronomii, pisząc felietony w gazecie „Goniec Częstochowski”. Przyjmuje gości, a szczególnie uczniów z całej Polski, aż do 1450 osób w r. 1933. Tłumaczy im: „astronomia stykając się ze Wszechświatem bezpośrednio prowadzi do Prawdy - do Boga.” W tym zdaniu Metler interpretował na swój sposób powiedzenie Kamila Flammariona: „Ad veritatem per scientiam” („Do prawdy przez wiedzę”). Członkowie Polskiego Towarzystwa Astronomii Popularnej pomagają Metlerowi. W r. 1937 zapisano do niego 41 członków, włączając najważniejsze osoby świeckie i religijne w Częstochowie.

W r. 1934 Metler jest powołany do parafii Parzymiechy, znajdującej się wtedy przy granicy polsko-niemieckiej, oddalonej o 40 km od Częstochowy. Metler od razu buduje obserwatorium w tej wsi.

1 września 1939 roku, w dniu ogłoszenia wojny, Niemcy natychmiast atakują Parzymiechy. Podczas walki zginie ponad 80 polskich żołnierzy. Metler jest na miejscu ze swoim teleskopem.



Fot.10. Bonawentura Metler i Zygmunt Przesłański przy teleskopie o średnicy 30 cm, na podwórku plebanii w Parzymiechach. (z archiwum B. Wszółka)

Mieszkańcy Parzymiech chronią się w piwnicy plebanii. Obecny proboszcz parafii Parzymiechy, ks. Tadeusz Klimowicz, powiedział nam, że według świadków Metler tłumaczył ludziom, że Niemcy są narodem cywilizowanym więc nie ma się czego bać. Jednakże, Metler i pozostali ludzie schronieni w piwnicy zostali aresztowani już nazajutrz rano. Metlera oskarżono bezpodstawnie, że korzystał z teleskopu w celu szpiegowania. Zostanie zabity w tym samym dniu razem z wikariuszem i organistą. Niemcy oszczędzą pozostałe osoby, włączając krewne Metlera: siostrę Agnieszkę oraz kuzynkę Aleksandrę Nowakowską, towarzyszącą wujowi, jako siostra szarytka, od okresu pobytu w Juvisy.



Fot.11. Tablica nagrobna Metlera na cmentarzu parafialnym w Parzymiechach (fot. B. Wszółek)

Nadal nie wiadomo, czy tego dnia Niemcy natychmiast zniszczyli teleskop Metlera, czy gdzieś go przenieśli. Natomiast pozostałe instrumenty Metlera udało się bezpiecznie ukryć w Częstochowie.

Po wojnie obserwatorium oraz towarzystwo założone przez Metlera zaczęły znowu funkcjonować, a instrumenty odnajdą swoje miejsce. Obecnie Towarzystwo jest kierowane przez dr. Bogdana Wszółka, astronoma w Akademii im. Jana Długosza (AJD) w Częstochowie.



Fot.12. Aktualny wygląd dawnego obserwatorium astronomicznego Metlera w Parku Staszica w Częstochowie. (fot. Y.Oger)

Na zaproszenie dr. Bogdana Wszółka końcem kwietnia 2012 roku odwiedziliśmy Częstochowę. Obserwatorium w Parku Staszica zmieniono ostatnio na ośrodek pedagogiczny o nazwie „multicentrum - zodiak” i metaliczny szkielet konstrukcji dawnej kopuły znajduje się pod szklanym

sklepieniem. Zegar słoneczny Metlera (fot.9) stoi na swoim dawnym miejscu i można go zobaczyć z bliska. Widnieje na nim znamienita inskrypcja autorstwa Metlera: *Quam Virgo Dilexit/Hic Urbem Ad Astra/Appellat Et Gentem/Buona Ventura* (tak panna umiłowała to miasto, że ku gwiazdom je przynagła, ku lepszej przeznaczając przyszłości – *thum. B. Wszolek*).

W pełni sprawny zegar Astronomiczny oraz luneta Metlera, niedawno świetnie odrestaurowana przez dr. Wszółka, znajdują się obecnie w AJD (fot. 13 i 14). Zegar odmierza precyzyjnie czas, a luneta używana jest do uroczystych obserwacji. Ostatnio posłużyła do obserwacji tranzytu Wenus w dniu 6 czerwca 2012 (fot.15). AJD posiada nowoczesne planetarium cyfrowe, zorganizowane przez dr. Wszółka w 2006 roku, w którym daliśmy wykład dla częstochowskich miłośników astronomii oraz oglądaliśmy wspaniałe seanse astronomiczne.



Fot.13. Zegar astronomiczny Metlera w AJD w Częstochowie (fot. Y.Oger)



Fot.14. Luneta Metlera w AJD w Częstochowie (fot. Y.Oger)

Podczas pobytu w Częstochowie chcieliśmy jeszcze sprecyzować, co się stało z pierwszą lunetą Metlera, stworzoną zaraz po roku 1900 w Juvisy. Dr Wszółek zorganizował nam wycieczkę do Parzymiech oraz uroczyste spotkanie w tamtejszym Gimnazjum im. Bonawentury Metlera. Odbędzie się tam mini sesja naukowa poświęcona Metlerowi. Wysłuchaliśmy wielu ciekawostek dotyczących życia i śmierci Metlera oraz wygłosiliśmy wykład o związkach Metlera z Kamilem Flammarionem i siostrami Szarytkami w Juvisy pod Paryżem. Mogliśmy zobaczyć lunetę, którą Metler zrobił sam i która do niego należała. Obecnie luneta, w stanie wymagającym naprawy, jest przechowywana na plebanii w Parzymiechach. Wydaje się, że jej charakterystyka zgadza się

z opisem Flammariona. Instrument posiada tubę z częścią, którą można skrócić, co może być uzasadnione wąskim dojściem do obserwatorium Metlera w Juvisy.



Fot.15. Wenus na tle tarczy Słońca, z widoczną grupą plam słonecznych, sfotografowana z użyciem lunety Metlera (fot. 14) w dniu 6 czerwca 2012 roku ze Złotej Góry w Częstochowie. (fot. P.Ficek i B.Wszolek)



Fot.16. Wykładowcy i uczestnicy sesji metlerowskiej w Gimnazjum im. B. Metlera w Parzymiechach. Autorzy artykułu siedzą bezpośrednio przy portrecie Metlera. (fot. Y.Oger)



Fot.17. Dr Bogdan Wszolek przedstawia jedną z lunet Metlera. (fot.M.Wszolek)

Serdeczne przyjęcie nas w Parzymiechach, zarówno przez nauczycieli i młodzież Gimnazjum jak też przez panią wójt gminy i księdza proboszcza miejscowej parafii, obejmowało oprócz sesji również oglądanie wystawki pamiątek po Metlerze, zwiedzanie zachowanych jeszcze od czasów Metlera niektórych zabudowań plebanii oraz spacer na cmentarz - na miejsce spoczynku Metlera.



Fot.18. Gmach główny i dwie kopuły o średnicach 5 metrów w prywatnym obserwatorium astronomicznym budowanym przez dr. Bogdana Wszoleka w Rzepienniku Biskupim. (fot. Y.Oger)

W czasie naszego pobytu w Polsce, dr Wszolek zaprosił nas do swojego obserwatorium, które jest w trakcie budowy w Rzepienniku Biskupim na Podkarpaciu. Dwie kopuły oraz budynek do przyjmowania gości są praktycznie

skończone. Klejnotem obserwatorium ma być obecnie budowany nowoczesny radioteleskop o średnicy czasy 9 m. Tak jak w czasach Metlera, indywidualne inicjatywy grają ważną rolę w rozwoju polskiej astronomii.



Radioteleskop RT-9 zbudowany przez dr. Wszółka w Rzepeinniku Biskupim. (fot. B. Wszólek)

Podziękowanie

Dziękujemy bardzo za ogromną pomoc w naszych badaniach dr. Bogdanowi Wszółkowi (AJD w Częstochowie), dr Zygmuntowi Ostrowskiemu i siostrze Anieli Niemiec (Zakład św. Kazimierza) oraz pani Laurance Mayeur (Archiwum Wojewódzkie Essonne).

Niektóre źródła

- [1] Robert Świątek-Brzezinski, *Życie i działalność księdza Bonawentury Metlera* (la vie et les activités du prêtre Bonawentura Metler), Académie théologique papale de Cracovie et section de théologie du Séminaire de l'archidiocèse de Częstochowa, mémoire de master rédigé sous la direction du prêtre professeur Jan Związek.
- [2] Dans l'hebdomadaire *Niedziela* (Tygodnik Katolicki), une suite d'articles de Jan Związek parus en 2001 et intitulés Ks. Bonawentura Metler – duszpasterz i astronom (Le prêtre Bonawentura Metler – pasteur spirituel et astronome).
- [3] Aleksander Syski, *Zakład św. Kazimierza w Paryżu – Szkic historyczny* (L'Oeuvre de St Casimir à Paris: Essai historique), 1936.
- [4] *Bulletin de la Société Astronomique de France* (devenu en 1911 *L'Astronomie*). Stroobant P. et al, 1931, *Les observatoires astronomiques et les astronomes*, Casterman, Bruxelles
- [5] Recensements de 1896, 1901 et 1906 concernant l'avenue de la Cour de France à Juvisy.
- [6] <http://astronomianova.org/patronaty.php?lang=pl>

Satelita „Made in Poland”

Waldemar Zwierzchlejski

Astronomia Nova, Częstochowa

Pomimo tego, że nasz kraj od wielu dziesięcioleci konstruował przyrządy badawcze, które przekazywały informacje nie tylko o najbliższym sąsiedztwie Ziemi, ale udawały się w kierunku Wenus, czy nawet Saturna, nie mogliśmy się dotąd pochwalić samodzielnie zbudowanym satelitą. Sztuczny satelita to przecież nie tylko owe przyrządy, lecz skomplikowane urządzenie, wyposażone w źródło zasilania, środki łączności i wiele innych systemów. Dotychczas około 50 państw opanowało umiejętność budowania sztucznych satelitów, Polska późno – bo po ponad półwieczu od rozpoczęcia ery kosmicznej, dołącza do tego grona z miniaturowym obiektem o nazwie PW-Sat. Co charakterystyczne, dokonali tego nie profesjonaliści, lecz studenci zrzeszeni w SKA.

Pomysł

SKA to Studenckie Koło Astronautyczne przy Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej (stąd nazw PW-Sat). Zostało ono założone w roku 1996. Pierwsze działania polegały na podpatrywaniu kolegów z krajów Europy Zachodniej, zrzeszonych w Europejskiej Agencji Kosmicznej, wkrótce jednak zaczęto współpracować przy niektórych z tych projektów (np. SSETI czy YES-2). W końcu 2004 roku powstał pomysł zbudowania, wzorem wielu uczelni wyższych, własnego satelity. Od kilku lat grupy ambitnych studentów z różnych uczelni angażowały się w powstały w kalifornijskiej politechnice CalPoly projekt znormalizowanego pikosatelity, znanego pod nazwą CubeSat. Standard CubeSat 1U (jedna jednostka, istnieją także wersje 2U i 3U, będące zlepkiem dwóch bądź trzech jednostek podstawowych) oznacza kostkę o krawędzi 10 cm i masie nieprzekraczającej 1 kg. Takie miniaturowe satelity można wypełnić jakimś prostym urządzeniem – najczęściej są to miniaturowe kamery do obserwacji powierzchni Ziemi, czy mierniki poziomu radiacji – zapakować do kontenera P-POD (Poly Picosatellite Orbital Deployer), mieszczącego trzy jednostki CubeSat i po zapłaceniu za start (zazwyczaj jest to kwota zawierająca się w przedziale 10-25 tysięcy dolarów), czekać na wyniesienie na orbitę. Obecnie wiele rakiet jest przystosowanych do wynoszenia przynajmniej jednego, a nierzadko nawet kilku zasobników P-POD. Projektem na początku zarządzali Rafał Przybyła i Edyta Dziemińska, studenci drugiego roku, opiekunem naukowym został prof. dr hab. inż. Piotr Wolański. Pierwsze pomysły na program badawczy dotyczyły uzyskiwania obrazów Ziemi w zakresie podczerwonym, Księżyca w zakresie widzialnym, czy rozwinięcie lustra, mogącego oświetlać odbitymi promieniami słonecznymi fragment powierzchni Ziemi, znajdujący się w cieniu. Z czasem zdecydowano, że zespół zajmie się realizacją projektu systemu, mogącego w przyszłości mieć kardynalne znaczenie dla wszystkich – dosłownie wszystkich – obiektów wyniesionych na

orbitę. Nie trzeba daleko sięgać pamięcią, by przypomnieć sobie zderzenie rosyjskiego Kosmosa z amerykańskim Iridium, czy test broni antysatelitarnej, przeprowadzony przez Chińczyków, po których pozostało tysiące odłamków. Przestrzeń okołoziemską, a zwłaszcza niskie orbity (LEO – Low Earth Orbit), są zaśmiecone wszelkiego rodzaju śmieciami, odłamekami i gruzem w stopniu niczym nieodbiegającym od wielkich metropolii. Obecnie jesteśmy blisko chwili, w której jedno z przyszłych zderzeń orbitalnych wygeneruje chmurę odłamków, która spowoduje reakcję łańcuchową, mogącą zniszczyć wszystkie funkcjonujące obecnie satelity dosłownie w ciągu kilkudziesięciu godzin i na wiele dziesiątków lat uczynić LEO praktycznie niedostępną. Jednak co wspólnego miałyby mieć z tym PW-Sat? Oczywiście jego projektantom nie chodziło o stworzenie „kosmicznego odkurzacza”, czy też wozu asenizacyjnego, mającej uprzątnąć orbitalny śmietnik. Przeciwnie, zdecydowali, by wypróbować system, pozwalający na szybkie i efektywne sprowadzenie satelity w gęste warstwy atmosfery, bez użycia silnika. Postanowili wykorzystać naturalny opór stawiany przez szczątkową, niezmiernie rzadką, ale jednak atmosferę. Piękno idei polega na jej prostocie – jeżeli chcemy przyspieszyć sprowadzenie satelity z orbity, wystarczy zwiększyć jego powierzchnię przekroju. Najłatwiej osiągnąć to poprzez wyrzucenie z niego balonu, a następnie nadmuchanie go. To znana technika, na przykład na początku lat 60-tych XX wieku testowano w ten sposób metody odbijania sygnałów radiowych (satelity Echo). Metalizowana folia z mylaru o grubości zaledwie 0.01 mm doskonale spełniała rygorystyczne kryteria masowe i od wiosny 2005 roku wydawało się, że pierwszy polski satelita w roku przyszłym trafi na orbitę. Jednak na przeszkodzie temu stanęło kilka czynników. Po pierwsze, by uwolnić balon, należało odrzucić jedną ze ścianek – czego zabrania specyfikacja CubeSata (żadnych dodatkowych śmieci!). Po drugie, cienkościenny balon szybko padłby łupem mikrometeoroidów, prawdopodobnie szybciej, niż zdołano by oszacować efektywność procesu deorbitacji. Po trzecie wreszcie, konstruowanie satelity nie było głównym zajęciem członków SKA – było nim przecież zdobywanie wiedzy. Projekt na dwa lata praktycznie zastygł w miejscu. Jednak zdobyte doświadczenie i nawiązana współpraca (ze Studenckim Kołem Inżynierii Kosmicznej PW, z Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk, czy radioamatorami z Morskiego Klubu Łączności Akademii Morskiej „Szkuner”) nie poszły na marne. Projekt doszedł do punktu, w którym CalPoly zarejestrowała go, jako przedsięwzięcie oficjalne i zaoferowała wsparcie w wyniesieniu na orbitę.

Pierwsza zmiana koncepcji

Jak mówi przysłowie, nie ma tego złego, co by na dobre nie wyszło. Gdyby członkom SKA udało się zrealizować swój pomysł na czas (czyli do marca 2006 roku), to PW-Sat wystartowałby w lipcu z Bajkonuru, jako jeden z wielu CubeSatów, umieszczonych w rakiecie Dniepr. Jednak zamiast na orbitę, trafiłby jedynie w step, gdyż rakietę uległa awarii krótko po starcie. W maju 2007 roku, gdy definiowano ładunki użyteczne dla pierwszego lotu nowej europejskiej

rakiety nośnej Vega okazało się, że można będzie wysłać nią sześć (później liczbę tę zwiększono do dziewięciu) pikosatów, jako ładunek edukacyjny – a więc za darmo. Ponieważ od kilku tygodni Polska była państwem współpracującym z ESA w ramach PECS (Plan for European Cooperating States), szansa taka stała się również przed warszawskimi studentami. PW-Sat, jeden z 22 zgłoszonych projektów, został doceniony za pomysłowość i zaawansowanie techniczne. Należało się spieszyć, gdyż w tamtym okresie start Vegi zaplanowany był na koniec roku 2009. W tym czasie balon został już ostatecznie porzucony i zastąpiony rozwijanym kwadratowym, parasolopodobnym żaglem o długości boku 33 cm. Cel misji pozostał taki sam – deorbitacja – natomiast korzyści z żagla były poważne, gdyż odpadł problem jego nadmuchiwanie i ewentualnego przebicia, natomiast trzeba było rozwiązać inne zadanie – jak rozwinąć żagiel i utrzymać jego kształt? Rozwiązaniem był drut z nitinolu – stopu z pamięcią kształtu, które po podgrzaniu do temperatury 70°C zmienia swą formę na taką, jaka została mu wcześniej nadana. Według planu, po rozłożeniu żagla zejście PW-Sata z orbity nastąpić powinno po mniej więcej dwóch tygodniach (niehamowany pozostałby na orbicie ponad trzy lata). Eksperyment dostał nazwę LEONIDAS (**L**ow **E**arth **O**rbital **I**tinol based **D**eorbitation **A**cceleration **S**ystem). Ambitna grupa SKA oprócz żagla chciała też zrealizować drugi eksperyment (GADGET), polegający na komunikacji z satelitą poprzez rozproszoną sieć stacji radioamatorskich, kierowaną przez serwer komputerowy. PW-Sat miał powstać w trzech egzemplarzach: inżynierskim, kwalifikacyjnym i lotnym. Prace nad nimi wyraźnie zintensyfikowały się, choć start Vegi – jak każdej nowej konstrukcji astronautycznej – opóźniał się. Najpierw o rok, potem o pół roku, kwartał, kolejny kwartał – łącznie nieco ponad dwa lata. Trzeba przyznać, że te opóźnienia uratowały naszego satelitę, gdyż narastające problemy – niekoniecznie techniczne, gdyż niektóre były biurokratycznej natury, również spowodowały poważne poślizgi w harmonogramie. Jednak kolejne etapy, takie jak rozkładanie anten, czy nawiązywanie obustronnej łączności udało się przetestować z powodzeniem. W połowie roku 2009 studia ukończyła grupa studentów, która rozpoczynała prace przy nim. Projekt na cały rok ogarnęła stagnacja. Co gorsza, rozkładanie żagla, w teorii proste, w praktyce kończyło się sukcesem jedynie w ośmiu, czy dziewięciu wypadkach na dziesięć prób. To liczba bardzo daleka od wymaganej pewności na poziomie 99.99%.

Dруга zmiana koncepcji

Jesienią 2010 roku nastąpiła zmiana warty – pieczę nad PW-Satem objął Maciej Urbanowicz. Dzięki jego decyzjom projekt zmienił się nie do poznania. Po pierwsze w miejsce żagla wprowadzono „ogon” – konstrukcję sprężynową o długości ponad jednego metra po rozłożeniu, a zaledwie trzech centymetrów w stanie złożonym. Co więcej, pokryto ją z czterech stron cienkimi, elastycznymi ogniwami fotowoltaicznymi (bateriami słonecznymi), które co prawda nie służyły do zasilania satelity (potrzebną energię pobierał z własnych, umieszczonych na czterech ściankach bocznych), jednak mierzono napięcie

generowanego przez nie. Ogniwa te stanowiły jednocześnie powierzchnię, stawiającą zwiększony opór atmosferyczny – nadal główny cel badawczy satelity. Po drugie, zrezygnowano z koncepcji budowania wszystkiego od podstaw we własnym zakresie – zakupiono podsystemy łączności, anteny, zasilacz oraz komputer. Powodem było żądanie ESA, by do czerwca 2011 roku satelita znalazł się w laboratoriach agencji, pod groźbą utraty miejsca w Vedze. Mimo zakupów, budżet całego projektu zamknął się kwotą 200 tysięcy złotych – jak na astronautykę, nawet miniaturową – śmiesznie niską. W marcu 2011 swe siły i laboratoria udostępniło studentom CBK – co znamienne, w kilku przypadkach z satelitą ponownie spotkali się ludzie, którzy swe pierwsze kroki stawiali właśnie w SKA, a obecnie pracowali w CBK przy konstruowaniu pierwszego polskiego satelity naukowego Lem. Idea CubSata – laboratorium dla zdobycia doświadczeń przez młodych adeptów astronautyki - znalazła swe potwierdzenie w praktyce!

Droga na kosmodrom

Ze względu na brak czasu, zrezygnowano z budowy wersji inżynierskiej i kwalifikacyjnej nowego PW-Sata i we wrześniu przystąpiono od razu do montażu modelu lotnego. 12 października ukończono budowę pierwszego polskiego satelity, dwa dni później rozpoczęto testy wstrząsowe i termiczno-próżniowe w laboratoriach Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych. Zakończyły się one pozytywnie, wszystkie elementy satelity działały nawet przy przyspieszeniach rzędu 50 G. 17 października można go było przedstawić mediom. Dzień później Maciej Urbanowicz zawiózł pociągiem PW-Sata do ESTEC (European Space Research and Technology Centre) w Norwijk (Holandia). Choć wiara w lot polskiego satelity była niewielka – na tablicy misji zaaprobowanych do lotu na Vedze PW-Sat został wykreślony, w rzeczywistości był pierwszym CubeSatem, który dotarł do Holandii. W sumie było ich siedem (część ekip nie zdążyła zbudować swych CubeSatów). Zostały one umieszczone 9 listopada w kontenerach P-POD (nasz satelita dzielił miejsce z węgierską kostką Masat-1 i rumuńską Robusta). Po testach wibracyjnych, wykonanych w Tuluzie, zostały one przetransportowane do Gujany Francuskiej – na miejsce startu. W połowie grudnia nastąpiła integracja P-PODów z platformą ładunku użytecznego i 23 stycznia 2012 roku Vega stanęła na stanowisku startowym ZLV (Zone de Lancement Vega), powstałym po przebudowie ELA-1 – pierwszego stanowiska, przeznaczonego dla rakiet rodziny Ariane.

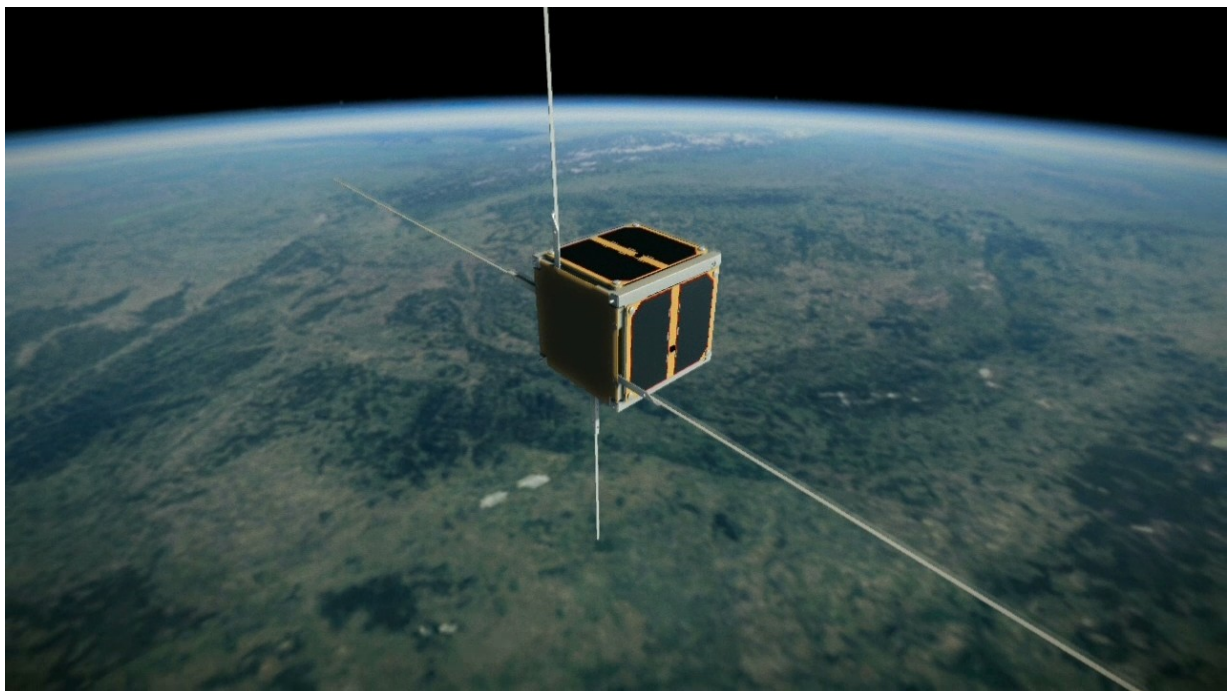
Polski satelita

13 lutego 2012 roku 10:00 GMT pierwsza rakietą Vega (lot VV-01), a wraz z nią pierwszy polski sztuczny satelita Ziemi, wystartowała. Na orbicie o pułapie 310-1442 km i inklinacji 69.5° satelita znalazł się w T+1:10:35.6. Godzinę i jednaście minut po starcie PW-Sat został samodzielnym obiektem kosmicznym. Wstępnie, gdyż nie dobiegł jeszcze proces ostatecznej identyfikacji, przyznane mu zostały oznaczenia katalogowe United States Strategic Command (USSTRATCOM) 38083 i 2012-006G. Pół godziny później

(T+6077 sekund) nastąpiła jego aktywacja: rozłożenie anten i włączenie systemów pokładowych.

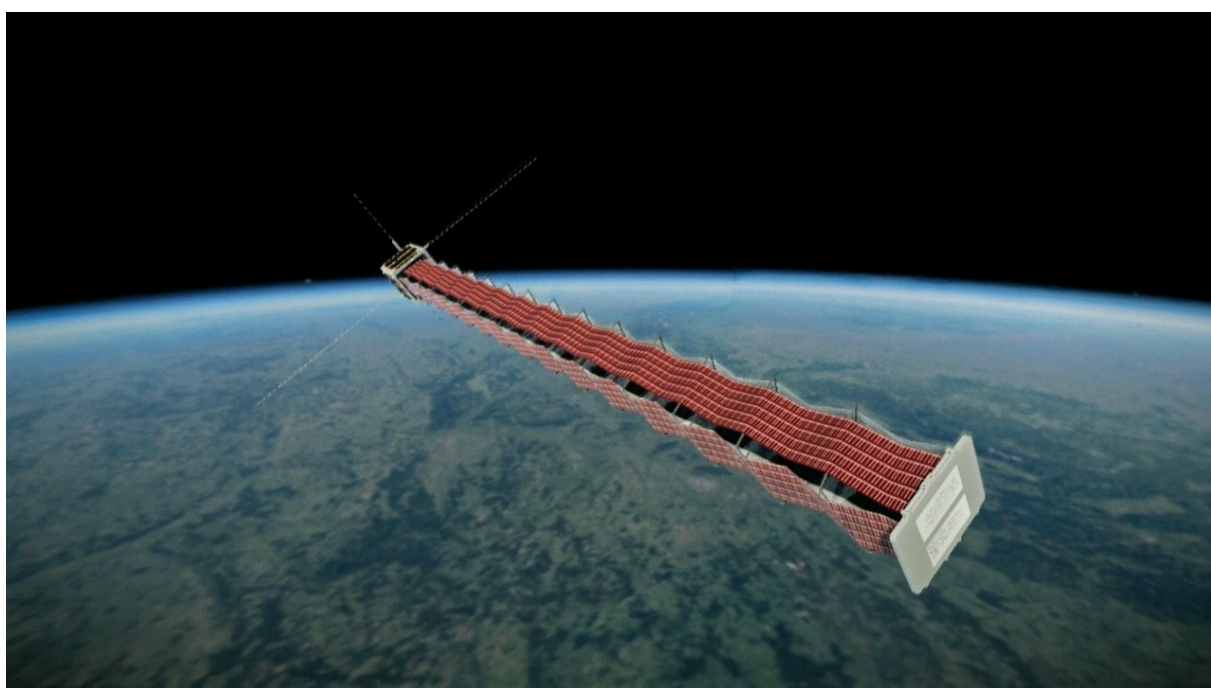


Start z wyrzutni ELA-1 kosmodromu Kourou za pomocą rakiety nośnej Vega w jej pierwszym locie (VV-01). (z archiwum A.Kotarby)



6077 s po starcie z kosmodromu nastąpiło rozłożenie anten i aktywacja PW-Sata. (z archiwum A.Kotarby)

Niedługo potem odebrano z niego sygnały, potwierdzające prawidłowe działanie wszystkich systemów. Rozłożenie ogona zaplanowane było na ostatni tydzień marca, jednak zostało przesunięte o kilka tygodni. Powodem jest lekko ujemny bilans energetyczny satelity. Spowodowane jest to zbyt krótkimi przerwami pomiędzy wysyłaniem paczek danych telemetrycznych, w wyniku czego, bateria nie ładuje się całkowicie. Podczas przelotów nad Polską jest akurat rozładowana i satelita nie może przyjąć pakietu komend, mających poprawić tą sytuację. Zespół konstruktorów pracuje obecnie nad rozwiązaniem problemu. Jest on stosunkowo drobny, rozwiązaniem będzie prawdopodobnie wysłanie komend ze stacji, położonej na południowej półkuli. Wszystko wskazuje na to, że pierwszy polski satelita i jego konstruktorzy odnieśli sukces. Należy im życzyć przypięczętowania sukcesu rozwinięciem „ogona” i zniszczeniem satelity w atmosferze.



Wizja PW-Sata z rozwiniętym „ogonem”. (z *archiwum A.Kotarby*)

Kalendarze Majów

Kinga Raczyńska

Instytut Historii, AJD w Częstochowie

Majowie to jeden z najbardziej tajemniczych ludów w historii. W czasach, gdy Europa wkraczała dopiero w średniowiecze, w dżungli Meksyku i Gwatemali istniała wysoko rozwinięta cywilizacja, której wiedza naukowa zadziwia do dziś. Tam właśnie w skrajnie niekorzystnych dla życia warunkach, powstały, między II a VIII w. n.e., najpiękniejsze miasta Majów, a ich rozwój cywilizacyjny osiągnął najbardziej dojrzałą postać.

Majów fascynował czas, można powiedzieć, że był wręcz ich obsesją. Żadna inna cywilizacja nie przywiązywała tak dużego znaczenia do upływającego czasu. Majowie korzystali z siedemnastu kalendarzy, tyle przynajmniej odkrył świat nauki. Starszyzna majańska mówi dziś o dwudziestu systemach kalendarzowych. Były to kalendarze astronomiczne lub astrologiczne (wróżbiarskie). Wśród kalendarzy o charakterze astronomicznym najbardziej znane to Tzolkin (Rys.2.), Haab i Długa Rachuba¹. Cywilizacja rozwijająca się w Ameryce Środkowej stworzyła kalendarz dokładniejszy od tego, którym posługiwała się ówczesna Europa.

Tzolkin to kalendarz bardzo stary, który pochodzi co najmniej z czasów olmckich. Jest używany również w czasach nam współczesnych przez niektóre plemiona posiadające korzenie majańskie. Jego konstrukcja jest stosunkowo prosta, jednak przez ponad 100 lat naukowcy nie mogli go odczytać. Udało się to dopiero w latach 80-tych zeszłego stulecia. Jeśli chodzi o interpretację znaków w Tzolkin, jest ona jednoznaczna na całym świecie. Rachuba czasu polega na jednoczesnym posługiwaniu się dwudziestoma nazwami i trzynastoma liczbami. Nie działa on na zasadzie sekwencji, w przeciwieństwie do kalendarza gregoriańskiego².

Tzolkin jest „świętą matrycą”. Należy zwrócić uwagę, iż w swojej prostocie wyraża genialność twórców. Zawiera 20 pieczęci biegnących poziomo, oraz liczby od 1 do 13 biegnące pionowo. Łącznie liczy 260 pól. Każda z liczb tzolkin, z liczbą jej przeciwległą, po zsumowaniu, daje liczbę 14. Natomiast 52 pola, zaznaczone zielonym kolorem, tworzą tzw. portale (w te dni „energia dociera na Ziemię szybciej”). Rząd pustych pól, oddzielających symetrycznie portale, nazywany jest kolumną mistyczną. Majowie wierzyli, że właśnie w tych dniach następowała wymiana wiadomości ze Wszechświatem³. Najłatwiej można go sobie wyobrazić w formie dwóch kół zębatach, obracających się w przeciwnych kierunkach.

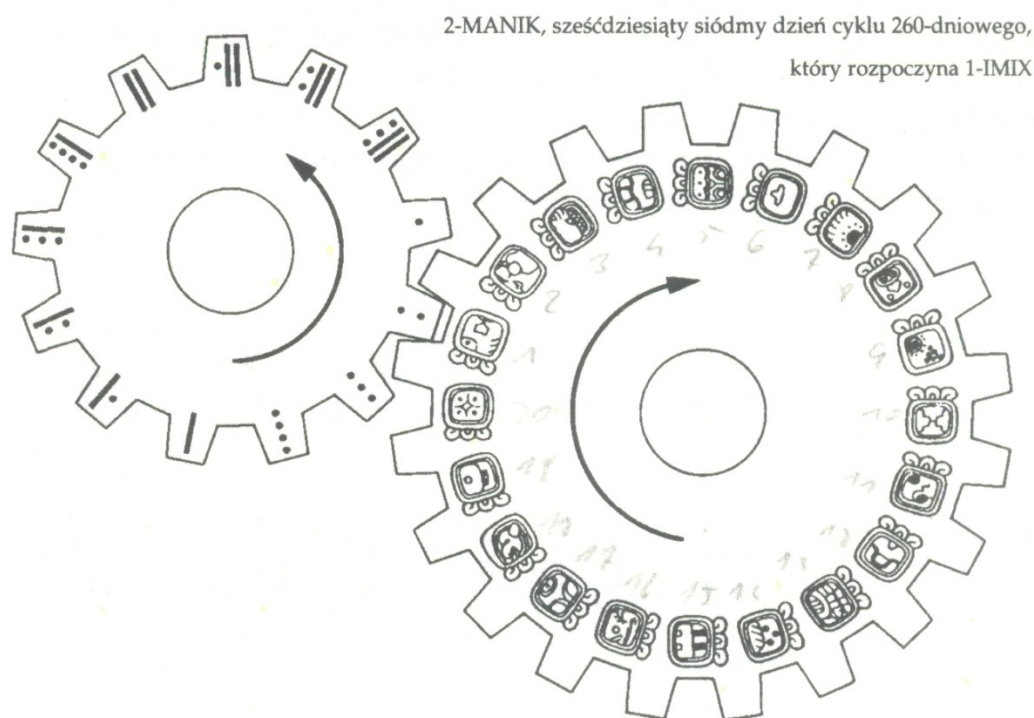
13-księżycowy Dreamspell lub *Kalendarz Trzynastu Księżyców* rozpoczyna bieg 26 lipca. Kalendarz liczy 13 miesięcy po 28 dni, co daje łącznie 360 dni. 26

¹ A. G. Gilbert, M. M. Cotterell, *Prorocza wiedza Majów*, Londyn 1997, s. 29-31.

² Tamże, s. 30.

³ <http://www.maya.net.pl>

lipca, każdego roku jest tzw. Zielony Dzień. Możemy zadać sobie pytanie: skąd wzięła się ta data? Otóż odpowiedź w przypadku cywilizacji Majów, jest banalnie prosta: z uważnej obserwacji nieba. Otóż wszystkie wielkie kultury – nie tylko majańska – były przekonane o szczególnej energii Syriusza, docierającej na Ziemię pod koniec lipca, a dokładniej pomiędzy 24 a 27 lipca, czyli w tzw. Dni Ps⁴.



Rys.1. Rachuba czasu w cyklu 260- dniowym.

(Źródło: A.G. Gilbert, M.M. Cotterell, *Prorocza wiedza Majów*, Londyn 1997, s 31.)

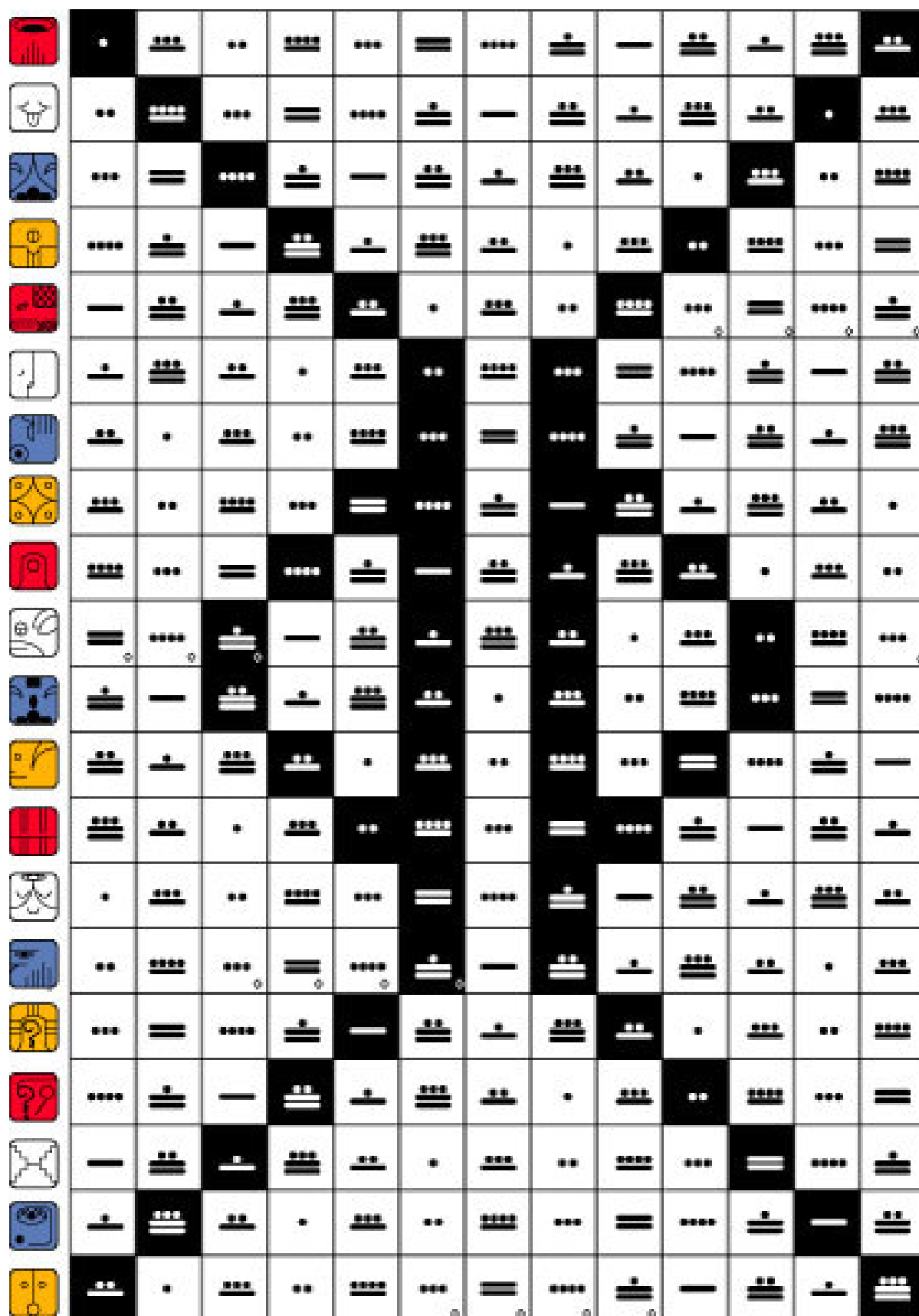
Dlatego większość kalendarzy wróżbiarskich Majów rozpoczynała się 24 lipca, zaś kalendarze astronomiczne 26 lipca. Jose Argüelles przyjął datę 26 lipca. Tego dnia dochodziło w dawnych epokach do koniunkcji Słońca i Syriusza, dwóch najjaśniejszych gwiazd na niebie⁵.

Haab jest drugim kalendarzem, po Tzolkin, jakim posługiwali się Majowie. Składa się z 365 dni (nie licząc $\frac{1}{4}$ dnia, która występuje w kalendarzu gregoriańskim w formie lat przestępnych). U Majów rok kalendarzowy składa się z 18 miesięcy 20- dniowych, które razem dawały 360 dni. Dodawano jeszcze jeden miesiąc mający tylko pięć dni. Nazywano go Uayeb. Uważano go za pechowy i zawsze się go obawiano. Dni pozostałych 18 miesięcy liczono od zera (nazywanego „siedzibą” miesiąca) do 19, stosując rachubę sekwencyjną⁶. Wielu naukowców twierdzi, że kalendarz ten służył do wyznaczania pór siewów i zborów.

⁴ J. Argüelles, *Faktor Majów*, Warszawa 2008, s. 174-178.

⁵ J. Argüelles, *Faktor Majów*, Warszawa 2008, s. 178.

⁶ A. G. Gilbert, M. M. Cotterell, *Prorocza wiedza Majów*, Londyn 1997, s. 31-32.



Rys.2. Tzolkin. (Źródło: <http://www.maya.net.pl>)

Moduł kalendarza Majów, nadawał się idealnie do rejestracji zdarzeń z niezbyt odległej przeszłości. Jednak przy dokonywaniu obliczeń większych okresów czasu, wprowadzał pewne ograniczenia. Majowie postanowili je przewyciężyć wprowadzając system zwany „Długą Rachubą” (ang. „Long Count”). To właśnie zaawansowana rachuba czasu Majów różniła ich od Azteków.

Kalendarz gregoriański ma swoje wydarzenie bazowe, jest nim narodzenie Chrystusa. Daty wcześniejsze od tego wydarzenia liczy się wstecz, a późniejsze – w przód. Za pomocą tego kalendarza możemy określać daty w dowolnym czasie historycznym lub epoce. Natomiast w Ameryce Środkowej kalendarz chrześcijański nie był znany, aż do czasu przybycia Hiszpanów. Dla Majów wydarzeniem bazowym kalendarza były tzw. Narodziny Wenus. Przez to określenie, rozumiano „pierwsze” wzejście tej planety. To właśnie w oparciu o ruchy Wenus stworzyli złożony system kalendarzowy obejmujący swym zasięgiem tysiące lat⁷.

Według Majów, w roku 2012 kończy się cykl, który wypełnił już swoje zadanie w linearnym czasie. W podcyklu „Wielkiego Roku” staniemy się świadkami przemian materii. Wiele kultur, takich jak: tybetańska, Dogonów, Hopi, przepowiedziało podobną datę dokonania się wielkiego „cudu” na Ziemi. Kosmologia Majów podaje, że homo sapiens przebył już trzy takie 26 000-letnie cykle, a obecny czwarty domknie się 21 grudnia 2012 roku. Z przekazów Majów bardzo jasno wynika, że "jeden świat" trwa 26 000 lat - analogicznie jak rok platoński⁸.

Wiele osób błędnie odczytuje datę 21 grudnia 2012 roku, jako wyznaczającą „koniec świata”. Wynika to zapewne z faktu, że właśnie wtedy kończą się obliczenia kalendarzowe Majów. Otóż jak wcześniej wyjaśniono, w roku 2012 kończy się jedynie kolejny rok platoński, według przyjętego przez Majów początku odliczania.

⁷ Tamże, s. 34.

⁸ J. Argüelles, Faktor Majów, Warszawa 2008, s. 172.

Częstochowskie obserwacje tranzytu Wenus w roku 2012

Bogdan Wszolek

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Wprowadzenie

Dla wielu Wenus to odwieczna bogini piękna, miłości i płodności, uosabiająca żeński pierwiastek przenikający Wszechświat, znajdująca różne religijne wyrazy w różnych kulturach. Dla innych, to cudowne tajemnicze źródło światła na niebie, przykuwające swoim blaskiem uwagę nawet tych, którzy dawno zagubili zdrową wrażliwość na uroki natury. Astronom powie, że Wenus to jedna z planet Układu Słonecznego, okrążająca Słońce po orbicie trochę ciaśniejszej niż Ziemia. Z użyciem lunety do badań astronomicznych Galileusz pierwszy ogłosił rewelację, że Wenus wykazuje fazy, na podobieństwo faz Księżyca. Kepler zaś policzył, że Wenus, jako planeta dolna, powinna raz na jakiś czas, podczas jej dolnej koniunkcji, przechodzić przed Słońcem i przez jakiś czas być widoczną w postaci czarnej kropki na tle jego świetlistej tarczy.

Zjawiska zakrycia Słońca przez ciała niebieskie nie są czymś tajemniczym. Wszystko zależy od wzajemnego usytuowania Słońca, obserwatora i jakiegoś ciała niebieskiego. Najczęściej, bo raz na dobę, dochodzi do zakrycia Słońca przez Ziemię. Podczas tego zakrycia najzwyczajniej mamy noc. Rzadziej zdarza się zakrycie Słońca przez Księżyc – mamy wtedy tzw. zaćmienie Słońca. Jeszcze rzadziej dochodzi do przejść Merkurego na tle tarczy słonecznej. Najrzadziej, bo tylko 4 razy na 243 lata, zachodzi zjawisko przejścia (tranzytu) Wenus na tle Słońca. Przed wynalezieniem lunety i przed odkryciem przez Keplera praw ruchu planet, obserwacje tranzytów były praktycznie niemożliwe. Chociaż przy bardzo sprzyjających warunkach jest możliwe zauważenie gołym okiem ciemnej plamki na tle tarczy Słońca, to po pierwsze trzeba było mieć świadomość, że czegoś takiego warto wypatrywać i, po drugie, dobrze było wiedzieć, kiedy z grubsza miałyby nastąpić taki tranzyt. Przed Keplerem i Galileuszem to dla wielu był strach nawet pomyśleć, że coś podobnego mogłoby się zdarzyć. Gatunek ludzki najprawdopodobniej miał przyjemność oglądać zjawisko tranzytu Wenus dopiero siedem razy (w latach 1639, 1761, 1769, 1874, 1882, 2004 i 2012). W Europie zjawisko mogło być w pełni obserwowane dopiero dwa razy: 6 czerwca 1761 oraz 8 czerwca 2004. Następna podobna okazja nadarzy się w Europie 11 czerwca 2247. Nie widzieli tranzytu Wenus: ani Kopernik, ani Galileusz, ani Kepler, ani Newton, ani większość wspaniałych myślicieli przeszłości. Obserwacjom tranzytów Wenus zawsze towarzyszą niezwykle emocje na okoliczność pogody. W przypadku chmur zakrywających Słońce, obserwacja tranzytu staje się niemożliwa.

Obserwacje tranzytów Wenus odegrały bardzo ważną rolę, jeśli chodzi o rozwój kulturowy ludzkości. Przede wszystkim obserwacje tranzytów Wenus pozwoliły ustalić wartość jednostki astronomicznej, a tym samym ustalić odległości wszystkich planet Układu Słonecznego od Słońca. Wystarczy

wspomnieć, że pierwsza obserwacja tranzytu (4 grudnia 1639), wykonana tylko przez dwóch ludzi na świecie (Jeremiah Horrocks i William Crabtree) i to tuż przed zachodem Słońca, a nagłośniona przez Heweliusza w 1661 roku, sprawiła, że trzeba było drastycznie zmienić wyobrażenia o rozmiarach świata, w którym żyjemy. Okazał się on być co najmniej kilka razy większy niż wcześniej sądzono. Dwa tranzyty osiemnastowieczne spowodowały początek naukowej współpracy międzynarodowej. Wielkie wyprawy naukowe, w tym zorganizowana przez kapitana Jamesa Cooka, na obserwacje tranzytu Wenus przyniosły korzyści nie tylko dla astronomii, ale także dla geografii i innych ważnych dziedzin. Zarysowała się wtedy wyraźnie konieczność wypracowania technik ścisłego wyznaczania współrzędnych geograficznych w skali globalnej. Tranzyt Wenus obserwowany w Petersburgu przez Łomonosowa w roku 1761 pozwolił uczonemu odkryć atmosferę Wenus. Ożywiło to wyobrażenia o możliwości występowania życia na Wenus i tym samym przyspieszyło badania Układu Słonecznego. Dziś wiemy, że Wenus znajduje się w stadium rozwoju bardzo odległym od wcześniejszych oczekiwań i zupełnie nie sprzyja podtrzymaniu życia. Wiedza o warunkach na Wenus, zwłaszcza o tym, do czego może doprowadzić efekt cieplarniany, pomaga jednak lepiej zabezpieczać życie na samej Ziemi, choćby poprzez rozporządzenia zapobiegające nieodpowiedzialnej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Wymieniając korzyści wynikające z dawniejszych tranzytów Wenus należy wspomnieć i o tym, że współczesne metody masowego wykrywania egzoplanet podobnych do Ziemi (kosmiczna misja „Kepler” zapoczątkowana w roku 2009) wykorzystują właśnie zjawisko tranzytu tych planet na tle ich macierzystych gwiazd.

Wcześniejsze obserwacje tranzytów Wenus w Częstochowie

Autorowi nie są znane żadne dokumenty wskazujące na obserwacje tranzytu Wenus w Częstochowie wcześniej niż w roku 2004. Wiadomo, że 6 czerwca 1761 roku w Polsce zjawisko to obserwował astronom królewski, jezuita ks. Stefan Odrowąż Łuski, z tarasu Biblioteki Załuskich w Warszawie. Wtedy w Częstochowie potencjalnie mogli zrobić to również ojcowie Paulini na Jasnej Górze. Nie wiemy jednak, czy była tu wtedy odpowiednia pogoda, czy ktoś wiedział, że zjawisko ma się zdarzyć, czy dysponowano wiedzą i sprzętem dla przeprowadzenia obserwacji, czy w końcu obserwacje astronomiczne nie kłóciły się ze światopoglądem osób duchownych rezydujących na Jasnej Górze.

Trzy dalsze tranzyty (1769, 1874 i 1882), nawet w przypadku pięknej pogody, nie mogły być z Częstochowy obserwowane, bo wypadły w nocy. Para tranzytów z końca XIX wieku przypadała na okres życia wielkiego popularyzatora astronomii w Częstochowie – księdza Bonawentury Metlera. Był on 8-letnim dzieckiem podczas pierwszego tranzytu i 16 letnim młodzieńcem podczas drugiego. Ani wiedza astronomiczna, ani miejsce przebywania nie dawały mu wtedy szans na zaobserwowanie zjawiska. Pozostaje uznać, że pierwszych w historii Częstochowy obserwacji tranzytu Wenus dokonano dopiero w roku 2004. Oficjalna akcja obserwacyjna została wtedy

zorganizowana na terenie Instytutu Fizyki ówczesnej Wyższej Szkoły Pedagogicznej przez autora niniejszego artykułu, w ramach działalności Sekcji Astronomicznej Częstochowskiego Towarzystwa Naukowego. Sekcja istniała już na kilka miesięcy przed jej formalnym zalegalizowaniem w Częstochowskim Towarzystwie Naukowym, a zawiązała się pod wpływem mającego wkrótce nastąpić tranzytu Wenus, do obserwacji którego należało się odpowiednio przygotować. Szczegółowa relacja z obserwacji tego zjawiska znajduje się w XXXI tomie Ziemi Częstochowskiej [1] oraz w pierwszym numerze Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego [2] i nie ma potrzeby szeroko się nad nim tu rozwodzić. Wypada jednak wspomnieć, że tranzyt obejrzało wtedy około tysiąca częstochowian. Uchwycono momenty wszystkich czterech kontaktów oraz wykonano w sumie około 30 dokumentalnych fotografii. Obserwacja tranzytu Wenus przez Prezydenta Częstochowy zaowocowała przyznaniem rok później przez Urząd Miasta funduszy na zakup nowoczesnego planetarnego systemu projekcyjnego. Otwarte w 2006 planetarium częstochowskie stało się najbardziej widocznym i najłatwiej rozpoznawalnym rezultatem zorganizowanej w Częstochowie akcji obserwacyjnej tranzytu Wenus w roku 2004. Ożywienie zainteresowań astronomią, jakie nastąpiło w Częstochowie po tym tranzycie, zaowocowało m.in. tym, że wiele młodych osób z Częstochowy podjęło studia astronomiczne na renomowanych uczelniach, krajowych i zagranicznych. Rozpoczęto też w 2004 roku wydawanie Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego. Nadto w roku 2009 reaktywowano Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii im. ks. Bonawentury Metlera oraz powołano do życia Stowarzyszenie Astronomia Nova o zasięgu międzynarodowym, zrzeszające już ponad siedemdziesiąt astronomów zawodowych i zaawansowanych miłośników astronomii. Od roku 2009 odbyło się w Częstochowie sześć astronomicznych konferencji naukowych, z czego trzy miały charakter międzynarodowy. Od roku 2005 odbyło się też dziewięć konkursów astronomicznych *URANIA*, urastających powoli do rangi ogólnopolskiej. Od roku 2011 odbyły się dwa konkursy artystyczno-astronomiczne *Ars Astronomica* o zasięgu międzynarodowym. Wymieniłem tylko niektóre przejawy aktywności astronomicznej w naszym mieście, napędzane w istocie tym wszystkim, co zdarzyło się za sprawą Wenus dnia 8 czerwca 2004 roku.

Tranzyt Wenus w dniu 6 czerwca 2012

Można śmiało stwierdzić, że nikt z pośród ludzi obecnie żyjących na Ziemi nie zobaczy już nigdy tranzytu Wenus. Świadomość tego faktu w sposób szczególny motywowała częstochowskich astronomów i miłośników astronomii do podjęcia akcji obserwacyjnej końcowej fazy tranzytu z dnia 6 czerwca 2012. W stosunku do obserwacji w 2004 roku pojawiły się niesprzyjające okoliczności. W Częstochowie tranzyt mógł być potencjalnie obserwowany tylko przez około dwie godziny, poczynając od wschodu Słońca (4:32). Miejsce obserwacji musiało być zatem położone odpowiednio wysoko oraz trzeba było wstać bardzo wcześnie.

Wybór miejsca obserwacji nieoczekiwanie nastęrczył problemów i dostarczył wielu negatywnych emocji i rozterek natury religijnej. Z ogólnie zrozumiałych względów, co wcześniej było zauważone i powszechnie uznane na spotkaniach środowych częstochowskich miłośników astronomii, najbardziej odpowiednim miejscem w Częstochowie do przeprowadzenia tej obserwacji była Jasna Góra. Przemawiało za tym wiele argumentów, zarówno praktycznych jak i tych o głębszym znaczeniu. Na tej górze od najdawniejszych czasów oddaje się cześć żeńskiemu pierwiastkowi we Wszechświecie. Ikona Czarnej Madonny symbolizuje Matkę Chrystusa oraz naszą Kosmiczną Matkę, a gwiazdy, które natchnieni artyści umieścili na jej wizerunku, nie są czczymi ozdobnikami czy dystynkcjami, ale mówią o kosmicznym aspekcie egzystencji człowieka i przypominają zachwyt rozgwieżdżonym niebem naszych praojców, na którym królowała ta niesamowita, traktowana jako boska, którą my nazywamy Wenus. Toż na Jasnej Górze właśnie, w Parku Staszica, widnieje wyryta na zegarze słonecznym sentencja ułożona przez księdza Bonawenturę Metlera: *Quam Virgo Dilexit/Hic Urbem Ad Astra/Appellat et Gentem/Buona Ventura* (co znaczy: Tak Panna umiłowała to miasto, że ku gwiazdom je przynagła, ku lepszej przeznaczając przyszłości). Był i inny głębszy powód przeprowadzenia obserwacji astronomicznej z Jasnej Góry. Kościół Katolicki coraz bardziej uchodzi w odbiorze społecznym za jakiś „bastion średniowiecza”, hamujący postęp i rozwój cywilizacji. Ile dobrego można było zrobić w tym kontekście dla Kościoła powszechnego i lokalnego pokazując społeczeństwu, że obserwacje astronomiczne, w odbiorze społecznym uchodzące zawsze, jako bardzo naukowe i w najwyższej mierze postępowe, przeprowadza się w największym polskim sanktuarium; jeszcze spod pomnika Jana Pawła II, który przecież rehabilitował Galileusza i przeproszał za średniowieczne błędy Kościoła dokonane na styku nauka-wiara. Ilekroć by wspomniano w przyszłości tą wyjątkową obserwację Wenus, tyle razy świadczone by przy okazji, że Kościół nie boi się postępu i jest otwarty na prawdę. Niestety, włodarze szczytu jasnogórskiego sprzeciwili się udostępnieniu terenu dla przeprowadzenia obserwacji, o czym świadczy dobitnie dokument zamieszczony na końcu niniejszego artykułu. Kiedy w wielu miejscach Częstochowy obserwowano tranzyt Wenus, w klasztorze jasnogórskim wszyscy spali, wyłączając wolne psy na wałach, które strzegąc bastionu mogły obserwować wynurzające się spoza chmur Słońce i być może dostrzegły w tym dniu coś niezwykle na jego tarczy.

Ostatecznie, z inicjatywy autora niniejszego artykułu, zorganizowano w Częstochowie trzy punkty obserwacyjne dla podziwiania i dokumentowania zjawiska:

1. Na tarasie obserwacyjnym w Instytucie Fizyki AJD – teleskop Zeissa „Meniskas” ($D=150$ mm, $F=225$ cm) wraz z firmowym filtrem słonecznym (SFS 63) oraz cyfrowy aparat fotograficzny firmy Canon (lustrzanka 450D); stanowisko tylko fotograficzne. Z tego miejsca i tym samym teleskopem w roku 2004 prowadzono obserwacje tranzytu i jego publiczny pokaz. Tym razem pokaz był niemożliwy w związku z prowadzonymi pracami budowlanymi.

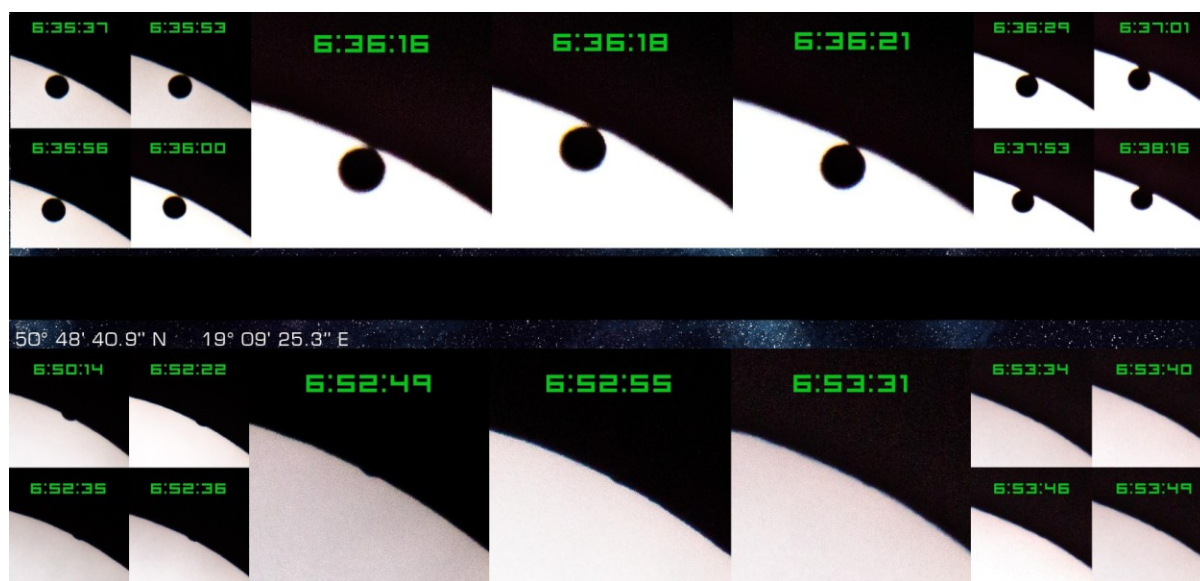
2. W holu budynku Instytutu Fizyki AJD (obserwacja przez okno) – luneta astronomiczna Zeissa „Telementor” ($D=63$ mm, $F=83$ cm) wraz z ekranem słonecznym, druga taka sama luneta, lecz z filtrem obiektywowym wykonanym we własnym zakresie z folii mylarowej, *camera obscura* oraz stanowisko do podglądu zjawiska na żywo drogą transmisji internetowej; obserwacjom towarzyszył publiczny pokaz zjawiska połączony z wydawaniem certyfikatów.
3. W punkcie widokowym na Złotej Górze w Częstochowie – wiekowa luneta Metlera firmy Zeiss ($D=110$ mm, $F=203$ cm) wyposażona w obiektywowy filtr słoneczny wykonany z folii mylarowej oraz ekran i dwa aparaty fotograficzne (cyfrowa lustrzanka Nikon D5100 oraz Praktica z filmem FUJI 200), luneta Zeissa „Telementor” wraz z ekranem do projekcji okularowej; stanowisko służyło dokumentacji fotograficznej oraz pokazom publicznym tranzytu połączonym z wydawaniem certyfikatów.

Złota Góra leży na wschodnich obrzeżach miasta, daleko od centrum. Została obrana na główny częstochowski punkt obserwacyjny unikalnego zjawiska astronomicznego po tym jak władze klasztoru na Jasnej Górze odmówiły zgody na przeprowadzenie obserwacji astronomicznych i ich publicznego pokazu z „Wałów Jasnogórskich”. Historyczna luneta, подарowana w 1928 roku księdzu Metlerowi przez majora Wincentego Skrzywana, przez wiele lat służyła częstochowskim miłośnikom astronomii w Obserwatorium Astronomicznym zorganizowanym przez Metlera w Parku Staszica. Potem przez wiele lat była poza Częstochową (głównie w Potarzycy) i dopiero w roku 2009 wróciła w stanie mocno zdezelowanym do Częstochowy. Po przeprowadzeniu przez autora kapitalnego remontu lunety, wróciła ona do początkowej świetności i doskonale posłużyła obserwacjom tranzytu. Była to bez wątpienia najcenniejsza obserwacja astronomiczna, jakiej dokonano kiedykolwiek z jej pomocą. Przez następne stulecia będzie się ją wspominać już nie tylko, jako mającą związek z Metlerem, ale również dlatego, że w roku 2012 przy jej pomocy obserwowano i dokumentowano w Częstochowie tranzyt Wenus.

Akcji obserwacyjnej towarzyszył ogromny niepokój w związku z początkowo fatalnym stanem pogody. Osoby bezpośrednio zaangażowane w przygotowanie stanowisk obserwacyjnych zebrały się pod Instytutem Fizyki AJD już o 3:30. Zniesiono w kawałkach lunetę Metlera oraz wiele akcesoriów i zapakowano do samochodów jadących na Złotą Górę. W Instytucie Fizyki AJD zorganizowano stanowiska 1 i 2. Stanowisko na Złotej Górze było gotowe na kwadrans przed planowanym wschodem Słońca. Około 30 osób z utęsknieniem czekało tam na przetarcie się chmur. Niestety, nad wschodnim horyzontem zachmurzenie zamiast ustępować, ciągle się wzmagало. Po godzinie oczekiwań niektórym zaczął mocno dokuczać chłód mglistego poranka. Bez nadziei na cudowne



Tranzyt Wenus z dnia 6 czerwca 2012 roku udokumentowany historyczną lunetą Metlera na Żółtej Górze w Częstochowie. Instrument widnieje na wkomponowanych obrazkach. Przy lunecie Paweł Ficek (w czapce) i autor. (fot. P.Ficek, J.Jaskulski i B.Wszolek)

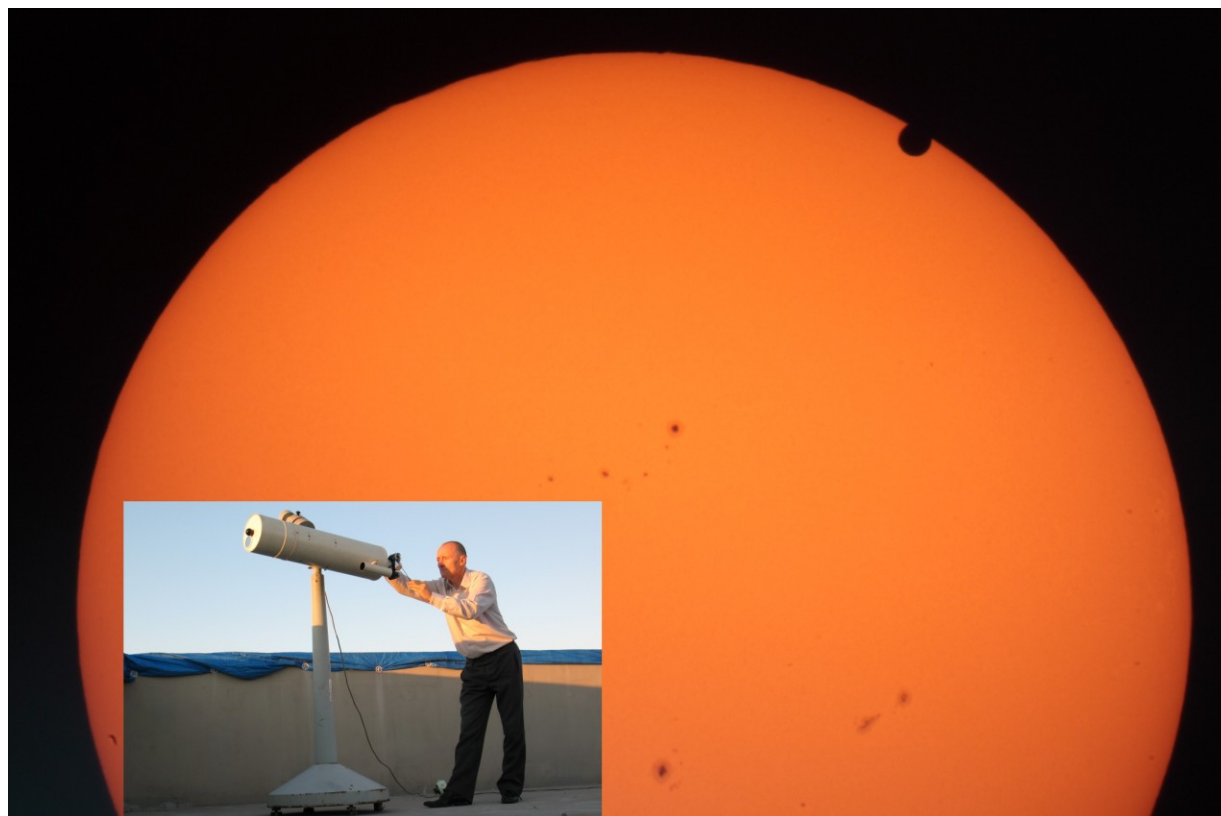


Serie fotografii tranzytu Wenus wykonane dla uchwycenia trzeciego i czwartego kontaktu, pochodzące z obserwacji lunetą Metlera na Żółtej Górze. (Fot. P.Ficek, B.Wszolek)

rozchmurzenie, poczęli wracać do domów. Jednak zdarzył się cud i około 5:49 Słońce wyszło zza chmur. Od tego czasu do końca trwania zjawiska (6:54) tranzyt był intensywnie obserwowany przez dziesiątki osób (stanowiska 2 i 3) oraz skrupulatnie dokumentowany fotograficznie (około 1500 wspianych zdjęć ze stanowisk 1 i 3, uchwycenie momentów III i IV kontaktu). Częstochowska akcja obserwacji tranzytu Wenus została publicznie podsumowana wykładem autora w Ratuszu Miejskim.

Mimo szerokiego nagłośnienia medialnego, pewnie po części ze względu na

wspominane niedogodności, tranzyt Wenus 2012 oglądało w Częstochowie tylko około 100 osób, czyli dziesięć razy mniej niż w roku 2004. Osobom tym wydano pamiątkowe certyfikaty. Na witrynie internetowej www.astronomianova.org zamieszczono bogato ilustrowaną fotograficznie relację z obserwacji tranzytu. Dla autorów ciekawych zdjęć dokumentujących zjawisko został ogłoszony przez Stowarzyszenie Astronomia Nova konkurs astrofotograficzny.



Końcowa faza tranzytu Wenus udokumentowana na stanowisku 1 w Częstochowie. Wenus widoczna w prawym górnym rogu na krawędzi tarczy Słonecznej. Na Słońcu widnieją również liczne plamy słoneczne. Wstawione zdjęcie obrazuje wygląd stanowiska obserwacyjnego. (fot. A.Leśniczek, B.Wszolek)

Bogatym uzupełnieniem opisanych obserwacji były, mniej lub bardziej zainspirowane przez autora, obserwacje indywidualne prowadzone przez miłośników astronomii w samej Częstochowie i daleko poza nią. Na szczególną uwagę zasługują udane obserwacje i pokaz publiczny tranzytu przeprowadzone przez Koło Astronomii Novej w Wieruszowie (tam prowadzono obserwacje od samego wschodu Słońca). Dwóch częstochowian podjęło trud wyjazdu na Syberię w nadziei udokumentowania całego zjawiska. Wobec zmiennego zachmurzenia odnieśli jednak sukces tylko połowiczny. Na przygotowanych starannie w kręgach Astronomii Novej stanowiskach obserwacyjnych w Małopolsce, wobec panującego tam ciągłego zachmurzenia podczas tranzytu, nie udało się niczego zaobserwować.

Instytucjonalnie w organizację obserwacji i pokazu tranzytu Wenus włączyły się: Stowarzyszenie Astronomia Nova, Instytut Fizyki AJD oraz Częstochowskie Oddziały Polskiego Towarzystwa Fizycznego i Polskiego Towarzystwa

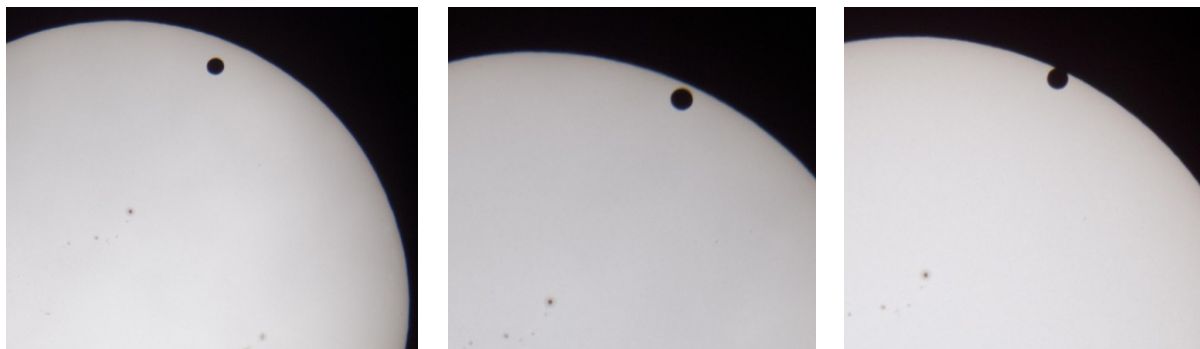
Miłośników Astronomii. Astronomia Nova podjęła się też organizacji stanowisk obserwacyjnych poza Częstochową: w Wieruszowie, Krakowie i Rzepienniku Biskupim na Podkarpaciu. Szczególne uznanie za prace organizacyjne należy się: Magdalenie Biernackiej, Kazimierzowi Błaszczakowi, Pawłowi Fickowi, Dominikowi Habińskiemu, Tomaszowi Kisielowi, Agacie Kołodziejczyk, Arturowi Leśniczowi, Pawłowi Malikowi, Julicie Ozga i Kamilowi Wszółkowi.



Polowe stanowisko wydawania imiennych certyfikatów potwierdzających obserwację tranzytu Wenus ze Złotej Góry. (fot. J.Jaskulski)

Refleksje końcowe

Podwójna (2004, 2012) udana obserwacja tranzytu Wenus w Częstochowie, choć dotyczy bezpośrednio zaledwie garstki mieszkańców, istotnie podnosi poziom zainteresowania astronomią w naszym mieście. Ostatnio, godnym przywołania przykładem materializowania się takich zainteresowań jest chociażby budujący się przy Rondzie Mickiewicza duży japoński radioteleskop. Widać, że wspomniana wcześniej intencja Metlera, solidnie wyryta w marmurze zegara słonecznego w Parku Staszica, potrafi znaleźć zrozumienie u potomnych. Przyszłość pokaże, co jeszcze się dobrego zdarzy dla częstochowian na fali impulsu wywołanego ostatnimi tranzytami Wenus. Oby impulsu tego wystarczyło na dalszych 235 lat, dzielących Częstochowę od kolejnej szansy na obserwację Wenus na tle tarczy Słońca.



Różne fazy tranzytu Wenus 2012 uwiecznione lunetą Metlera na Złotej Górze.
(fot. P.Ficek i B.Wszolek)



Po udanej akcji obserwacyjnej na Złotej Górze. (fot. J.Jaskulski)



Różne fazy tranzytu Wenus 2012 uchwycone na stanowisku pierwszym.
(fot. A.Leśniczek i B.Wszolek)

Bibliografia

- [1] Wszolek B., 2004, Ziemia Częstochowska t. XXXI (red. M. Antoniewicz), wyd. Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, str. 181-188
- [2] Wszolek B. (red. naukowa), 2005, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2005, wyd. Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, str. 117-125

Na odwrocie

Kopia negatywnie rozstrzygniętej prośby o udostępnienie na Jasnej Górze stanowiska dla przeprowadzenia obserwacji tranzytu Wenus.

* STOWARZYSZENIE *
ASTRONOMIA NOVA
Al. Armii Krajowej 13/15
42-200 CZĘSTOCHOWA
tel. 34 361 51 67 wewn. 299
NIP 9492136602

Bogdan Wszolek
Prezes Stowarzyszenia Astronomia Nova
Al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4001
42-200 Częstochowa
e-mail: bogdan@ajd.czyst.pl
tel. 518-043-166
www.astronomianova.org

Częstochowa 25.05.2012 r.

Przeor Klasztoru na Jasnej Górze

O. Roman Majewski

Uprzejmie proszę o umożliwienie przeprowadzenia unikalnej obserwacji astronomicznej z wieży klasztornej w dniu 6 czerwca 2012 roku w godzinach od 4:00 do 7:00. Kilka osób miałoby wejść z lunetą i aparatem fotograficznym na wieżę by móc zarejestrować tranzyt Wenus na tle tarczy Słońca. Następne zjawisko tranzytu Wenus będzie do zaobserwowania w Częstochowie dopiero w roku 2247.

Proszę także o wyrażenie zgody na przeprowadzenie publicznego pokazu zjawiska z Wałów Jasnogórskich (przy pomniku JP II). W godzinach od piątej do siódmej spodziewamy się przybycia kilkuset osób chętnych obserwować tranzyt. Ustawilibyśmy 3 teleskopy, obsługiwane przez odpowiednie osoby, obeznane z zasadami bezpieczeństwa prowadzenia obserwacji Słońca. Pierwszeństwo obserwacji mieliby naturalnie Ojcowie Paulini i inne osoby bliżej związane z Jasną Górą. Będą wydawane imienne certyfikaty potwierdzające zaobserwowanie zjawiska.

Obserwacja tranzytu będzie możliwa tylko pod warunkiem czystego nieba. Zakładamy optymistycznie, że za wstawiennictwem Najświętszej Marii Panny pogoda dopisze.

Z nadzieją na pozytywne rozpatrzenie prośby,



Bogdan Wszolek



Negative!
o. Roman Majewski
30.05.2012r.

Część czwarta

(przyczynki naukowe)

Materiały z IV Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”
Częstochowa, 11-12 maja 2012

**IV Częstochowska Konferencja Młodych
"Astrophisica Nova"**

11-12 maja 2012 Częstochowa

Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie



Komitet Organizacyjny

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD, Częstochowa)

Mgr Agnieszka Kuźmich (OAUI, Kraków)

**Instytucje bezpośrednio wspomagające konferencję
(organizacyjnie i/lub finansowo)**

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii

Astronomia Nova

Special Shapes for Optimal Phenomenological Approximations of Astronomical Signals

Ivan L. Andronov

Department “High and Applied Mathematics”, Odessa National Maritime University, Ukraine, tt_ari@ukr.net

We discuss different methods for phenomenological approximations of signals with (generally) irregularly spaced arguments. Such signals may be classified as periodic, multi-periodic, quasi-periodic (cyclic), burst-type and flicker-type (see e.g. a review by Andronov (2003)). In this talk, we concentrate on (nearly) periodic light curves of the Algol-type eclipsing variables. Having no possibility to determine all physical parameters for all stars and to make physical modeling, the phenomenological fits are used. This is especially important for discovery papers, when there are often available only mono-chromatic photometric data, without estimates of temperature and orbital velocities of the components.

Obviously, the physical modeling is better. However, it needs to determine more than a dozen of unknown parameters, and so generally, the signal may be fitted by a trigonometric polynomial (sometimes called “a multi-harmonic approximation”) with a statistically optimal degree s . For determination of its value, some criteria may be used (Fischer’s, Student’s, of mean squared accuracy of the fit etc.). The set of corresponding complementary algorithms and programs was initially presented by Andronov (1994) and in further papers on newer methods.

For symmetric curves, we also use “symmetric” trigonometric polynomial fits with cosines without sines. In this case, an additional parameter - the optimal phase shift is determined.

However, for the curves with parts of abrupt changes (Algol-type variables, RR Lyrae - type stars), the number of determined parameters m is large, which causes unrealistic waves at the fit. This effect is especially large in noisy signals.

To decrease m for noisy signals, special shapes with a smaller number of parameters are to be used, increasing the “signal-to-noise” ratio. We introduce some special shapes like “splines of changing order” for RR Lyr-type variability, when the phase curve is approximated by a cubic parabola (short ascending branch) and a square parabola (descending branch). After non-linear fitting, all phenomenological parameters needed for the “General Catalogue of Variable Stars” are determined. We called this method “RR catcher”, which was effectively used to discover faint variables from the Hipparcos-Tycho catalogue.

To determine characteristics of extrema needed for analysis of possible period variations, the “Asymptotic parabola” method is used.

Another “EA catcher” was used for eclipsing binaries, the effectivity of which increases with decreasing width of minimum. It was based on a polynomial spline approximation – a constant outside eclipses and parabolic minima of the same width and different depth at minima. This was also used for the variables discovered using the Hipparcos-Tycho.

However, for the EA, EB and even some EW-type binaries, we have proposed a more efficient “NAV” (“New Algol Variable”) algorithm, when the light curve is approximated “semi-physically”: trigonometric polynomial fit of order $s=2$ corresponding to effects of ellipticity and reflection and local additions at phases of primary and secondary minima. We have tried few shapes for best phenomenological modeling of the light curve.

The preliminary introduction of the method was presented by Andronov (2010), with a detailed description in a full-length paper by Andronov (2012). Results of the first application of our new method were published by Virnina (2010).

In the following figures, we show test functions and approximations with comments in figure captions “in a style of presentation” without repeating in the text. The figures and illustrative stars are different from that used in the Papers I and II. Thus this paper may be called as “Paper III”.

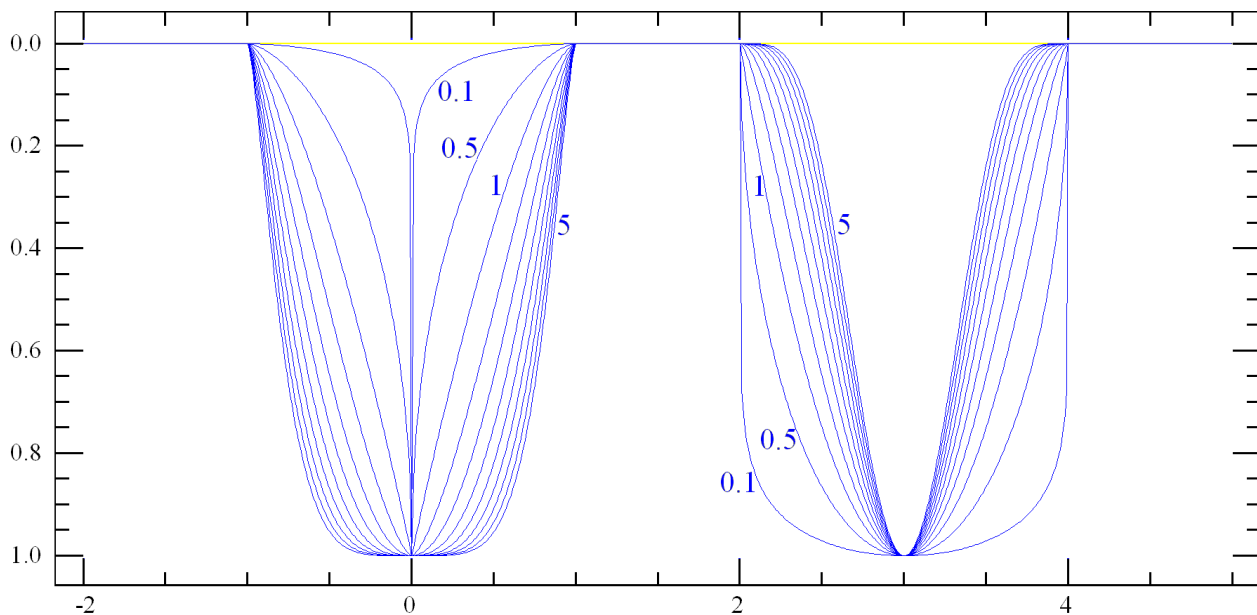


Fig.1. Families of additional shapes for minima of eclipsing variables: $H(t)=(1-|t|^\beta)^{3/2}$ (“NAV”, left) and $H(t)=(1-t^2)^\beta$ (right) introduced by Andronov (2010, 2012), for the values of the parameter $\beta=0.1; 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4; 4.5; 5$. Both families are local, i.e. having finite width. However, the NAV functions correspond to a shape of eclipse better.

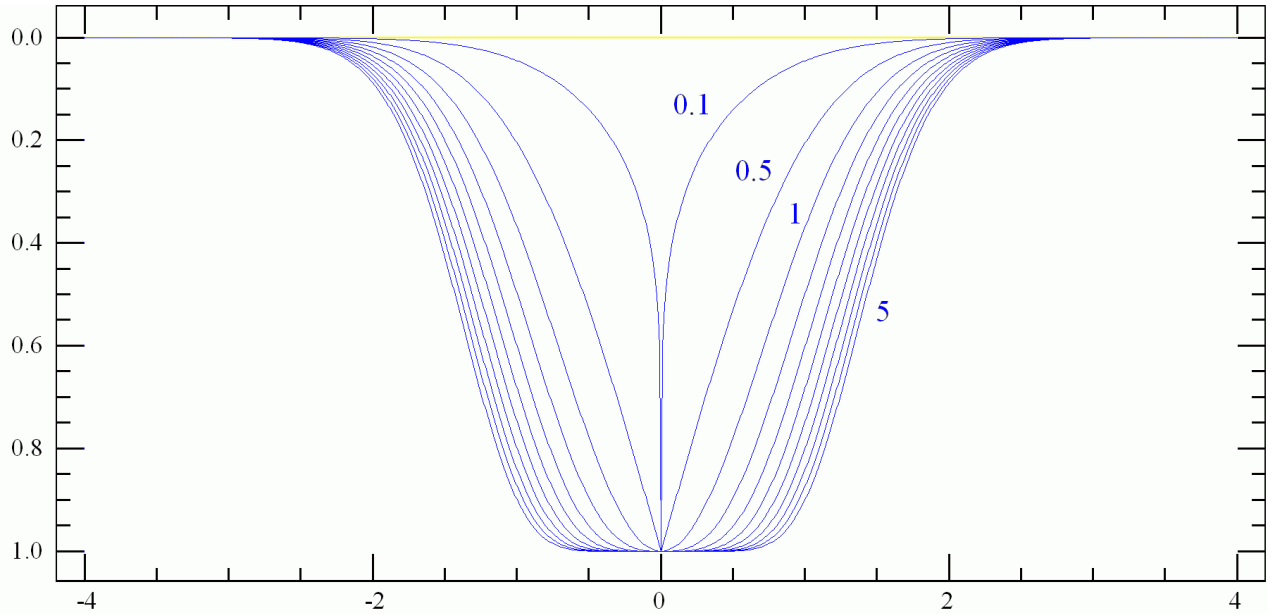


Fig.2. Families of additional shapes for minima of eclipsing variables: $H(t)=1-(1-\exp(-t^2))^\beta$ introduced by Mikulasek et al. (2012) and comparatively studied by Andronov (2012), for the values of the parameter $\beta=0.1; 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4; 4.5; 5$. Although near the center of the eclipse the shapes are similar to that shown in Fig.1, there are no definite borders β , thus the fit agrees worse with a physical model with well defined begin and end of the eclipse. Thus the NAV functions are more effective.

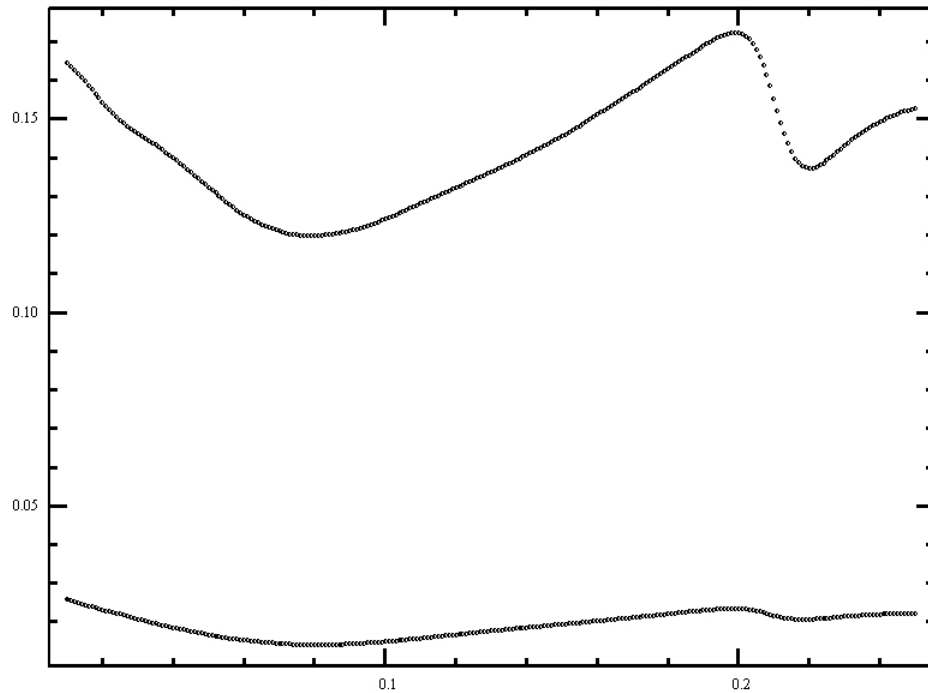


Fig.3. Dependence on the eclipse half-duration of the test function (unbiased r.m.s. deviation of the points from the fit). Most deep minimum corresponds to a statistically optimal value.

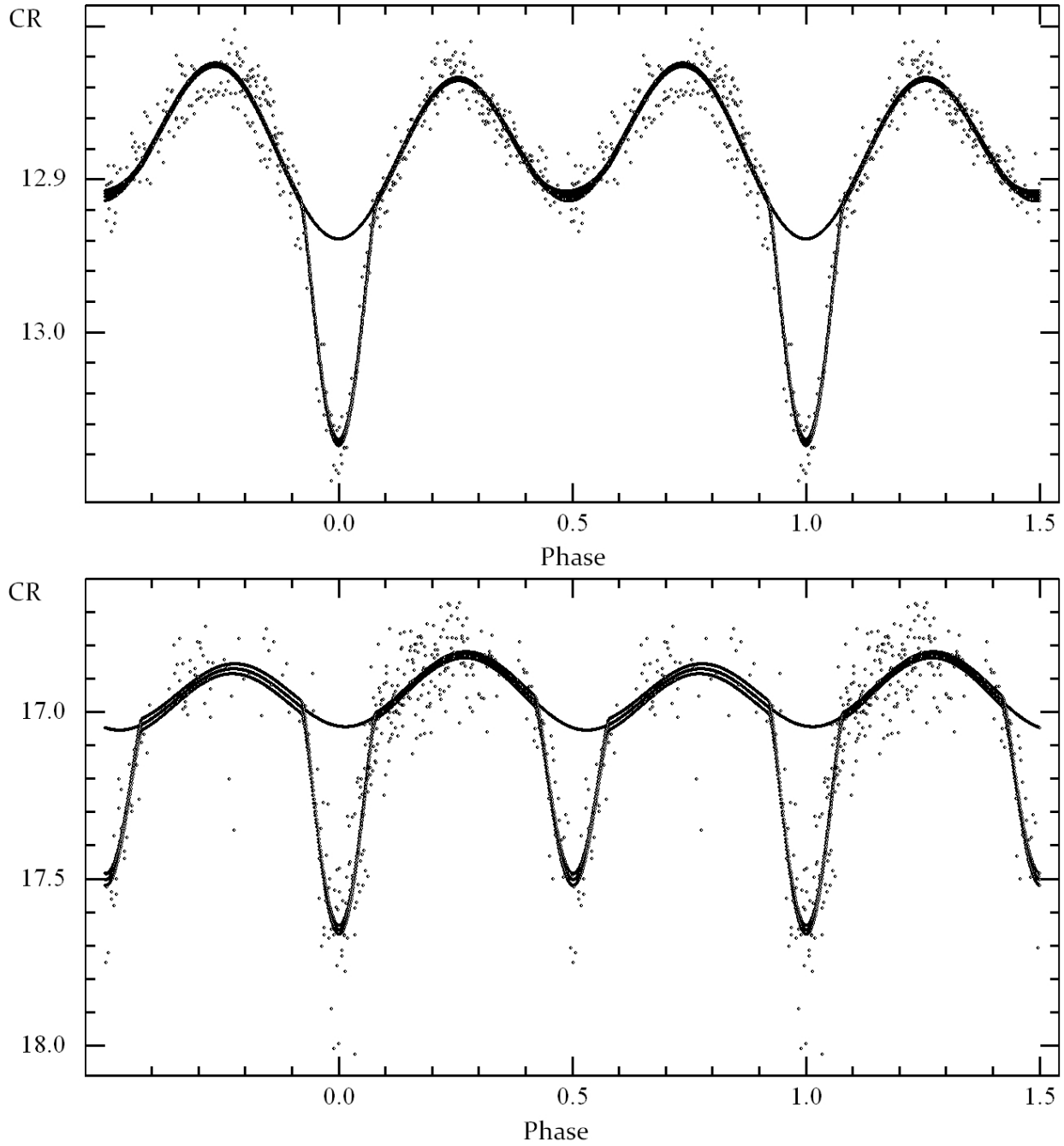


Fig.4. The phase light curves of two new Algol-type variables USNO-B1.0 1238-0228470 = VSX J141509.2+335222 and USNO-B1.0 1229-0276915 = VSX J141340.5+325648 in Boo, which were discovered by Virnina (2010) and its best fit using the NAV algorithm with corresponding “ $\pm 1\sigma$ ” corridor for the approximation. At the phases of eclipses also is shown an extension of the second-order trigonometric polynomial fit, which corresponds to effects of “reflection”, “ellipticity” and “spots” (O’Connell).

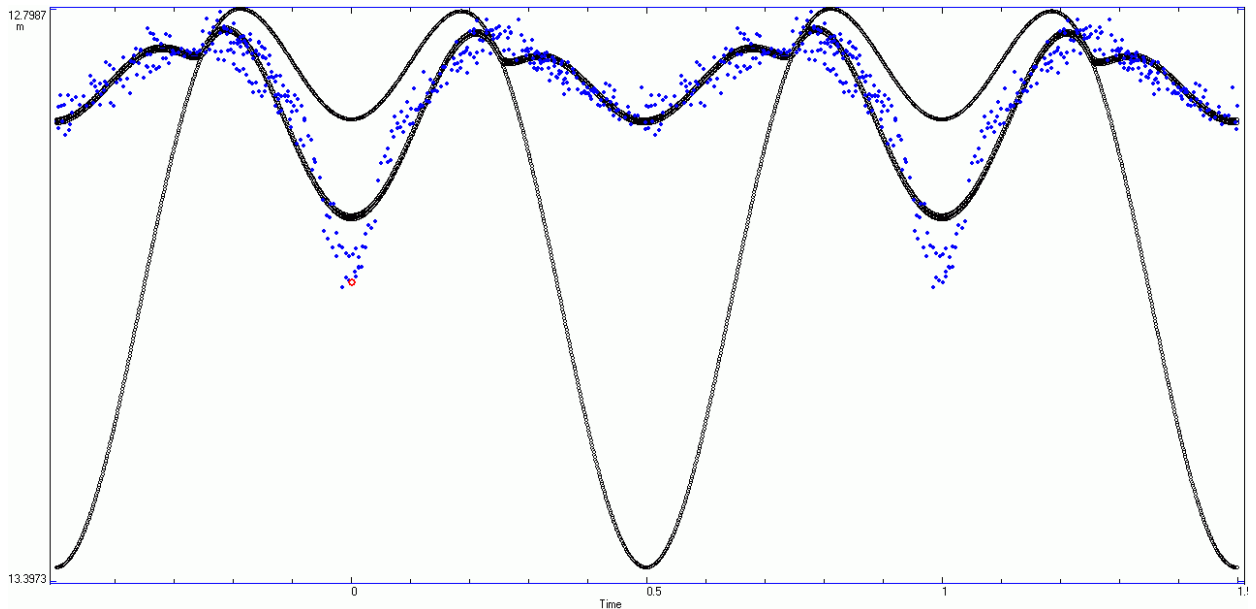


Fig.5. The New Algol-type variable USNO-B1.0 1238-0228470 = VSX J141509.2+335222 and USNO-B1.0 1229-0276915 = VSX J141340.5+325648 in Boo discovered by Virnina (2010) and its approximation using a "wrong" half-width $D/2=0.25P$, which corresponds to a second local minimum at this value. Although the formal fit (thick line) exists and is even not very bad, it has no physical sense, as one may see from the "out-of-eclipse" curve (thin line), because: 1) no eclipses may be as wide as half of the period; 2) at the secondary minimum, the resulting curve is "brighter" than its "out-of-eclipse" part, what challenges the hypothesis of eclipses. This figure is shown for an illustration of justification of a single solution at the global minimum of the test function (Fig. 3). The screenshot is from the program "MCV" (Andronov and Baklanov, 2004).

Our methods for time series analysis have been applied to 1400+ variable stars of different types in a course of the "Inter-Longitude Astronomy" (Andronov et al. 2010) and "Ukrainian Virtual Observatory" (Vavilova et al. 2012) projects.

The author is thankful to the Queen Jadwiga Fund (Jagiellonian University, Cracow, Poland) for a fellowship, Dr. Z. Mikulášek for discussions and to Dr. Bogdan Wszolek and the Institute of Physics of the Jan Długosz University for hospitality. The elaboration of the method NAV was initiated by numerous discoveries of new variable stars by N.A. Virnina, who published 19 papers under my supervision.

References

- Andronov I.L., 1994, Odessa Astron. Publ. 7, 49
- Andronov I.L., 2003, Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., 292, 391
- Andronov I.L., 2010, Int. Conf. KOLOS-2010 Abstract Booklet, Snina, [http://www.astrokarpaty.net/ko los2010abstractbook.pdf](http://www.astrokarpaty.net/ko%20los2010abstractbook.pdf)
- Andronov I.L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8
- Andronov I.L., 2012, Astrofizika, 55, 593, 2012arXiv1208.3655A
- [http://www.astrokarpaty.net/ko los2010abstractbook.pdf](http://www.astrokarpaty.net/ko%20los2010abstractbook.pdf)

Mikulášek Z., Zejda M., Janík J., 2011, Proceedings IAU Symp. 282, 391
Vavilova I.B. et al., 2012, Kinem. Phys. Celest. Bodies 28, 85
Virnina N.A., 2010, Open Eur. J. Var. Stars, 129, 1



Prof. Ivan L. Andronov and his "scientific children":
Natalia A. Virnina and Vitalii V. Breus. (fot. I.Andronov)

Determination of Cycle Length of Quasi-Periodic Signals. Application to Semiregular Variables

Ivan L. Andronov¹, Lidia L. Chinarova²

¹ Department “High and Applied Mathematics”, Odessa National Maritime University, Ukraine, tt_ari@ukr.net

² Astronomical Observatory, Odessa National University, Ukraine

Introduction - general review

We review methods for determination of “quasi-periods” (or “cycle length”) of signals of low coherence. Such type of variability was called “cyclic” for semi-regular red variables, or “quasi-periodic oscillations” (QPO) for fast variability in cataclysmic variables and related objects. These methods may be split into groups of:

- the periodogram analysis (Andronov, 1994, 2003)
- the wavelet analysis (Andronov, 1998)
- the scalegram analysis (Andronov, 1997).

They may be recommended for application for “nearly periodic”, “weakly periodic” and “very a-periodic” signals, i.e. for data with decreasing coherence length. The last method is an effective tool for smoothing oscillations with variable shape, “period”, phase and mean (averaged over the cycle) value and is independent on linear and even parabolic trends. For the flickering, it shows a “fractal-type” power law dependence of the unbiased estimate of the r.m.s. deviation of the signal from the fit σ on the filter half-width Δt : $\sigma \sim (\Delta t)^\gamma$, where the parameter $\gamma = \gamma_\sigma = 0.5 - D$, and D is a fractal dimension (Andronov et al., 1997).

For the QPO, the so-called “ A -scalegram” was introduced as an extension of the “ σ -scalegram” proposed earlier, which allows to determine effective values of the period and semi-amplitude, as well as an additional parameter related to coherence.

This method was applied to 173 semi-regular variables. Results were compiled in the catalogue. This method is more effective than that of the periodogram analysis, if the signal is of low coherence. It may be also more effective than the wavelet analysis, if the signal undergoes significant low-frequency trends. Some discussion may be found in Andronov and Chinarova (2003).

The parameters are studied in the connection to subtype of variability (SRa, SRb, SRc, SRd) and may be used for an additional classification of long-period late-type pulsating variables.

Application to AF Cyg

As an illustration, we present a study of the SRb-type pulsating variable AF Cyg based on 8738 observations from the AFOEV database for a recent interval

JD 2451626-2455378. Other “unsure” and “fainter than” data were removed before the time series analysis. Study of previous photometric behavior was presented by many authors. The variability was discovered by Espin (1898). Kanda (1922) noticed a large inequality in the period of AF Cygni, and provided new elements assuming a sinusoidal term in the O-C and mentioned period variations from 79.4^d to 97.4^d with a secondary long-term period of 4300^d and a mean period of 88.4^d . Vorontsov-Velyaminov (1925) mentioned, that the variations of O-C from a similar period of 88.59^d are not sinusoidal and calculated parameters of harmonics of this main period, the amplitudes of which do not decay rapidly, as assumed for smooth periodic variations. O’Connell (1932) based on much more observations, determined a period of 94.1^d and mentioned that “it is not easily to assign a mean period to a star that varies as capriciously as AF Cygni appears to do” and that “with such large changes in range and shape of light curve, a mean light curve is out of question”. The range of estimates of the period is 80.2^d - 105^d .

Kopal (1933) suggested that similar stars should be a base of a separate “AF Cyg-type” class and should be at an evolutionary stage between long-periodic variables and the RV Tau-type stars. He proposed to double the period, assuming two unequal minima similar to RV-type stars. In this case, the “double” period varies from 182.4^d and 190^d . Klius (1983) made an auto-correlation analysis and reported on “independent” brightness oscillations with mean periods of 93^d , 176^d , and 941^d , however, mentioning “the 93 day and 176 day cycles to predominate alternately”.

Andronov and Chernyshova (1989), based on the O-C analysis, detected the switches between two shorter periods, which may correspond to changes between the pulsation modes. The “lifetime” of each pulsation mode may last from few to few dozens cycles. For detailed review on evolutionary status of long-period variables, see e.g. a review by Kudashkina (2003).

Kiss et al. (1998) reported on 3 periods in AF Cyg of 921^d , 163^d and 93^d with corresponding amplitudes of 0.08^m , 0.11^m and 0.11^m , respectively. These values of “periods” are close to that reported by Klyus (1983) and Andronov and Chernyshova (1989) based on other methods, but these previous results are not referred.

Using the wavelet analysis for irregularly spaced data (Andronov, 1998), the optimal wavelet smoothing was applied to AF Cyg (Andronov, 1999) with taking into account dependence of the statistically optimal period on time (which has a character of abrupt switches).

The part of the light curve for the time interval mentioned above is shown in Fig.1. The periodogram analysis using sine fit (Andronov, 1994, 2003) was used for a preliminary period determination, with a subsequent correction using a statistically optimal trigonometric polynomial fit of order s . The periodogram is shown in Fig.2. For these data, $s=1$, i.e. no significant harmonics are detected. The range of smoothed brightness variations is from $7.043^m \pm 0.006^m$ to $7.522^m \pm 0.006^m$, i.e. the total amplitude is $0.478^m \pm 0.006^m$ (here we take into

account correlations between errors of parameters). Individual observations range from 6.1^m to 8.3^m . The photometric elements are

$$\text{Max.JD}=2453260.2 (\pm 0.3) + 94.187(\pm 0.026)E.$$

One may note that the fit does not follow all the cycles. Sometimes (at the beginning) the fit and individual cycles of pulsations are out of phase, thus the amplitude is small.

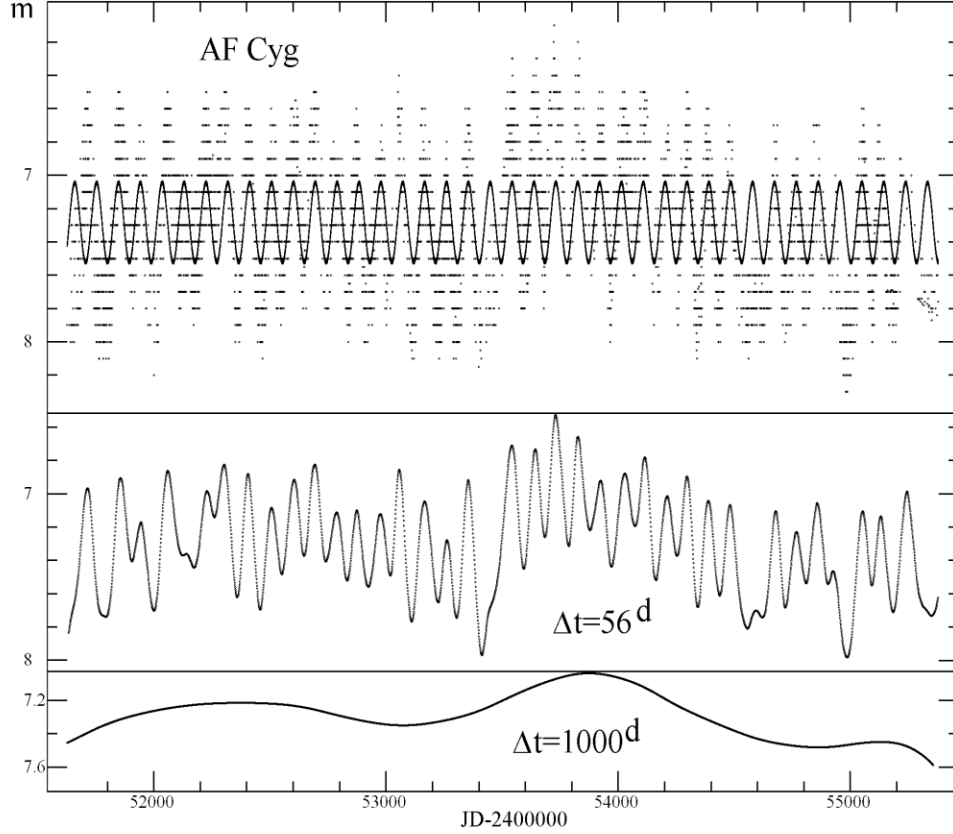


Fig.1. Original observations (points), best sinusoidal fit and “running parabola” fits for different values of the filter half-width $\Delta t = 56^d$ and $\Delta t = 1000^d$, which correspond to maxima of the “signal-to-noise” ratio in Fig.3.

In this work, we apply the method of “running parabolae” with an additional local weight function $p(z) = (1 - z^2)^2$, if $-1 < z < +1$ where $z = (t - t_0)/\Delta t$, t_0 is trial time and Δt is filter half-width (in the wavelet terminology, “shift” and “scale”, respectively). Details were presented by Andronov (1997). In Fig.1, we show original observations, and fits corresponding to local maxima of the “signal-to-noise” ratio at $\Delta t = 56^d$ ($S/N = 13.1$) and $\Delta t = 1000^d$ ($S/N = 12.9$). With an increasing Δt , the r.m.s. amplitude of the fit decreases, but also decrease an accuracy estimate of the fit. Thus one may choose different Δt to study variability at different time scales. The position of the maximum of the test function $\Lambda(\Delta t)$ may allow to estimate the “effective period” (cycle length), whereas its height determines the effective amplitude. This method is especially suitable for noisy signals of low coherence (cyclicity rather than periodicity).

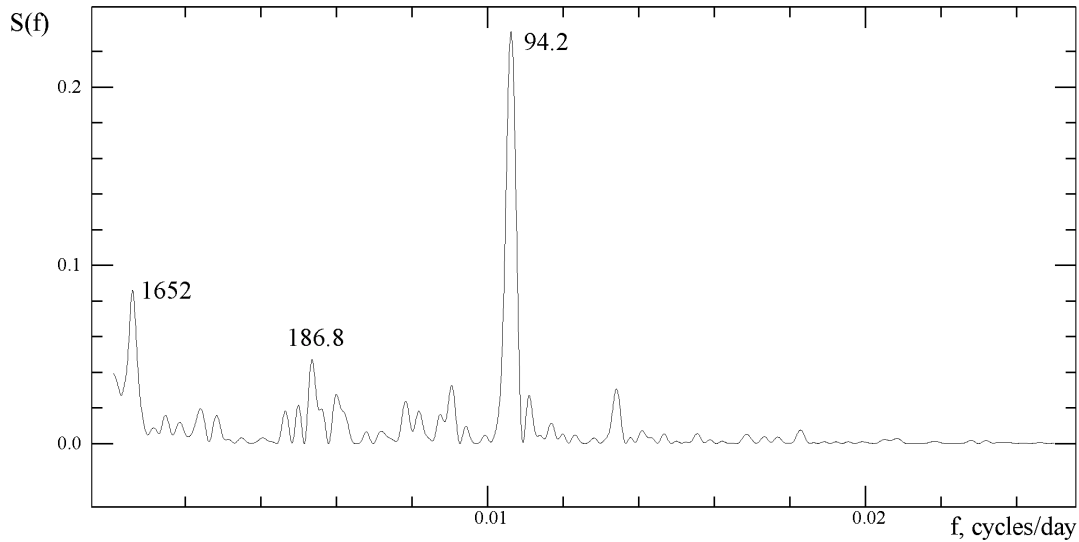


Fig.2. Periodogram $S(f)$ for AF Cyg. Three highest peaks are marked with values of corresponding periods.

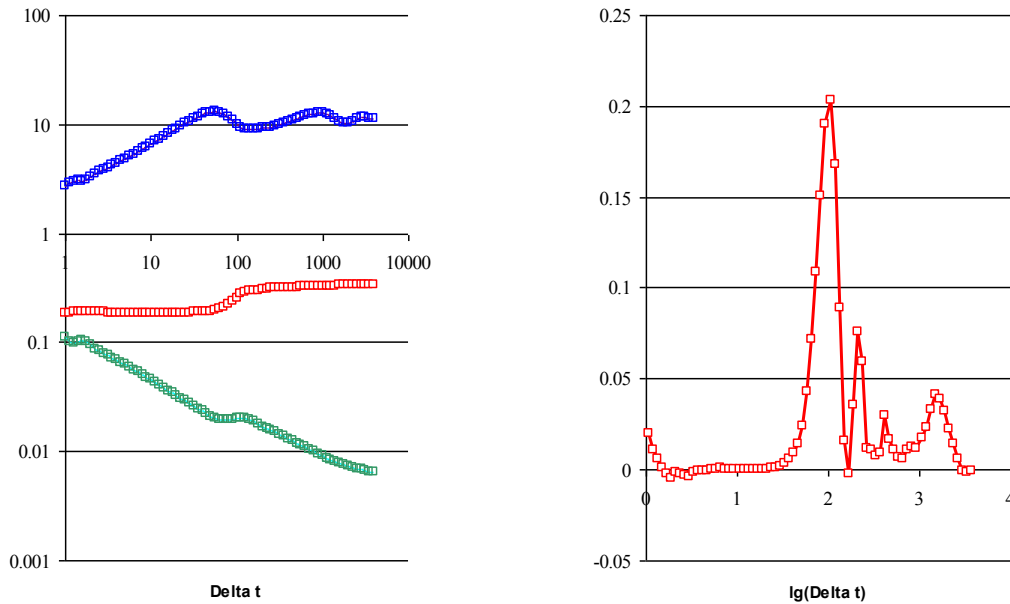


Fig.3. Scalegrams using “Running parabola”: left: “signal-to-noise” ratio (up), unbiased estimate of r.m.s. deviation of the observations from the fit, i.e. “ σ -scalegram, Andronov (1997)) (middle), r.m.s. accuracy estimate of the fit at moments of observations (down); right: “ Λ -scalegram” (Andronov 2003). Three peaks at $\Lambda(\Delta t)$ correspond to effective periods of 93.2^d , 195.7^d , 1390^d and semi-amplitudes 0.284^m , 0.175^m , 0.128^m , which agree with corresponding estimates from the periodogram analysis, but do not suggest strict periodicity during an interval of observations.

References

- Andronov I.L., 1994, Odessa Astron. Publ., 7, 49
- Andronov I. L., 1997, A&A Suppl., 125, 207
- Andronov I.L. et al., 1997, Odessa Astron. Publ., 10, 15
- Andronov I. L., 1998, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 14, 374
- Andronov I. L., 1999, in: Self-Similar Systems, ed. by V.B. Priezzhev and V.P.

Spiridonov (JINR, E5-99-38, Dubna), 57, <http://uavso.pochta.ru/dubna.pdf>
 Andronov I. L., 2003, Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., 292, 391
 Andronov, I. L., Chernyshova, I. V., 1989, Astron. Tsirk., 1538, 18
 Andronov I.L., Chinarova L.L., 2003, Astron. Soc. Pacif. Conf. Ser., 292, 401
 Espin, 1898, Astron. Nachr. 145, 327
 Kanda S., 1922, Japan. J. Astron. Geophys. 1, 211
 Klyus I. A., 1983, Astron. Zhurn. 60, 91
 Kopal Z.: 1933, Astron. Nachr., 250, 15
 Kudashkina L.S., 2003, Kinem. Phys. Celest. Bodies, 19, 193
 O'Connell D. J. K., 1932, Harvard College Obs. Bull. 888, 1
 Vorontsov-Velyaminov B., 1925, Astron. Nachr. 225, 369



Ivan L. Andronov i Bogdan Wszolek. (*archiwa Astronomii Novej*)



Karolina Bąkowska i Magda Butkiewicz. (*archiwa Astronomii Novej*)

Obserwacje fotometryczne i spektroskopowe układu podwójnego zaćmieniowego V2080 Cygni

Karolina Bąkowska^{1, 2}

¹Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, Polska Akademia Nauk,
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa,

²Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Adama Mickiewicza
w Poznaniu, ul. Słoneczna 36, 60-286 Poznań
bakowska@camk.edu.pl

Streszczenie

Niniejsza praca przedstawia wyniki kilkuletniej kampanii obserwacyjnej gwiazdy V2080 Cyg. Obiekt ten jest układem podwójnym, zaćmieniowym typu Algola. W latach 2006-2010 przeprowadzono obserwacje spektroskopowe na teleskopie o średnicy zwierciadła 1.9 metra znajdującym się w Kanadzie oraz na 50 cm Poznańskim Teleskopie Spektroskopowym położonym w Borówcu pod Poznaniem. Ponadto w latach 2009-2011 wykonano obserwacje fotometryczne na 20 cm teleskopie znajdującym się na terenie parku należącego do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu A. Mickiewicza w Poznaniu. Dzięki przeprowadzonym badaniom uzyskano pierwszą na świecie kompletną krzywą zmian blasku i najdokładniejszą w historii krzywą prędkości radialnych. Następnie porównano otrzymane wyniki obserwacyjne z modelem wyznaczającym parametry fizyczne układu V2080 Cyg przedstawione we wcześniejszych publikacjach.

Wstęp

Gwiazda V2080 Cyg została sklasyfikowana jako układ podwójny, zaćmieniowy typu Algola w katalogu HIPARCOS w 1997 roku. Układy zaćmieniowe, to takie układy podwójne gwiazd, których orbita (po której poruszają się oba składniki) ma niewielkie nachylenie w stosunku do obserwatora z Ziemi. Podczas zaćmienia jednej z gwiazd przez drugą, astronomowie rejestrują spadki jasności w otrzymanej krzywej zmian blasku.

Pierwsza klasyfikacja gwiazd zaćmieniowych, nazywana fenomenologiczną, powstała w oparciu o wygląd krzywych zmian blasku i wyróżniała między innymi gwiazdy typu Algola. Prototypem była gwiazda Beta Persei nazywana Algolem. Cechy charakterystyczne obserwowane w krzywej zmian blasku obiektów z tej klasy, to praktycznie stała jasność w maksimach oraz gwałtownie opadające i rosnące minima. Zaćmienia zajmują nie więcej niż 15% całej krzywej zmian blasku, a okres orbitalny trwa od dni do tygodni, (Kallrath, 2009).

Dotychczas na temat V2080 Cyg pojawiły się dwie publikacje. Pierwsza, pod redakcją M. Kurpińskiej-Winiarskiej (Kurpińska-Winiarska i in., 2000), przedstawiała krzywą zmian blasku w filtrze V oraz krzywą prędkości radialnych. Przedstawiona została prawidłowa efemeryda zaćmień układu V2080 Cyg. Druga z prac, pod redakcją C. Ibanoglu (Ibanoglu i in., 2008), zawiera oprócz

dokładnych krzywych zmian blasku i prędkości radialnych, także efemerydę zaćmień ($HJD = 2451053.705(1) + 4.93355(2)E$) model układu, parametry fizyczne składników V2080 Cyg oraz odległość wynoszącą $d = 78(1)$ pc. Odległość do układu została również podana w katalogu HIPPARCOS początkowo jako $d = 79(4)$ pc, zgodną z pracą C. Ibanoglu i in., a następnie poprawioną i wynoszącą $d = 75(1)$ pc. Ostatni z wyników nie pokrywa się z rezultatami przedstawionym w pracy C. Ibanoglu i in.

Obserwacje fotometryczne

Obserwacje układu V2080 Cyg przeprowadzono na teleskopie Orion Optics Netwon, nazywanego Małym Teleskopem Fotometrycznym (MTF). Teleskop ten wyposażony jest w zwierciadło o średnicy 200 mm oraz ogniskową wynoszącą 880 mm. MTF znajduje się na terenie parku Obserwatorium Astronomicznego w Poznaniu. Teleskop wyposażony jest w montaż Celestron CG-5 z automatycznym systemem naprowadzania na obiekt. W celu rejestracji prowadzonych obserwacji, MTF wyposażony został w kamerę CCD firmy SBIG ST-7 XME wraz z kołem filtrowym oraz filtrami BVRI (filtry Johnson'a-Cousina-Bessel'a). W trakcie kampanii obserwacyjnej gwiazdy V2080 Cyg stosowano chłodzenie wynoszące 15°C poniżej temperatury otoczenia. Kamera współpracuje z komputerami PC, a do jej obsługi używany był początkowo program autorstwa Krzysztofa Kamińskiego (pracownika Obserwatorium Astronomicznego w Poznaniu) o wdzięcznej nazwie Programik1, a następnie oprogramowanie MaxIm DL. Zmiana oprogramowania w trakcie trwania kampanii obserwacyjnej wynika z faktu, iż Programik1 był oprogramowaniem w fazie testów. Błędy w trakcie ustawiania teleskopu do wykonania ramek kalibracyjnych pól wyrównujących spowodowały decyzję obserwatorów dotyczącą zmiany oprogramowania na MaxIm DL.

W ramach obserwacji zebrano dane dotyczące V2080 Cyg w trakcie 41 nocy. Wszystkie obserwacje wykonane zostały przez autorkę niniejszej pracy (KB) oraz Krzysztofa Kamińskiego (KK). Szczegóły dotyczące obserwacji przedstawiają tabele 1 i 2.

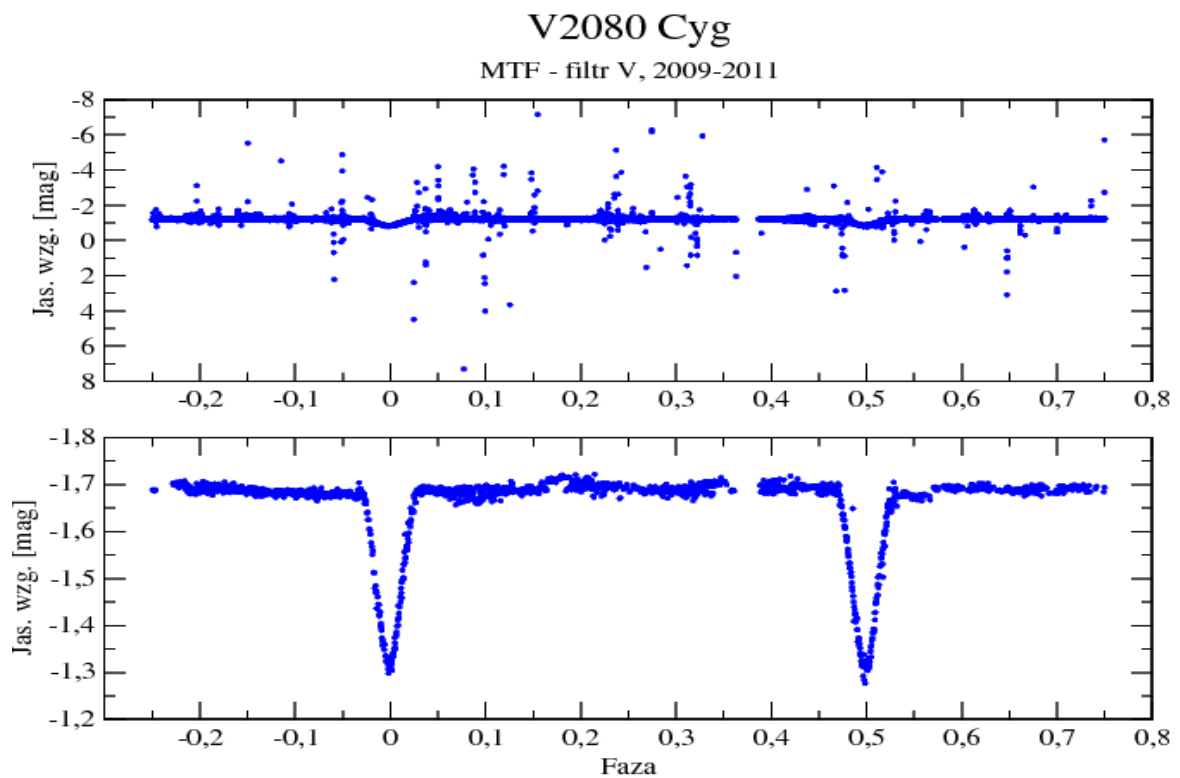
Tabela 1. Dziennik obserwacyjny V2080 Cyg.

Rok	Ilość nocy	Obserwa tor	Program
2009	19	KK	Programik1
2010	5	KB	Programik1, MaxIm DL
2011	17	KK, KB	MaxIm DL

Tabela 2. Ilość ramek V2080 Cyg w poszczególnych filtrach zgromadzona podczas całej kampanii obserwacyjnej.

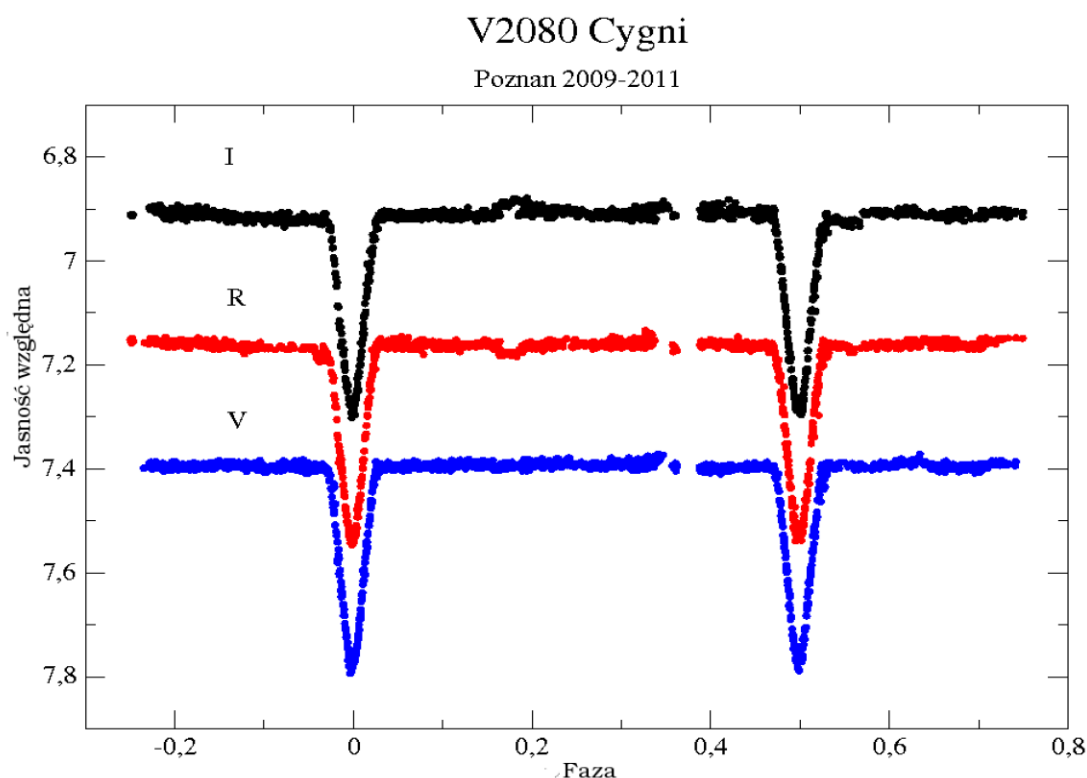
Filtr	Ilość ramek
V	13683
R	20971
I	16045
Razem	50699

W celu redukcji obserwacji użyto gotowych skryptów autorstwa K. Kamińskiego. By otrzymać krzywe zmian blasku przeprowadzono fotometrię aperturową z użyciem pakietu Starlink. Zebranie danych trwało wiele nocy, przypadających na różne momenty ruchu orbitalnego składników układu V2080 Cyg, zatem otrzymane z fotometrii wyniki musiały zostać sfazowane. W tym celu użyto efemerydy podanej w pracy C.Ibanoglu oraz oprogramowania PHEOBE.



Rys.1. Krzywa zmian blasku V2080 Cyg otrzymana podczas całej kampanii obserwacyjnej w latach 2009-2011 zrealizowanej na MTF, przedstawione obserwacje wykonano w filtrze V. Górny rysunek przedstawia komplet 13683 sfotometrowanych ramek uzyskanych w filtrze V, wraz z dużą ilością odstających punktów. Dolny rysunek to te same dane obserwacyjne uzyskane w filtrze V, ale już po procedurze uśredniania i odrzucania odstających punktów. Na osiach poziomych przedstawiona jest faza orbitalna, natomiast na osiach pionowych przedstawiona jest jasność względna uzyskana, jako różnica pomiędzy jasnością instrumentalną V2080 Cyg, a pierwszą gwiazdą porównania.

Ze względu na fakt, że otrzymana sfazowana krzywa zmian blasku posiadała dużo odstających punktów (górna część rysunku 1, przykładowe dane dla filtra V) należało podjąć kroki mające na celu ich odrzucenie. W pierwszym kroku uśredniono punkty obserwacyjne z danej serii w jeden punkt, gdyż dla każdego z filtrów obserwacje były prowadzone seriami. W drugim kroku przeprowadzono selekcje dla każdego z kilku kolejnych punktów, odrzucając punkty zbyt odstające od sąsiadujących. Procedura wymagała dużej ostrożności, by nie odrzucić cennych prawidłowo sfotometrowanych punktów krzywej zmian blasku. Otrzymana wynikowa przepiękna krzywa zmian blasku jest przedstawiona na rysunku 2.



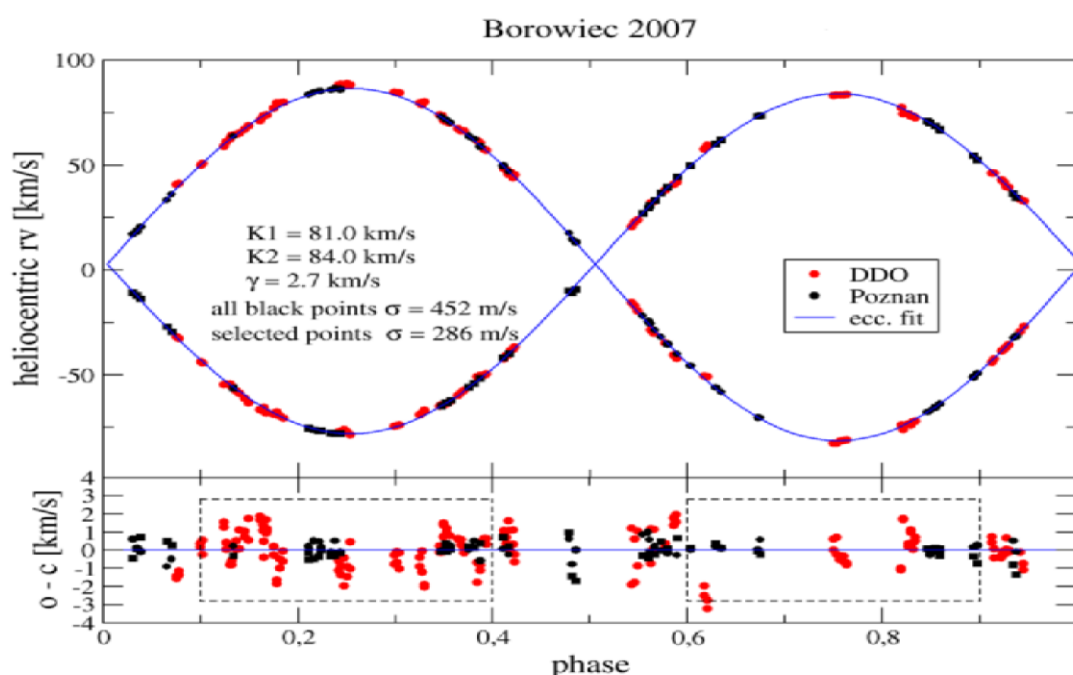
Rys.2. Krzywe zmian blasku V2080 Cyg otrzymane podczas całej kampanii obserwacyjnej w latach 2009-2011 zrealizowanej na MTF. Na osi poziomej przedstawiona jest faza orbitalna układu V2080 Cyg, w której punktach 0.0 oraz 0.5 przypadają minima. Oś pionowa przedstawia jasność względną wyrażoną w magnitudo. Wykresy krzywych zmian blasku przesunięto tak, by jasność maksymalna układu odpowiadała w przybliżeniu jasności podawanej w katalogu TYCHO dla filtra V. Od góry krzywa zmian blasku w filtrze I (kolor czarny), R (kolor czerwony) oraz V (kolor niebieski). Widać pełne pokrycie obu zaćmień oraz obu maksimów.

Obserwacje spektroskopowe

W ramach kampanii obserwacyjnej V2080 Cyg wykonano obserwacje spektroskopowe w latach 2006-2010 na teleskopach w Kanadzie i w Borówcu pod Poznaniem.

Pierwsze z tych obserwacji wykonane zostały w Obserwatorium Davida Dunlap'a (DDO), położonego w Kanadzie i stanowiącego część Departamentu

Astronomii i Astrofizyki Uniwersytetu w Toronto. Było ono głównym astronomicznym centrum na terenie Kanady w latach 1935-2008. W latach 80-tych XX wieku zapadła decyzja o zamknięciu obserwatorium i zainwestowaniu w nowocześniejsze instrumenty i dziedziny astronomii. Na terenie DDO znajdował się teleskop o średnicy zwierciadła 1.88 metra, położony na wzgórzu o wysokości 244 metry n.p.m. nazywanym Richmond Hill. Na instrumencie tym możliwe były obserwacje spektroskopowe z wykorzystaniem dwóch spektrografów: klasycznego szczelinowego oraz echelle. W latach 2006-2007 poznańscy astronomowie (K. Kamiński, T. Kwiatkowski oraz W. Dimitrov) wykonywali obserwacje na teleskopie DDO z użyciem spektrografu klasycznego. Uzyskana krzywa prędkości radialnych dla V2080 Cyg przedstawiona została na rysunku 3.



Rys.3. Krzywa prędkości radialnych V2080 Cyg (aut. K. Kamiński). Na osi poziomej przedstawione są fazy orbitalne V2080 Cyg, na osi pionowej prędkość radialna wyrażona w km/s (górna część rysunku) oraz diagram O-C (dolna część rysunku). Czerwone punkty odpowiadają obserwacjom zgromadzonym w DDO, natomiast czarne punkty dotyczą danych z PST. K1 i K2 są wartościami amplitud prędkości radialnych, natomiast ciągła niebieska linia jest dopasowaniem krzywej do otrzymanych wyników obserwacyjnych.

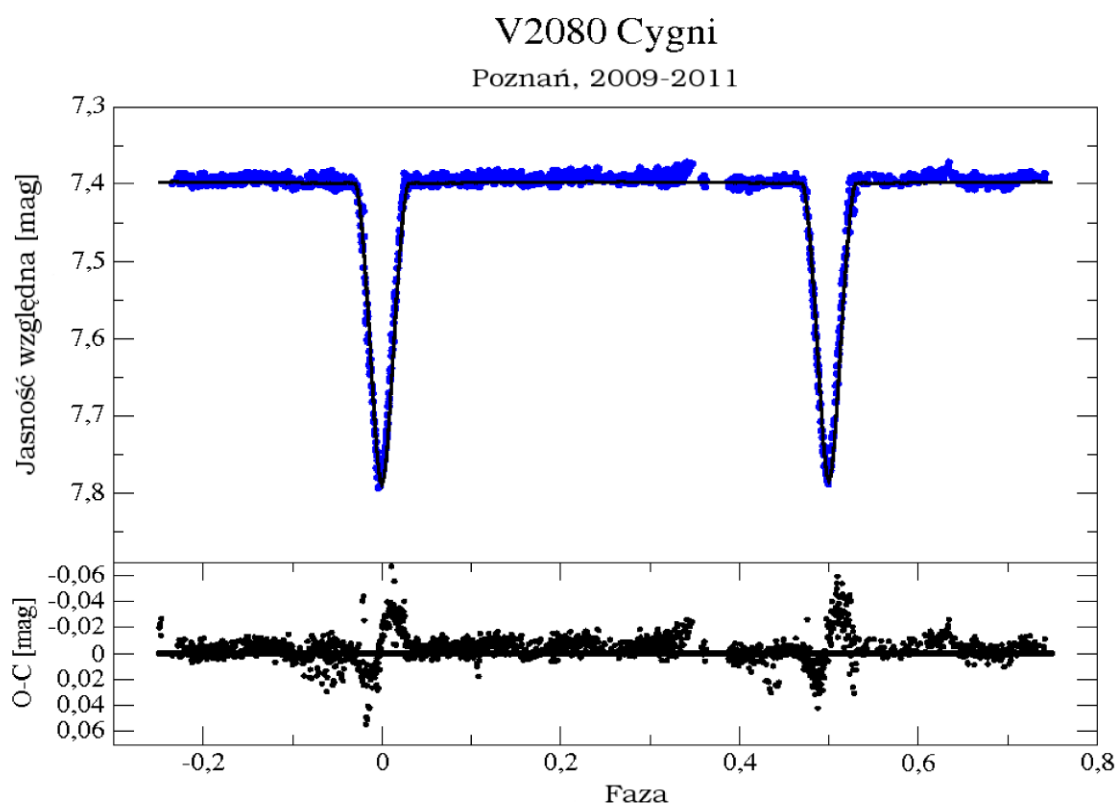
Poznański Teleskop Spektroskopowy (PST) jest małym, lecz wydajnym instrumentem, pozwalającym na otrzymanie widm o średniej i wysokiej rozdzielczości. PST znajduje się w Borówcu, ok. 40 km od Obserwatorium Astronomicznego w Poznaniu. Teleskop został uruchomiony w 2007 roku i od tamtej pory przynosi wartościowe rezultaty naukowe dostarczając widma nie tylko poznańskim astronomom, ale specjalistom od spektroskopii z całej Europy. PST składa się z dwóch teleskopów Newtona, każdy o średnicy zwierciadła 50 cm. Ponadto teleskop posiada spektrograf echelle o zdolności rozdzielczej $R \sim 35000$ oraz kamerę Andor DZ 436.

W ramach kampanii obserwacyjnych przeprowadzonych w latach 2006-2010 w DDO i na PST uzyskano szereg widm dla V2080 Cyg. Po przeprowadzeniu standardowej redukcji z wykorzystaniem pakietów IRAF, wykonanej przez K. Kamińskiego, otrzymano krzywą prędkości radialnych przedstawioną na rysunku 3. Z analizy diagramu O-C można zauważyć, że dane otrzymane z PST obarczone są mniejszymi błędami niż obserwacje z DDO. Wewnątrz prostokątów zaznaczonych przerywaną linią widać mniejszy rozrzut błędów dla prędkości radialnych wyznaczonych z PST. Jest to szczególnie ważne, gdyż wtedy można policzyć dokładniej prędkości radialne dla każdego ze składników osobno. Jest to wynik bardzo cenny dla Obserwatorium Astronomicznego w Poznaniu, gdyż PST jest teleskopem o średnicy zwierciadła 50 cm, natomiast teleskop w DDO miał średnicę 1.88 metra.

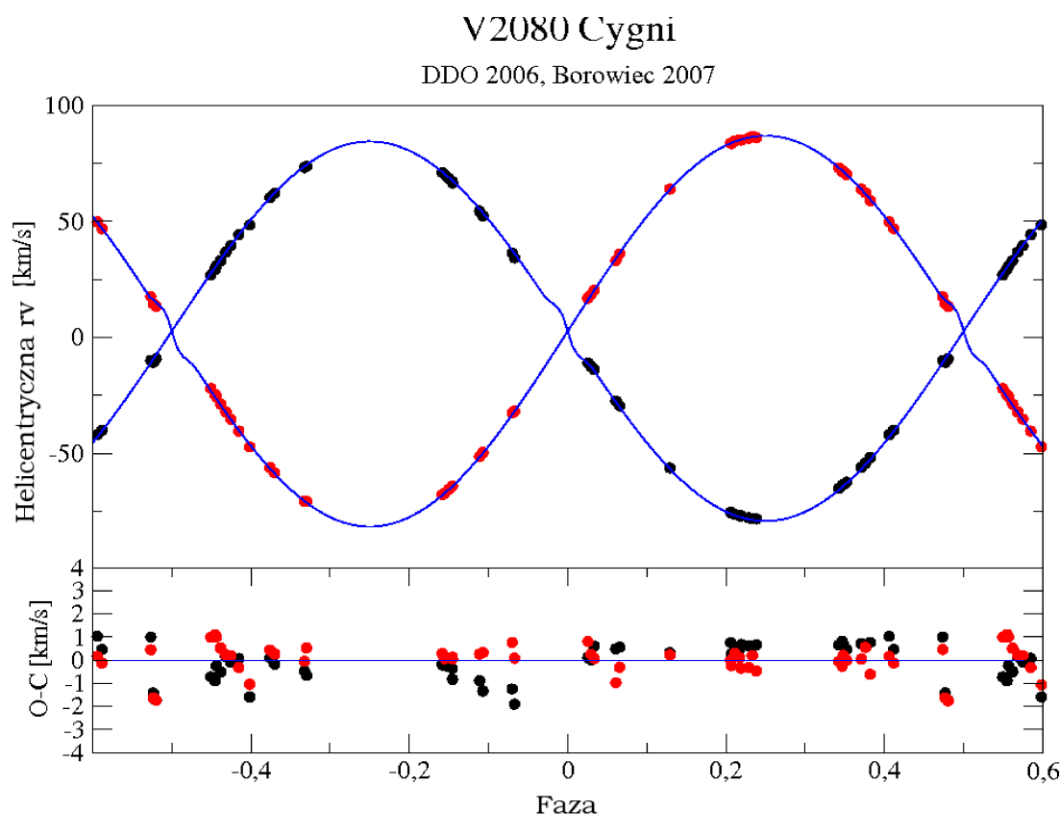
Wyniki

W pracy [Ibanoglu i in., 2008] przedstawione zostały parametry fizyczne gwiazdy V2080 Cyg, otrzymano je wykorzystując zgromadzone dane obserwacyjne fotometryczne i spektroskopowe do modelowania układu. Dla danych obserwacyjnych zgromadzonych przez poznańskich astronomów postanowiono zastosować odwrotne rozumowanie. Przedstawiony w pracy (Ibanoglu i in., 2008) model porównano ze zgromadzonymi danymi obserwacyjnymi z Kanady, Borówca i Poznania, a następnie przeanalizowano zgodność modelu i obserwacji. Metoda Wilsona-Devinney'a (WD) stworzona w latach 70-tych XX wieku (Wilson i Devinney, 1971) jest jedną z metod umożliwiających wykorzystanie krzywych zmian blasku oraz krzywych prędkości radialnych do modelowania układów podwójnych zaćmieniowych. Porównanie obserwacyjnych krzywych otrzymanych przez poznańskich astronomów z syntetycznymi krzywymi pochodzącymi z modelowania z użyciem metody WD z pracy (C.Ibanoglu i in., 2008) przeprowadzono z użyciem oprogramowania PHEOBE (Physics of Eclipsing Binaries, opis metody w pracy Prsa, 2011). Program ten wykorzystuje kod WD, posiada przyjazny dla użytkownika interface graficzny, który umożliwia w szybki i wygodny sposób porównać dane obserwacyjne i pochodzące z modelowania.

Porównanie krzywych syntetycznych i obserwacyjnych przedstawione jest na rysunkach 4 (dla krzywej zmian blasku) oraz 5 (dla krzywej prędkości radialnych). Na rysunkach widać zgodność pomiędzy krzywymi syntetycznymi i obserwacyjnymi. Dane zebrane przez poznańskich naukowców posłużą do udokładnienia parametrów fizycznych modelu V2080 Cyg, gdyż model przedstawiony przez Ibanoglu jest w ogólności prawidłowy.



Rys.4. Porównanie obserwacyjnej (dane zgromadzone przy użyciu MTF wykonane w filtrze V, niebieskie kropki) i syntetycznej (dane z pracy (Ibanoglu i in., 2008), ciągła czarna linia) krzywej zmian blasku V2080 Cyg (górna część rysunku). W dolnej części rysunku przedstawione są wartości O-C, czyli różnice pomiędzy wartościami krzywej syntetycznej i obserwowanej. Widać, że wartości te tylko w niewielkim stopniu przekraczają 0.02 magnitudo i to w trakcie zaćmień, zatem występuje zgodność między danymi syntetycznymi i obserwowanymi w krzywej zmian blasku V2080 Cyg.



Rys.5. Porównanie obserwacyjnej (dane z DDO i PST, czerwone i czarne kropki odpowiadają składnikom układu V2080 Cyg) i syntetycznej (dane z pracy Ibanoglu i in., 2008) krzywej prędkości radialnych V2080 Cyg. W dolnej części rysunku przedstawione są wartości O-C wyrażone w km/s.

Bibliografia

- Bąkowska K., 2012, Badania fotometryczne gwiazdy podwójnej zaćmieniowej V2080 Cygni, praca magisterska, Poznań
 Ibanoglu C. i in, 2008, MNRAS, 384, 331
 Kallrath J., 2009, Eclipsing Binary Stars: Modeling and Analysis, Springer
 Kurpińska-Winiarska M. i in., 2000, IBVS, 4823
 Prsa A., 2011, Pheobe Scientific Reference, Villanova University
 Wilson R., Devinney E., 1971, ApJ, 166, 605

Period variations the intermediate polars EX Hya, FO Aqr and RXS J180340.0+401214

Vitalii V. Breus¹, Ivan L. Andronov¹, Tibor Hegedus², Pavol A. Dubovsky³,
Igor Kudzej³, Karol Petrik⁴, Stanisław Zola^{5,6}

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

² Baja Astronomical Observatory, Baja, Hungary

³ Vihorlat Astronomical Observatory, Humenne, Slovakia

⁴ Astronomical Observatory, Hlohovec, Slovakia

⁵ Astronomical Observatory, Jagiellonian Observatory, Cracow, Poland

⁶ Mt. Suhora Observatory, Pedagogical University, Cracow, Poland

We present results of CCD photometric study of the intermediate polars FO Aqr, EX Hya and RXS J180340.0+401214.

EX Hya was observed using the telescopes of the Tzec Maun observatory in 2010 and 2011. Also we used observations obtained from ASAS, AAVSO and WASP data archives. Periodogram analysis was carried out. We analyzed variations of the spin period of the white dwarf in this system using published earlier and our spin maxima timings (total 451 moments since 1962).

Using the most recent spin variability characteristics published by [1] $P_0=0.046546484$, $T_0=2437699.8920$ we obtained new ephemeris

$$T_{max}=2437699.89079(59)+0.0465464808(69)\cdot E-6.3(2)\cdot 10^{-13}E^2$$

which corresponds to the characteristic time of acceleration of rotation (spin-up) of $4.67(14)\cdot 10^6$ years.

The orbital variability of EX Hya is more complicated. The O-C diagram shows spin-up from the beginning of observations until 1978, then it changed with spin-down. Since 1986 till 2007 it showed spin-up again. This may indicate the existence of a third component of the system.

FO Aqr was observed using 50-cm telescope at the Baja Astronomical Observatory, Hungary. Additionally, we analyzed observations obtained in the Vihorlat Astronomical Observatory, Slovakia. The spin period during our observations was $0.^d014521(3)$ with an initial epoch for the maximum brightness of 2455068.72430(36). The best fit value of the orbital period of the system is $0.^d2120801$. This value corresponds to our light curve better than the published earlier value of $0.^d2020596$ [2], although the difference is significant.

The spin period variations of FO Aqr are complicated. From 1981 to 1987, the white dwarf showed a spin-down, then it changed to a spin-up. Due to a gap in the observations for almost 6 years there was a cycle miscounting, so we have 2 branches on the O-C diagram, and there is no published information which could help in filling this gap with points to restore the cycle numbering. This shows a very high importance of regular studies of such short period objects.

The newly discovered intermediate polar RXS J180340.0+401214 (RXJ1803) [3] was started to be observed using the Zeiss-Cassegrain 600 telescope of the Hlohovec Observatory and Planetarium, and then in the Vihorlat, Baja and Cracow Observatories.

The orbital variability is almost absent in our observations, no eclipses were found, suggesting a low orbit inclination $i < 70^\circ$,

The photometric wave is originated due to a spin rotation of the white dwarf, during which the viewing conditions of the accretion columns are continuously changing. Therefore, the variability seems to be due to the geometric conditions (changing of the angle between stream and beam of view in the rotation), rather than for the physical ones (instability of the accretion column – that really is present, but not periodic). One hump shape at the phase light curve argues for a high inclination of the magnetic axis in this system, so we see mainly an upper accretion column.

The O-C analysis shows the necessity of improvement of the value of the spin period of 1520.4509 ± 0.0022 seconds (25.34 minutes) obtained from our first observations consistent with that published earlier [3]. However, due to an error in the timing of Teichgraeber et al. [4] (they published epoch of minimum instead of maximum), previous attempt to fit all timings (Andronov et al. [5]) were unsuccessful. In this work, we present a new ephemeris for the spin maxima:

$$T_{max} = 2454604.04449(14) + 0.017596986(3) \cdot E$$

The quadratic term $Q = (9 \pm 5) 10^{-14}$ formally corresponds to characteristic time scale of period variations of $\tau = P / (dP/dt) = (4.6 \pm 2.5)$ Myr. However, the parameter is equal to 1.9 of its error estimate and thus is not statistically significant. Contrary to other intermediate polars, no period variations were detected in RXJ1803.

The color index shows a statistically significant dependence on the spin phase, indicating a variable distribution of energy in the spectrum and necessity of multicolor observations rather than mono-filter or unfiltered ones.

References

- [1] Mauche C. W. et al., 2009, IBVS, 5876
- [2] Patterson J., Kemp J., Richman H. R. et al. 1998, PASP, 110, 415
- [3] Gänsicke B.T. et al., MNRAS, 361, 141, 2005
- [4] Teichgraeber C. et al., JSARA, 2007, 1, 24
- [5] Andronov I.L. et al., 2011, JKAS, 44, 89

Fizyczna charakterystyka planetoidy 2000 FJ₁₀ (190491)

Magda Butkiewicz

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Adama Mickiewicza
w Poznaniu, ul. Słoneczna 36, 60-286 Poznań
mbutek@amu.edu.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę wyników obserwacji fotometrycznych pod kątem fizycznych właściwości planetoidy 2000 FJ₁₀ (190491), należącej do grupy planetoid bliskich Ziemi (NEA – Near Earth Asteroids). Wyniki te miały określić, w jakim stopniu ta planetoida stanowi osiągalny cel misji kosmicznych. Obserwacje fotometryczne wykonano we wrześniu 2011 roku na Wielkim Teleskopie Południowoafrykańskim znajdującym się w Republice Południowej Afryki. Na podstawie obserwacji wyznaczono wskaźniki barw dla badanego obiektu. W rezultacie planetoidę 2000 FJ₁₀ (190491) sklasyfikowano, jako planetoidę typu S.

Wstęp

W skład grupy planetoid bliskich Ziemi (NEAs) wchodzi obiekty, których orbita jest niemal identyczna z orbitą Ziemi. Obiekty takie stanowią bardzo interesujący cel pod kątem misji kosmicznych *in situ*. Jednak wiele z nich ze względu na swoją orbitę jest widocznych z Ziemi tylko przez kilka miesięcy w przeciągu kilkunastu, czasem nawet kilkudziesięciu lat. Problemem również jest ich niewielki rozmiar, zazwyczaj rzędu kilkudziesięciu metrów. Zatem obserwacje przeprowadzić można często tylko przy użyciu instrumentów o dużej aperturze. Dodatkowo istnieją wymagania dotyczące typów taksonomicznych badanych obiektów. Preferowane klasy to B, C, D i P, czyli planetoidy pierwotne, których skład mineralogiczny nie uległ znacznemu przetworzeniu od momentu powstania Układu Słonecznego. Próbkę pobrane z tego typu obiektów stanowić będą odpowiedzi na pytania dotyczące początków historii Układu Słonecznego. Równie istotnym kryterium wyboru jest okres rotacji planetoidy. Planetoidy szybko rotujące nie nadają się na obiekty bezpośrednich badań.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań planetoidy 2000 FJ₁₀ (190491), która należy do obiektów NEAs. Kampania obserwacyjna trwała od połowy września do jego końca 2011 roku na 10-metrowym Wielkim Teleskopie Południowoafrykańskim (SALT). Głównym celem tej kampanii było określenie typu taksonomicznego, rozmiaru oraz okresu rotacji planetoidy.

Planetoida

Planetoida 2000 FJ₁₀ (190491) została odkryta 25 marca 2000 roku w ramach amerykańskiego projektu Spacewatch. Jest ona obiektem zbliżającym się do Ziemi, należącym do rodziny Amora ($a = 1.32$ AU, $e = 0.23$, $i = 5^\circ$). Jej jasność absolutna (jasność, jaką planetoida miałaby w odległości jednej jednostki

astronomicznej zarówno od Ziemi jak i od Słońca) wynosi 20.9 mag. Taka jasność wnosi ograniczenia dotyczące średnicy efektywnej planetoidy zawierającej się w zakresie 110-390 metrów dla albedo 0.05-0.5. Orbita 2000 FJ₁₀ (190491) decyduje o tym, że obiekt ten nie wlicza się do obiektów stanowiących potencjalne zagrożenie dla Ziemi. Jest to jedna z najbardziej dostępnych dla misji kosmicznych planetoid na liście 8857 obiektów i zajmuje 124. miejsce (http://echo.jpl.nasa.gov/~lance/delta_v/dela_v.rendezvous.html) na liście obiektów NEAs o niskim ΔV . Wartość ΔV dla planetoidy 2000 FJ₁₀ wynosi 4.567 km s⁻¹. Tym samym dostarcza informację na temat tego, jaka musi nastąpić zmiana prędkości obiektu, który przebywa na orbicie LEO, aby dostać się na orbitę, na której znajduje się planetoida. Dla porównania obiekt zajmujący pierwsze miejsce na wspomnianej liście 2001 US₁₆ posiada H = 20.2 mag i ΔV = 4.428 km s⁻¹.

Obserwacje fotometryczne

Obserwacje planetoidy 2000 FJ₁₀ (190491) zostały wykonane na 10-metrowym teleskopie znajdującym się w SAAO (South African Astronomical Observatory) w Republice Południowej Afryki na szerokości geograficznej $\phi = -32^{\circ}23'$ i wysokości 1759 metrów n.p.m.

Główne zwierciadło teleskopu składa się z 91 heksagonalnych segmentów (każdy o średnicy 1 metra), tworzących mozaikę. Powierzchnia skupiająca lustro odpowiada sferycznemu zwierciadłu o średnicy ok. 10.5 metra. Ogniskowa zwierciadła wynosi 13.08 metra. Instrumenty badawcze znajdują się na tzw. wózku (ang. *tracker*) w ognisku lustro. Dodatkowo w środku krzywizny zwierciadła znajduje się laser, który ma na celu kolimację zwierciadła.

SALT zmienia położenie tylko w azymucie przy określonej odległości zenitalnej, która wynosi od 48° do 59°. Możliwość wykonania ekspozycji dotyczy obszarów nieba o deklinacji od -75° do +10°, co daje ok. 70% powierzchni widocznego nieba. Maksymalny czas obserwacji podczas jednej nocy w zależności od deklinacji wynosi od 45 minut w pasie równikowym do 150 minut dla $\delta < -70^{\circ}$. Teleskop podczas obserwacji pozostaje nieruchomy, natomiast obiekt jest śledzony przez ruchomy tracker.

W skrajnych przypadkach efektywna powierzchnia skupiająca, w zależności od położenia obiektu, może zmniejszyć się do powierzchni odpowiadającej zwierciadłu o średnicy 7 m. Ponadto zmienna powierzchnia skupiająca lustro ogranicza możliwości absolutnej kalibracji fotometrii.

Obserwacje planetoidy zostały przeprowadzone we wrześniu 2011 roku. Jako instrumentu badawczego użyto kamerę CCD SALTICAM (SALTICAM; O'Donogue i in. 2003) składającą się z dwóch matryc o rozmiarach 2k x 4k. Dane dotyczące poszczególnych nocy obserwacyjnych zostały przedstawione w Tabeli 1. W tym czasie planetoida znajdowała się w polu, w którym widoczne są gwiazdy przeglądu Sloana (Sloan Digital Sky Survey, dalej nazywane SDSS), co tym samym pozwala na kalibrację fotometrii przy użyciu gwiazd standardowych SDSS.

Tabela 1. Dziennik obserwacyjny planetoidy 2000 FJ₁₀. Uwaga: r i Δ są odległościami planetoidy odpowiednio od Słońca i Ziemi, α jest kątem fazowym, gdzie β i λ są odpowiednio długością i szerokością geocentryczną, ekliptyczną na epokę J2000. V odpowiada średniej jasności planetoidy podanej przez efermerydę wygenerowaną przez Horizons (ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi). Mov określa prędkość, z jaką planetoida porusza się po sferze niebieskiej, Exp jest czasem ekspozycji, a ostatnia kolumna zawiera informacje na temat użytych filtrów.

Data rrrr-mm-dd	Czas obs. (UTC)	r [AU]	Δ [AU]	α [°]	λ [°]	β [°]	V [mag]	Mov ["/min]	Exp [s]	Filt r
2011-09-15	19:16- 19:35	1.1674	0.1799	24.0	327.2	12.5	18.7	1.5	60	r
2011-09-22	21:23- 22:13	1.1432	0.1680	31.4	324.2	9.6	18.7	1.5	60	g, r, i

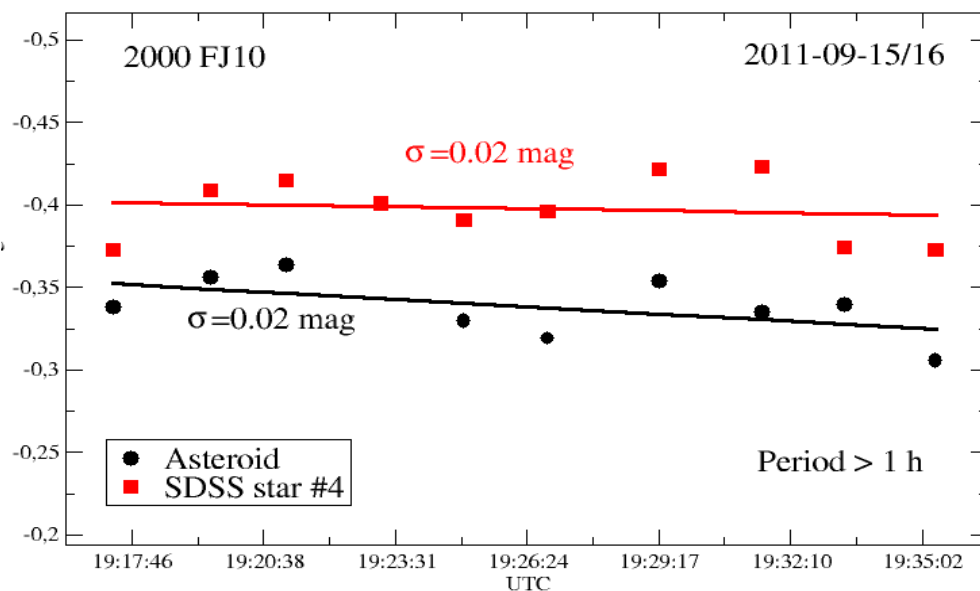
W celu uzyskania wskaźników barwy użyto filtrów Sloana (g , r , i). Dolna granica średnicy efektywnej wynosi 110 m, zatem okres rotacji może wynosić nawet 10 min (Hergenrother i Whiteley 2011). W pierwszej turze obserwacji, która miała miejsce 15 września, obserwowano planetoidę przez 20 minut przy użyciu wyłącznie filtra r . Odchylenie standardowe dla danych uzyskanych podczas tej serii wyniosło ± 0.05 mag, co w tym przypadku oznacza brak zmian jasności planetoidy. Następne obserwacje przeprowadzono 22 września, które trwały 50 minut. Tym razem zastosowano trzy filtry w odpowiednim ciągu: $10 \times r$, $3 \times g$, r , $3 \times g$, r , $3 \times g$, r , $3 \times i$, r , $3 \times i$. Filtr r służył w tym wypadku jako flaga, pozwalająca określić zmiany blasku planetoidy.

Redukcję wyników obserwacji przeprowadzono na dwóch etapach. Pierwszym było zastosowanie pakietu PySALT (Crawford i in. 2010) w celu korekcji biasu. Następnym krokiem była korekcja na pole wyrównujące (*flat-field*) przy użyciu nocnych *flat-field*ów nieba (*night sky flat-field*), stosując metodę, którą opisali Kniazev i Vaisanen (2011). Metoda ta polega na usunięciu gwiazd z poszczególnych ramek, a następnie dopasowaniu odpowiedniego wielomianu do tła nieba. W ten sposób otrzymujemy *flat-field*, przez który dzielimy oryginalną ramkę. Dodatkowo teleskop był przesuwany w trakcie obserwacji co trzy ekspozycje, by nie dopuścić, aby te same gwiazdy zajmowały te same pozycje w polu widzenia, a planetoida stale zajmowała ten sam segment. Dzięki temu uzyskano globalny obraz pola wyrównującego dla każdego filtra, przez który można było podzielić pozostałe, oryginalne obrazy.

Jasność instrumentalna gwiazd SDSS i planetoidy została zmierzona za pomocą fotometrii aperturowej. Do wykonania tej czynności, jak i korekcji pola wyrównującego, użyto pakietu STARLINK, stworzonego przez Joint Astronomy Centre of Mauna Kea Observatory.

By zmniejszyć ryzyko wystąpienia błędów związanych z możliwością wystąpienia różnicy między dwoma systemami fotometrycznymi (dostępnym na teleskopie SALT a systemem SDSS), wybrano tylko gwiazdy SDSS typu słonecznego (ze względu na kolor planetoidy). Jasność planetoidy w każdym filtrze mierzona była względem 3-4 gwiazd SDSS.

Podczas obserwacji 22 września, w trakcie 47 minut jasność planetoidy nie wykazała żadnych systematycznych zmian. Dzięki temu można było uśrednić otrzymane wyniki, uzyskując jasność w filtrach r , g oraz i , by móc obliczyć wskaźniki barwy planetoidy. Wynikiem były następujące wartości: $g - r = 0.59 \pm 0.03$ mag, $r - i = 0.21 \pm 0.03$ mag.

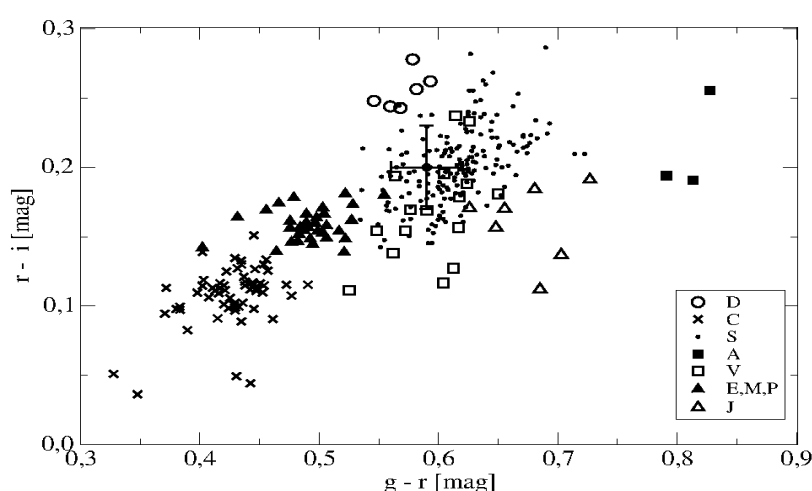


Rys. 1. Krzywa zmian blasku planetoidy 2000 FJ₁₀ (190491) dla filtru r . Krzywa ta nie posiada żadnych widocznych okresowych zmian jasności podczas 20 minut obserwacji dla amplitudy większej niż 0.05 mag. Nachylenie krzywej regresji również jest na tyle niewielkie, aby uznać je za istotne. Dla porównania przedstawiono także gwiazdę SDSS. Rozrzut punktów na wykresie spowodowany jest residuami wynikającymi z zastosowania wspomnianej wcześniej metody wypłaszczenia pola.

Okres rotacji

Budowa teleskopu SALT ogranicza czas obserwacji do 1-godzinnej serii. Występuje zatem poważny problem przy pomiarach okresów wynoszących kilka godzin lub więcej. W przypadku planetoidy 2000 FJ₁₀ istniało prawdopodobieństwo, że okres rotacji może wynieść poniżej 1 godziny. Główny wpływ na takie przypuszczenie miała niewielka średnica obiektu, co mogłoby sugerować, iż planeta ta należy do grupy planetoid szybko rotujących. Okres rotacji takich obiektów wynosi zazwyczaj dużo poniżej dwóch godzin. Rysunek 1 przedstawia jedną z krzywych zmian blasku uzyskanych w trakcie obserwacji. Ukazuje on względną zmianę jasności w filtrze r w porównaniu do gwiazdy SDSS. Na zaprezentowanej krzywej nie występują okresowe zmiany dla amplitudy większej niż 0.05 mag. Rozproszenie punktów spowodowane jest raczej użytą metodą wypłaszczenia pola niż szumem statystycznym. Zakładając, że typowa krzywa zmian jasności planetoidy posiada dwa minima oraz dwa

maksyma, można założyć, iż okres rotacji planetoidy 2000 FJ₁₀ jest co najmniej dwa razy dłuższy niż czas obserwacji przeprowadzonych 15 września ($P > 36$ min). Poza wykresem przedstawionym na Rysunku 1 otrzymano jeszcze jedną krzywą zmian blasku 22 września 2011 roku. W drugim przypadku wyniki okazały się być identyczne tak jak podczas pierwszej serii obserwacji. Na podstawie drugiej serii pomiarów można wywnioskować, że okres rotacji jest najprawdopodobniej jeszcze większy ($P > 94$ min). Nie wyklucza się również możliwości, iż podczas obserwacji planetoida skierowana była do obserwatora biegunem osi rotacji (lub w jego pobliżu) lub też okres rotacji był na tyle krótki, iż czas naświetlania pojedynczego obrazu był dłuższy niż sam okres, co uniemożliwiło zaobserwowanie zmian jasności planetoidy.



Rys.2. Wykres kolor-kolor dla 316 planetoid, których widmo zostało uzyskane przez przegląd SMASS, na podstawie Rysunku 10 w Ivezić i in. (2001). Różne klasy taksonomiczne przedstawiono za pomocą różnych symboli. Planeta 2000 FJ₁₀ została oznaczona dużym krzyżem i tym samym odpowiada typowi S, jednak typy V, D czy E, M, P również są brane pod uwagę.

Taksonomia

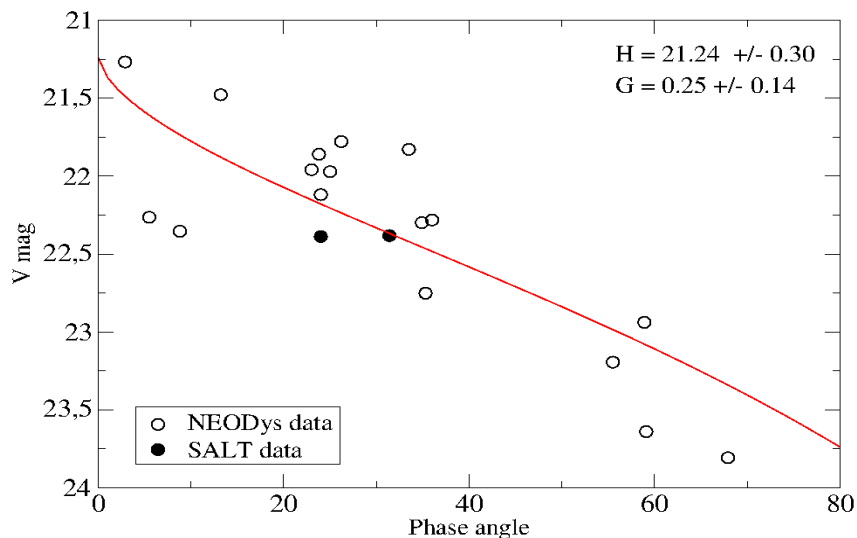
Taksonomię planetoid zazwyczaj określa się przy użyciu wskaźników barwy w systemie Johnsona (UBVRI). Jednak z racji tego, że obserwacje wykonano przy użyciu filtrów w systemie SDSS, zastosowano analogiczną klasyfikację, którą opisali Ivezić i in. (2001). Dzięki 316 widmom uzyskanym przez przegląd SMASS i zastosowaniu do nich systemu SDSS otrzymano zależność $r-i$ od $g-r$ przedstawioną na Rysunku 2. Położenie planetoidy 2000 FJ₁₀ na wykresie pokazuje, iż planeta ta jest planetoidą typu S, jednak typów V, D czy E, M, P nie można wykluczyć.

Średnica

Obserwacje planetoidy 2000 FJ₁₀ uzyskane przez teleskop SALT i zaczerpnięte z bazy danych NEODys pozwoliły na utworzenie krzywej fazowej i tym samym

uzyskanie jasności absolutnej oraz średnicy efektywnej. Aby uzyskać jasność planetoidy w systemie UBVR_I, zastosowano metodę opisaną przez Jester i in. (2005).

Rysunek 3 przedstawia wykres zależności jasności $V(1, 1, \alpha)$ od kąta fazowego. Jasność widoma planetoidy na każdą serię obserwacji została skorygowana na miarę jednostkowej odległości zarówno od Słońca jak i Ziemi. Metoda dopasowania najmniejszych kwadratów w standardowej zależności H-G (Bowell i in. 1989) daje $H = 21.24 \pm 0.30$ mag i $G = 0.25 \pm 0.14$.



Rys.3. Krzywa fazowa planetoidy 2000 FJ₁₀ dopasowana metodą najmniejszych kwadratów. Wykres przedstawia zależność jasności $V(1, 1, \alpha)$ od kąta fazowego. Jasność widoma planetoidy na każdą serię obserwacji została skorygowana na miarę jednostkowej odległości zarówno od Słońca jak i Ziemi. Metoda dopasowania najmniejszych kwadratów w standardowej zależności H-G (Bowell i in. 1989) daje $H = 21.24 \pm 0.30$ mag i $G = 0.25 \pm 0.14$.

Otrzymana wartość dla czynnika G zgadza się z przyjmowaną wartością G dla planetoid typu S (Lagerkvist i Magnusson 1990). Dodatkowo średnia wartość

albedo dla tego typu taksonomicznego wynosi $p_V = 0.26^{+0.04}_{-0.03}$ (Thomas i in. 2011). Aby uzyskać wartość średnicy efektywnej planetoidy, należy zastosować formułę podaną przez Fowler i Chillemi (1992) i użyć otrzymanych wcześniej wartości tj. albedo oraz jasności absolutnej H . Średnica efektywna planetoidy 2000 FJ₁₀ wyniosła $D_{eff} = 0.13 \pm 0.02$ km.

Wyniki

Planetoida 2000 FJ₁₀ (190491), należąca do grupy Amora i tym samym do NEA, jest jednym z najłatwiej osiągalnych obiektów dla przyszłych misji kosmicznych. Badany obiekt należy do typu taksonomicznego S, co oznacza, że uległ znacznym wpływom zewnętrznym od momentu powstania Układu

Słonecznego. Tym samym 2000 FJ₁₀ jest mało interesujący z naukowego punktu widzenia, znacznie bardziej interesujące są planetoidy prymitywne.

Bibliografia

- Bowell E., Hapke B., Domingue K. i in., 1989, w: Asteroids II (Binzel R. P., Gehrels T. i Matthews M. S.), University of Arizona Press, Tuscon, 524.
- O'Donogue D. E., Bauermeister E., Carter D. B. i in., 2003, Proc. SPIE, 4841, 465.
- Fowler J. W. i Chillemi J., 1992, w: The IRAS Minor Planet Survey, ed. E. Tedesco, G. Veeder, J. Fowler i J. Chillemi (Phillips Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA), 17.
- Hergenrother C. W. i Whiteley R. J., 2011, Icarus, 214, 194.
- Ivezić Ž., Tabachnik S., Rafikov R. i in., 2001, AJ, 122, 2749.
- Jester S., Schneider D. P., Richards G. T. i in., 2005, AJ, 130, 873.
- Kniazev A. i Vaisanen P., 2011, SALT Technical Note 2251AC0001.
- Lagerkvist C. I. i Magnusson P., 1990, A&AS, 86, 119.
- Thomas C. A., Trilling D. E., Emary J. P. i in., 2011, AJ, 142, 85.



Karolina Ordon i Jacek Jaskulski. (*archiwa Astronomii Novej*)



Bożena Czerny i Bogdan Wszolek (*archiwa Astronomii Novej*)

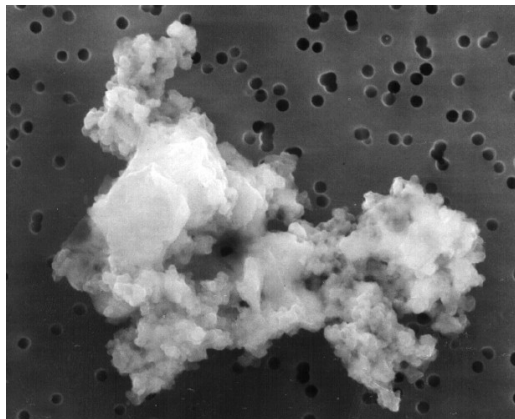
Burze piaskowe w kwazarach

Bożena Czerny

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika, Polska Akademia Nauk,
ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa

Wstęp

Tematem mojego referatu jest rola pyłu w kwazarach. W tytule umieściłam słowo 'piasek', ale piasek czy pył to właściwie to samo. Szczególnie w języku angielskim rozróżnienie pomiędzy różnymi aspektami pyłu (*ang. dust*) jest zatarte. A zatem pył to drobnutkie cząsteczki mineralne, o rozmiarach od 0.001 mikrona do 10 000 mikronów. Pył na powierzchni Ziemi powstaje w wyniku wietrzenia skał, ale pył jest też w kosmosie, i stamtąd dociera do górnych warstw stratosfery. Cząsteczki mają bardzo skomplikowaną postać, odzwierciedlającą ich wzrost w wyniku przyłączania się kolejnych grudek. Podobnie wygląda pył kosmiczny, jak i pył hodowany sztucznie w laboratorium.



Rys.1. Cząsteczka pyłu międzyplanetarnego o średnicy 10 mikronów, pozyskana w górnej stratosferze (stardust.jpl.nasa.gov/science/sdparticle.html).

W języku angielskim 'pyłem' jest także zwykły kurz, który co prawda w powiększeniu wygląda podobnie, ale składa się w sporej mierze z cząsteczek organicznych, i taki kurz jest zmorą wszystkich domów, komputerów (kurz lubi się gromadzić w ich środku), a przede wszystkim wszystkich laboratoriów, prowadzących eksperymenty wymagające wysokiej czystości.

Jedna cząsteczka pyłu czy ziarnko piasku wygląda niegroźnie, ale w bardzo wielkich ilościach pyłu drzemie ogromna siła. Burze piaskowe spotykane na Ziemi ilustrują to doskonale.

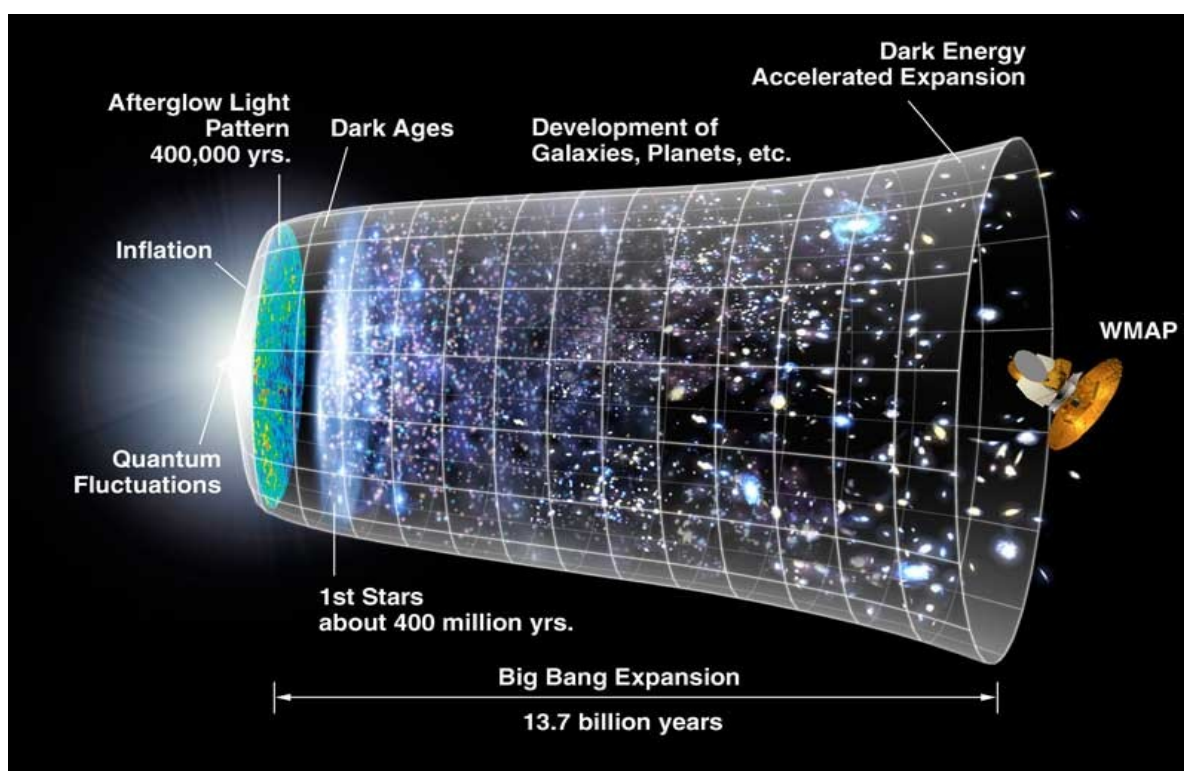
Ale język angielski najdobitniej pokazuje rolę pyłu w cytacie: "for dust thou art, and unto dust shalt thou return" (Biblia Króla Jerzego, Cambridge 1611), co po polsku brzmi: „Z prochu powstałeś i w proch się obrócisz”.

Współczesna astronomia pokazała, że naprawdę i dosłownie powstaliśmy z pyłu. Wszechświat, początkowo gorący po Wielkim Wybuchu stygł, powstały pierwiastki – niemal wyłącznie wodór i hel – a następnie pierwsze gwiazdy i pierwsze galaktyki. W gwiazdach wytworzone zostały wszystkie pierwiastki

ciężkie, jak węgiel, tlen i azot, a wybuchy supernowych rozrzuciły wokół tę wzbogaconą mieszankę.



Rys.2. Burza piaskowa w Teksasie w 1935 roku (*Wikipedia*).

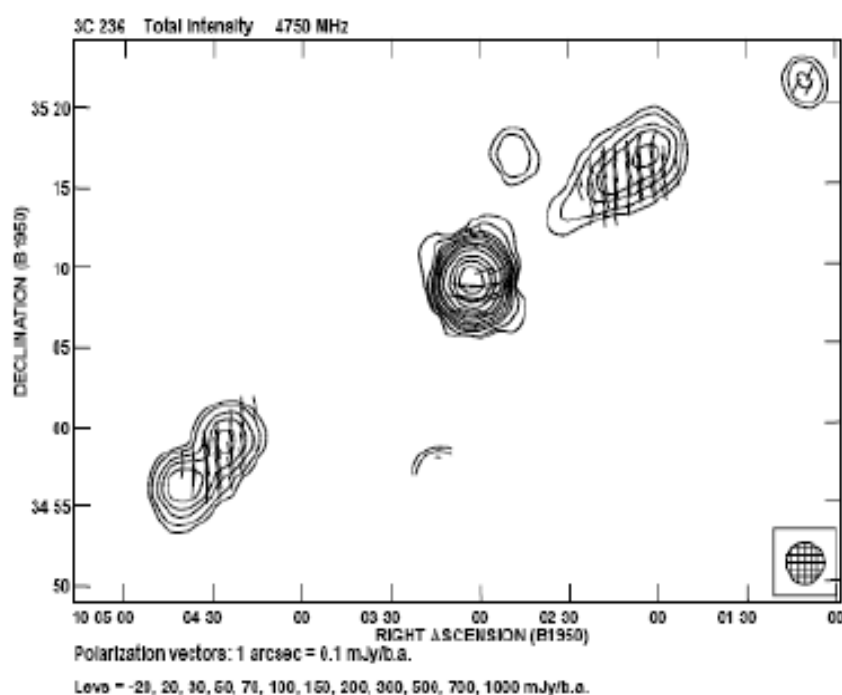


Rys.3. Schemat ewolucji Wszechświata. Pokolenia gwiazd wyprodukowały pył, a z pyłu powstała Ziemia i człowiek (*Źródło: NASA*).

Pył występuje wszędzie, zatem i w kwazarach, i pełni tam zaskakującą rolę, co zamierzam tu przybliżyć.

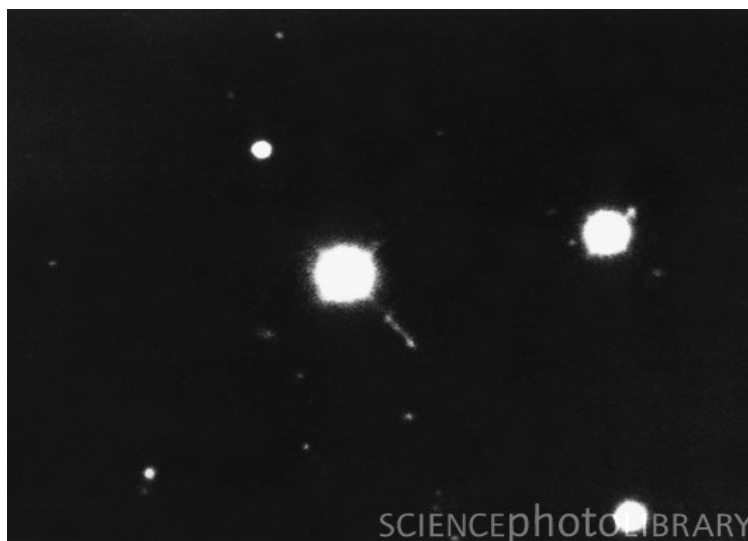
Historia odkrycia kwazarów

Pierwsze pionierskie obserwacje radiowe prowadzone były jeszcze w latach trzydziestych ubiegłego wieku, ale prawdziwy rozkwit radioastronomii nastąpił po II wojnie światowej, w oparciu o technologie wojskowe. W 1959 roku astronomowie z Cambridge opublikowali obfity, jak na te czasy, katalog radioźródeł o nazwie Trzeci Katalog Cambridg (The Third Cambridge Catalog of Radio Sources). Obiekty nosiły nazwę 3C + numer. Niektóre z tych źródeł były rozciągnięte, a ich pozycje odpowiadały galaktykom.

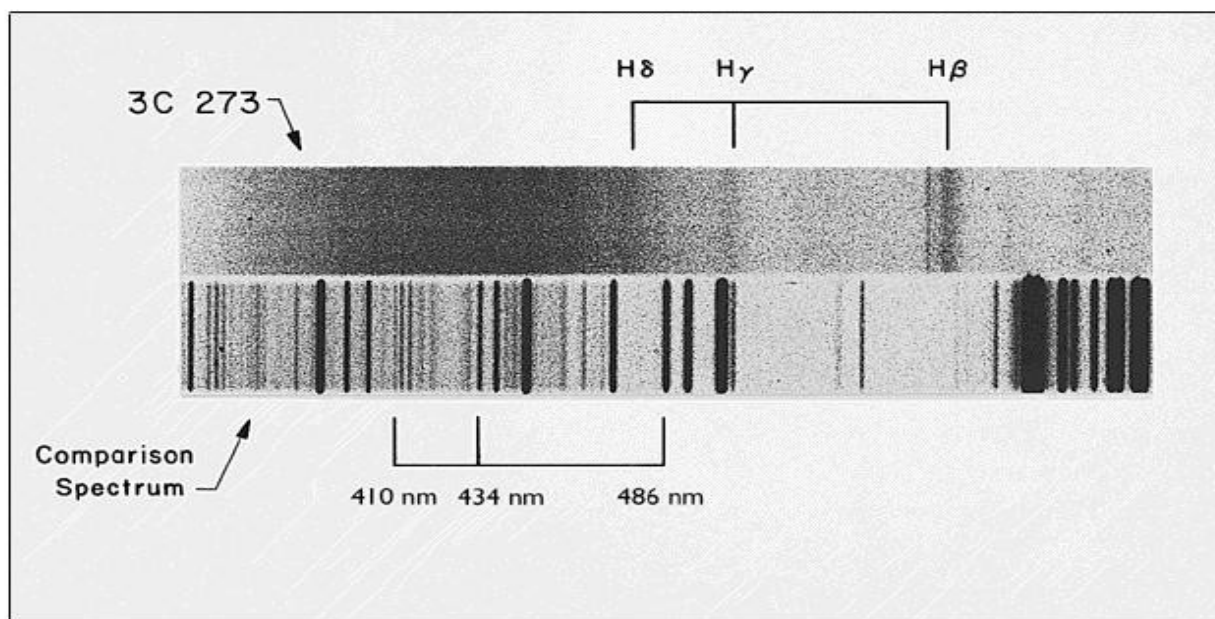


Rys.4. Obraz optyczny (HST) i radiowy i radiogalaktyki 3C 236. Część źródeł jednak wyglądała inaczej, tak w zakresie radiowym jak i optycznym praktycznie wyglądała jak punkty, a zatem jak gwiazdy, i dlatego określono je nazwą 'quasi-stellar sources', w uproszczeniu quasars, czyli kwazary. Do takich przypadków należał w szczególności obiekt 3C 273.

Problem natury tych obiektów przez pewien czas nie był rozwiązany. Nie wszystkie posiadały odpowiedniki optyczne, ponieważ dokładność pozycji radiowych nie była wtedy wystarczająco dokładna. Dla 3C 273 odpowiednik optyczny znaleziono późno, w 1962 r, wykonano spektroskopię, ale linie wyglądały dziwnie, nie pasowały do żadnego pierwiastka.



Rys.5. Obraz optyczny 3C 273 otrzymany przez 4 m. teleskop (Kitt Peak National Observatory).



Rys.6. Oryginalne widmo optyczne 3C 273 badane przez Maartena Schmidta.

Głowił się nad tym Maarten Schmidt, aż w pewnym momencie zauważył pewną regularność: linie wyglądały jak linie wodoru, ale przesunięte. Zaproponował, że to są właśnie linie wodoru, a przesunięcie wynika z ekspansji

Wszechświata, co oznacza, że kwazary są na odległościach kosmologicznych. Dokładniej, przesunięcie ku czerwieni dla 3C 273 to $z = 0.158$.

To oznacza zarazem, że kwazary są niezwykle jasne, skoro widzimy je tak dobrze pomimo kosmologicznych odległości. Jasności kwazarów sto czy nawet tysiąckrotnie przekraczają jasność galaktyki macierzystej, w której się znajdują. Początkowo zatem kosmologiczna interpretacja przesunięć ku czerwieni dla kwazarów budziła dużo emocji i nie wszyscy astronomowie zgadzali się z tą hipotezą. Obecnie sprawa nie budzi kontrowersji. W szczególności postęp obserwacyjny – umieszczenie na orbicie Teleskopu Kosmicznego Hubble'a - pozwolił na zbadanie galaktyk macierzystych najbliższych kwazarów.



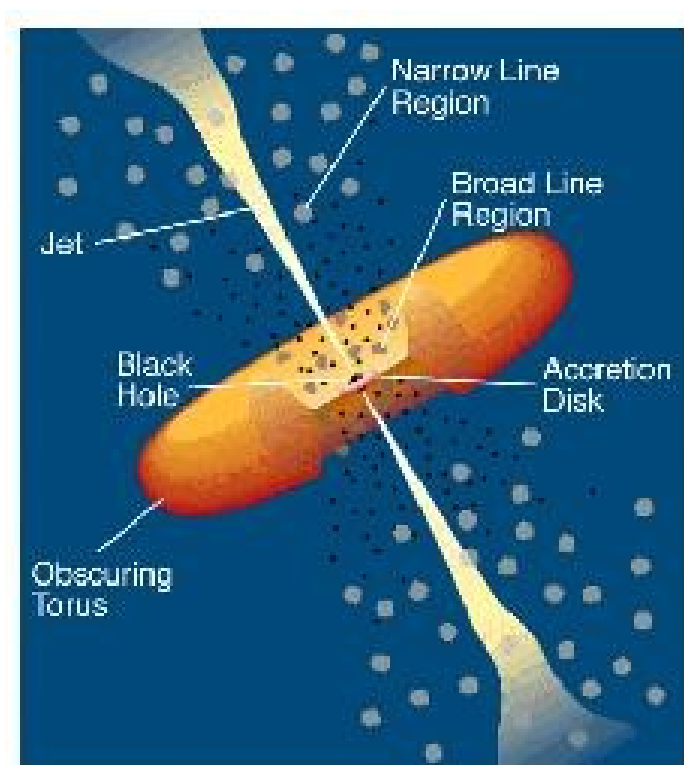
Rys.7. Galaktyka macierzysta wokółkwazara 3C 273 widoczna po przesłonięciu samego kwazara specjalną przesłoną. Widać ślady struktury spiralnej (Zdjęcie HST).

Obecnie panuje zgoda co do kosmologicznych odległości, a także co do charakteru aktywności kwazarów i innych aktywnych galaktyk. Świecenie nie pochodzi od gwiazd, ale od materii, która wpada do masywnej czarnej dziury, znajdującej się w centrum każdej galaktyki. Ponieważ materia jest obdarzona pewnym momentem pędu, powstała struktura nie jest sferycznie symetryczna, ale dyskowa. W wewnętrznej części znajduje się geometrycznie cienki dysk akrecyjny, dalej jest geometrycznie gruby torus molekularno-pyłowy. Szerokie linie emisyjne, które posłużyły do rozwiązania problemu, pochodzą z obszarów centralnych, dalej od centrum jest też obszar wąskich linii emisyjnych. Jeżeli obserwator patrzy na obiekt pod znacznym kątem, to wtedy nie widzi części centralnych, zasłoniętych przez torus. Takie obiekty nazywamy obiektami typu 2, a te widziane z góry to aktywne galaktyki typu 1.

Spektroskopia

Zewnętrzne części aktywnego jądra, w tym torus molekularno-pyłowy, dla najbliższych aktywnych galaktyk można badać bezpośrednio, sporządzając mapy emisji. Natomiast obszar Szerokich Linii Emisyjnych (ang. BLR – Broad Line

Region) jest poniżej obecnie dostępnych przestrzennych zdolności rozdzielczych, a zatem jego geometrię można badać wyłącznie za pośrednictwem spektroskopii. Mając jednak do dyspozycji linie emisyjne, np. wodoru, można z szerokości linii, przesunięcia linii oraz ich jasności wyciągać sporo wniosków.



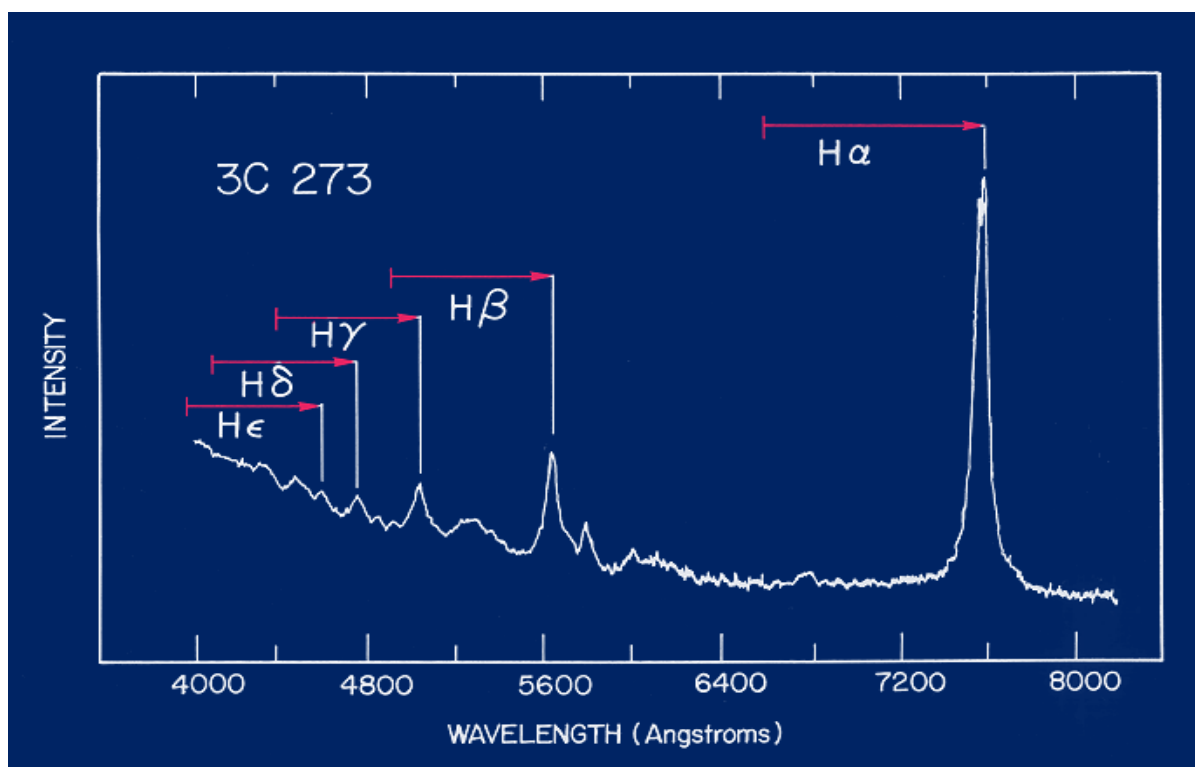
Rys.8. Schemat aktywnego jądra. (Urry i Padovani, 1995).

Przesunięcie linii daje pomiar prędkości. Niektóre szerokie linie w kwazarach, takie jak CIV, oprócz przesunięcia kosmologicznego, mają też przesunięcie ku niebieskiemu w stosunku do wąskich linii. Takie linie muszą powstawać w wietrze, poruszającym się w stronę obserwatora. Inne linie jednak, takie jak H β i MgII, takiego przesunięcia nie wykazują. Ogólnie jest tak, że tzw. Low Ionization Lines (LIL) właśnie przesunięcia nie wykazują, podczas gdy High Ionization Lines (HIL) są poniebieszczone. Ta prędkość przesunięcia to około 1000 km/s.

Szerokość linii w kwazarach jest znacznie większa niż typowa szerokość termiczna i odpowiada prędkościom ruchu rzędu kilku tysięcy km/s; poszerzenie termiczne linii wodoru nie może być większe niż ok. 10 km/s, przy wyższej temperaturze wodor jest całkowicie zjonizowany. Ta prędkość w sporej części jest związana z ruchem kołowym obłoków wokół centrum. Obłoki z reguły nie pojawiają się w absorpcji, a zatem ich prawdziwa konfiguracja nie jest sferyczna, jak na schematycznym Rys.8, ale spłaszczona, linie te powstają w pobliżu dysku akrecyjnego.

I tu pojawia się pewien problem. Właściwie linia emisyjna emitowana przez konfigurację dyskową powinna mieć skomplikowany podwójny profil, z rogami odpowiadającymi zbliżającej się i oddalającej się części dysku. A linie

obserwowane rzadko mają taki profil. Świadczy to o konieczności wprowadzenia dodatkowej turbulencji, albo dość specyficznego reprocessowania przez wiatr.

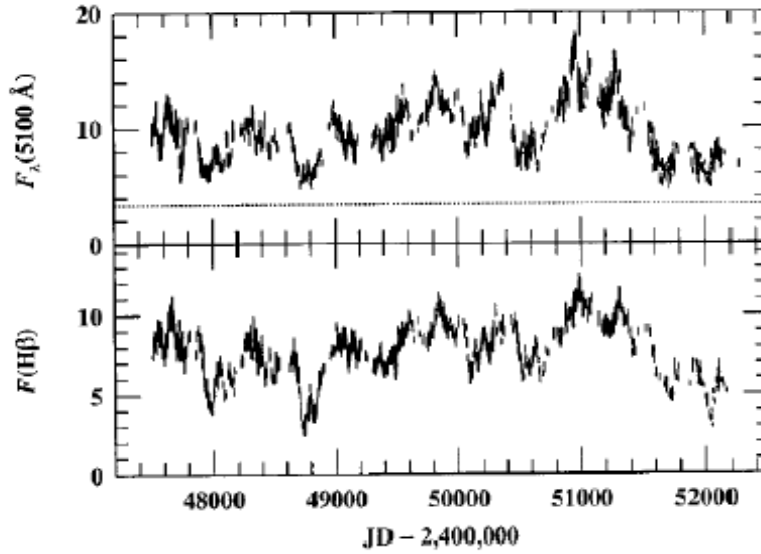


Rys.9. Widmo kwazara 3C 273.

Także dokładne badanie intensywności linii wodoru wskazuje, że linie są jaśniejsze niż powinny, co również można wytłumaczyć, jeżeli wprowadzić silną turbulencję do ośrodka, o prędkościach około 1000 km/s. Taka turbulencja jest silnie naddźwiękowa, i jej wprowadzenia nie można było uzasadnić, aż do momentu wprowadzenia roli pyłu. Aby jednak wprowadzić ten temat, muszę odwołać się do pewnej techniki badania BLR o nazwie 'Rewerberacja'.

Rewerberacja

Rewerberacja to pomiar reakcji intensywności linii emisyjnych na zmianę jasności kontinuum aktywnej galaktyki. Linie emisyjne powstają w wyniku oświetlania przez promieniowanie produkowane blisko centrum, i zmienne oświetlenie powoduje zmianę intensywności linii. Kontinuum w aktywnych galaktykach jest silnie zmienne w każdym zakresie długości fali, także w zakresie optycznym, UV, oraz w zakresie X. Na to zmienione oświetlenie obszar BLR odpowiada z pewnym opóźnieniem, związanym z różnicą drogi od centrum do obszaru BLR. Opóźnienie to zatem mierzy rozmiar obszaru BLR. Szczegółowe pomiary takiego opóźnienia wykonano dla kilkudziesięciu aktywnych galaktyk, przede wszystkim tych najbliższych, oraz dla kilku dość bliskich kwazarów (poniżej $z = 0.3$).



Rys.10. Zmiana jasności kontinuum oraz jasności linii H β dla galaktyki aktywnej NGC 5548 na przestrzeni 14 lat (*Peterson i in.*, 2002).

Pomiar tego opóźnienia jest kluczem do pomiaru masy centralnej czarnej dziury. Zakładając ruch kołowy obłoku po orbicie mamy bowiem związek prędkości, masy i promienia orbity

$$V = (GM/R)^{1/2}$$

W tym wzorze promień R wyznaczamy właśnie z rewerberacji, prędkość obłoku z szerokości linii emisyjnej, i w ten sposób otrzymujemy masę czarnej dziury M dla aktywnej galaktyki. Wyznaczanie to jest precyzyjne, gdy dodatkowo wprowadzi się pewien współczynnik liczbowy w tym wzorze, odtwarzający geometrię orbit.

Metoda ta jest dobra, ale pracochłonna, wymaga wielokrotnych obserwacji na przestrzeni miesięcy czy raczej lat, i została zastosowana tylko do kilkudziesięciu aktywnych galaktyk i kwazarów. Zauważono jednak bardzo interesującą korelację pomiędzy rozmiarem obszaru BLR a jasnością monochromatyczną (*Kaspi i in.*, 2000). Ostatnie, dokładniejsze pomiary pokazały, że jest to skalowanie z pierwiastkiem jasności (*Bentz i in.*, 2009), co wygodnie jest zapisać w postaci

$$\log R_{\text{BLR}}[\text{H}\beta] = 1.538 \pm 0.027 + 0.5 \log L_{44,5100} ,$$

gdzie promień obszaru, R_{BLR} , jest w dniach świetlnych, a jasność monochromatyczna na długości fali 5100 Å jest w jednostkach 10^{44} erg/s. Ta praktyczna zależność dała możliwość wyznaczania masy w tysiącach kwazarów, ponieważ wystarczy w tym przypadku jeden pomiar spektrofotometryczny, czyli pomiar jasności i pomiar szerokości linii w jednej chwili czasu. Metodę tę stosuje się zatem bardzo szeroko.

Wzór ten jednak jest zastanawiający. O ile wcześniej często przypuszczano, że promień BLR skaluje się z pierwiastkiem z jasności bolometrycznej (bo strumień

spada z kwadratem odległości), to skalowanie z jasnością monochromatyczną jest nieoczekiwane z teoretycznego punktu widzenia. Praca opublikowana przez nas (Czerny i Hryniewicz, 2011) wyjaśnia tę zagadkę, a zarazem wyjaśnia właśnie mechanizm powstawania linii.

Teoria dysków akrecyjnych (Shakura i Sunyaev, 1973) pokazuje, że w zakresie fal długich widmo promieniowania ma nachylenie $\nu^{1/3}$, a współczynnik proporcjonalności zależy od iloczynu masy i tempa akrecji. Także temperatura efektywna w atmosferze dysku jako funkcja promienia skaluje się z iloczynem masy i tempa akrecji. Co więcej, okazało się, że jeżeli policzyć temperaturę dysku akrecyjnego w punkcie określonym przez równanie wyżej, to iloczyn tempa akrecji i masy w równaniach skrócił się, i została wartość stała, niezależna od obiektu. To było bardzo zaskakujące! Po policzeniu stałych okazało się, że ta wartość temperatury to $995 \text{ K} \pm 74 \text{ K}$, gdzie błąd wynika z błędu współczynnika w równaniu obserwacyjnym na promień BLR. Wartość ta zatem to praktycznie 1000 K , i taka wartość jest niezwykle interesująca, ponieważ jest bliska temperaturze pozwalającej na formowanie się pyłu.

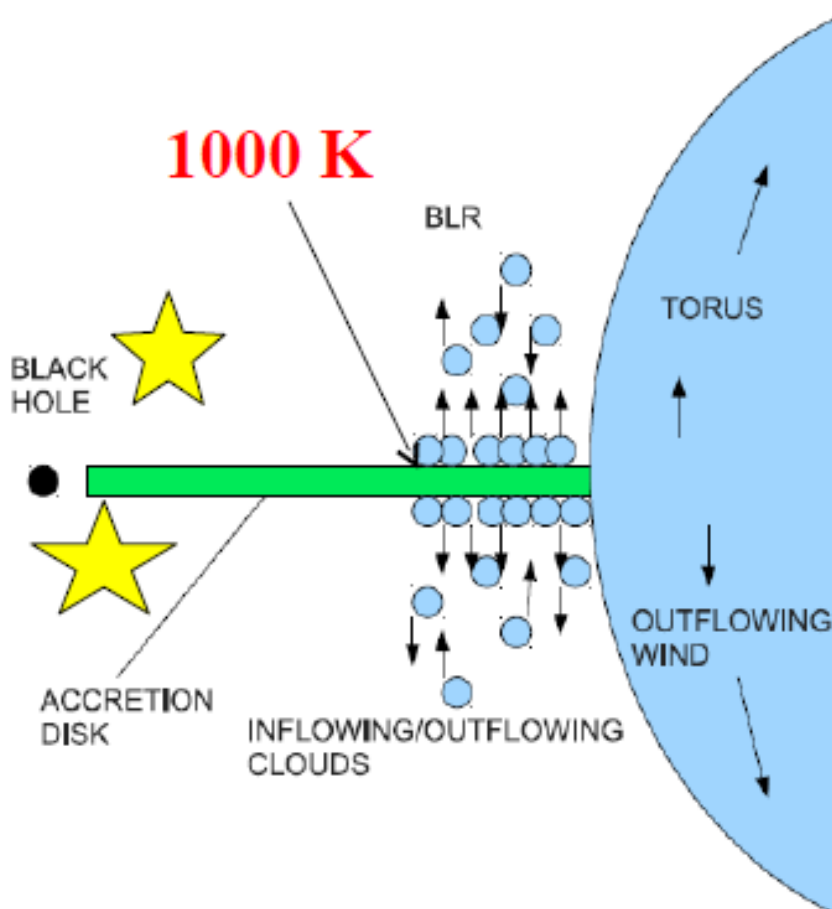
Kluczowa rola pyłu przy formowaniu się Obszaru Szerokich Linii Emisyjnych (BLR)

Wynik przedstawiony w pracy Czerny i Hryniewicz (2011) pokazuje, że pył jest tam, gdzie BLR, a zatem możliwość istnienia pyłu jest odpowiedzialna za powstanie BLR. Mechanizm wyobrażamy sobie następująco. Skoro pył ma znaczną nieprzezroczystość na promieniowanie, to na materię z pyłem ciśnienie promieniowania działa bardzo silnie. Przykładem tego jest formowanie się spektakularnego warkocza pyłowego w kometach. A zatem tam, gdzie w atmosferze dysku jest pył, rozwija się też silny wiatr unoszący materię ponad dysk.

Materia uniesiona wysoko oświetlana jest efektywnie przez silny strumień promieniowania ultrafioletowego z centralnych części dysku akrecyjnego. To oświetlanie powoduje powstawanie linii emisyjnych, ale także i wzrost temperatury, a zatem odparowanie pyłu. Gdy pyłu zabraknie, obłoki materii stracą podtrzymywanie przez ciśnienie promieniowania i pod wpływem grawitacji spadną z powrotem na dysk. Zatem ten wiatr nie ucieka, a obłoki tylko wznoszą się i opadają, co wygląda właśnie jak turbulencja, a prędkości mogą być znaczne, rzędu 1000 km/s . Schematycznie ilustruje to Rysunek 11. A zatem obszar BLR do pewnego stopnia przypomina burzę piaskową w kwazarach, i stąd taki właśnie tytuł tego artykułu.

Dalej niż obszar BLR znajduje się torus molekularno-pyłowy. Torus charakteryzuje się tym, że w tej odległości od centrum, gdzie torus występuje, oświetlanie jest już na tyle słabe, że temperatura gazu zawsze jest poniżej 1000 K . Zatem tam ciśnienie promieniowania może powodować wypływ i powstanie wiatru, który już nie zawraca, jak obłoki BLR. Obecnie uważa się, że torus to właśnie taki wiatr, a nie statyczna geometrycznie gruba struktura.

Nasze wyjaśnienie mechanizmu powstawania BLR jest atrakcyjne, ale oczywiście dalsze testy i dokładniejsze modelowanie ruchu obłoków jest niezbędne.



Rys.11. Schematyczny rysunek powstawania obszaru szerokich linii emisyjnych w kwazarach. Obłoki materii z pyłem unoszą się ponad dysk w wyniku ciśnienia promieniowania, następnie obłoki zostają oświetlone, pył odparowuje i obłoki spadają znów na dysk. Ten ‘nieudany’ wiatr ma zatem charakter turbulencji i wynosi materię dostatecznie wysoko, aby znacząca część promieniowania z obszarów centralnych była przeprocesowana przez nią, dając w efekcie silne linie emisyjne.

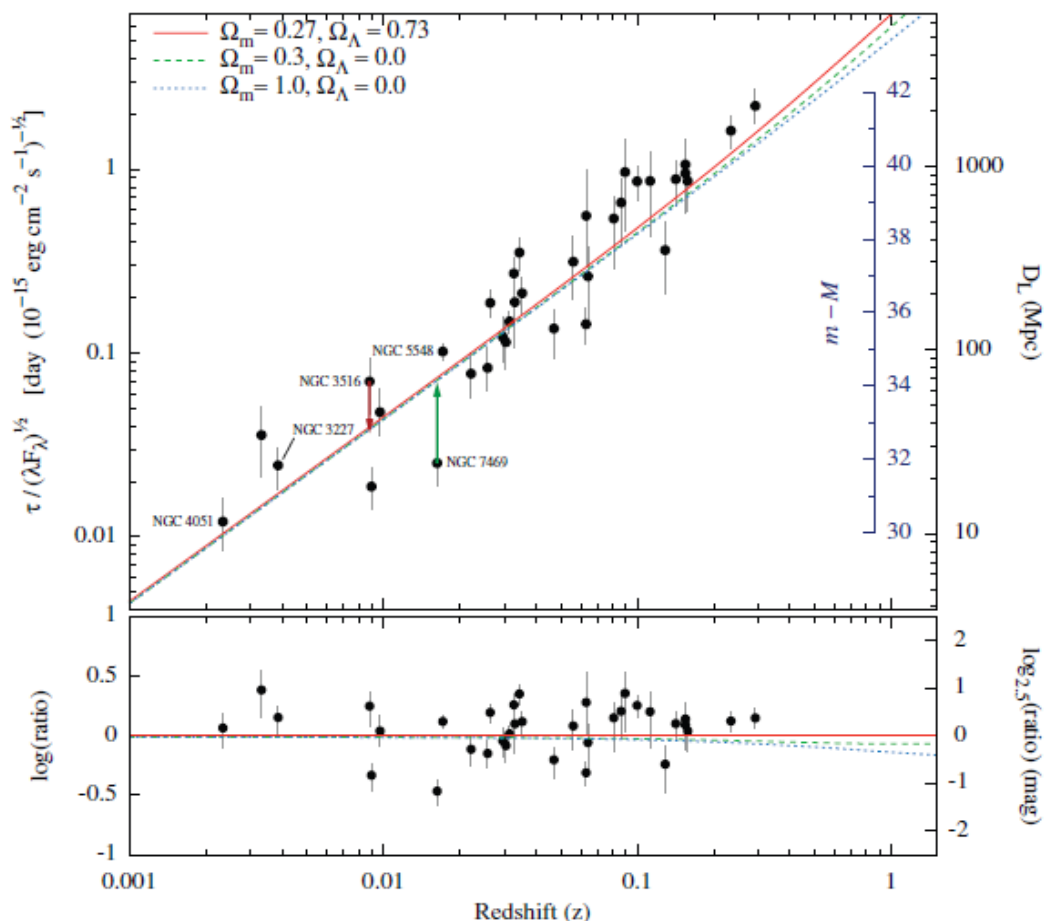
Pomiar rozkładu ciemnej energii przy pomocy kwazarów

Kwazary są obiektami, które występują także na znacznych przesunięciach ku czerwieni. Watson i in. (2011) zaproponowali, że można je wykorzystać do testowania geometrii Wszechświata, podobnie jak wykorzystuje się Supernowe Ia. Idea polega na tym, że jeżeli równanie na rozmiar obszaru BLR jest słuszne, to przeprowadzenie pomiaru tego promienia metodą rewerberacji określa nam absolutną jasność monochromatyczną tego kwazara. Mierzając jasność monochromatyczną obserwowaną, możemy zatem wyznaczyć jego odległość w sposób niezależny od przesunięcia ku czerwieni, a zatem skonstruować diagram jak dla SN Ia. Trzeba jednak, jak wynika z ich rysunku, wykorzystać w

tym celu kwazary o większym przesunięciu ku czerwieni niż te, dla których już przeprowadzono rewerberację.

Wzór empiryczny na rozmiar promienia BLR nie koniecznle musiałby się stosować do bardzo odległych kwazarów. Jeżeli jednak nasza hipoteza (Czerny i Hryniewicz, 2011) jest słuszna, i linie emisyjne powstają tam, gdzie powstaje pył, to wzór powinien się stosować niezależnie od wartości przesunięcia ku czerwieni. Dla kwazarów bowiem nie ma efektu silnej ewolucji tzw. metaliczności – nawet bardzo odległe kwazary, powstające w młodym Wszechświecie, mają praktycznie słoneczny skład chemiczny, zatem powstawanie pyłu w tych obiektach powinno następować dokładnie tak samo jak dla bliższych kwazarów. Metoda powinna zatem działać.

W tym momencie razem z grupą współpracowników przeprowadzamy właśnie taki program pomiaru rozmiaru BLR dla kilku kwazarów o przesunięciu ku czerwieni około 1, wykorzystując w tym celu teleskop SALT (Southern African Large Telescope) do przeprowadzenia spektroskopii, a pomiary fotometryczne obiecał nam przeprowadzić OGLE team. Mamy nadzieję, że pomiar się uda, ale musi potrwać kilka lat.



Rys.12. Diagram charakteryzujący model kosmologiczny dla kwazarów o zmierzonym rozmiarze obszaru BLR i jasności monochromatycznej (Watson i in., 2011).

Bibliografiaa

Bentz M.C. i in., 2009, ApJ, 705, 199
Czerny B., Hryniewicz K., 2011, A&A, 525, L8
Urry C.M., Padovani P., 1995, PASP, 107, 803
Peterson B.M. i in., 2002, ApJ, 581, 197
Shakura N.I., Sunyaev R.A., 1973, A&A, 24, 337
Watson D. i in., 2011, ApJ, 740, L49



Katarzyna Filipecka. (*archiwa Astronomii Novej*)

Długookresowe obserwacje scyntylacji PSR B0823+26

Daszuta Mateusz

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Obserwacje

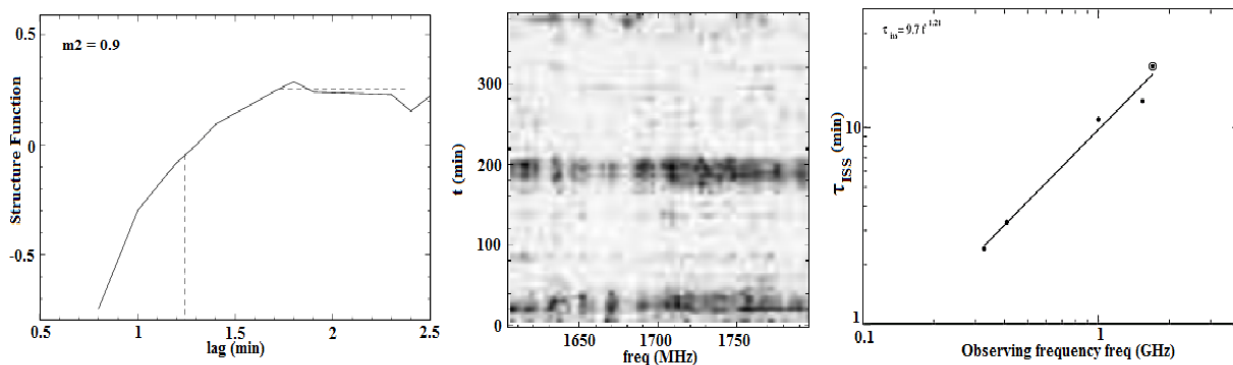
Obserwacje przeprowadzone były na częstotliwości 1.7 GHz, przy użyciu 32-metrowego radioteleskopu, znajdującego się w Piwnicach koło Torunia, z wykorzystaniem maszyny pulsarowej Penn State Pulsar Machine 2 o szerokości pasma 192 MHz. Był to projekt trwający pomiędzy 2003 – 2006, dzięki któremu udało się wykonać ponad 70 sesji obserwacyjnych, z czego ponad 50 trwało powyżej 10 godzin. Pulsar B0823+26 jest znanym pulsarem od ponad 40 lat i jest dość dobrze poznanym radioźródłem pod kątem własności fizycznych. Podstawowe własności to okres 0.53066 s, miara dyspersji 19.45 pc cm⁻³, odległość 0.38 kpc (pomiar odległości bardzo dokładny, wykonany metodą paralaksy (Gwinn i inni 1986)). Jednak właściwości scyntylacji nigdy wcześniej nie były badane w tak zaawansowanym projekcie.

Zjawisko scyntylacji

Ośrodek międzygwiazdowy (ISM z ang. interstellar medium) jest wysoce turbulentny i niejednorodny. Takie nieregularności produkują zmianę fazy modulacji w propagacji sygnału, co obserwuje się jako zmianę natężenia promieniowania w czasie oraz w częstotliwości. Podstawy teorii scyntylacji rozwinął Scheuer (1968), który założył istnienie cienkiego ekranu pomiędzy Ziemią a pulsarem, w którym znajdują się wszystkie niejednorodności. W zależności od wymiarów niejednorodności obserwuje się różne zmiany natężenia. Odległość do pulsara też ma znaczący wpływ na obserwacje, stąd wyróżniamy trzy rodzaje scyntylacji. Pierwszy podział, to scyntylacje słabe i silne, z czego te drugie dzielą się dodatkowo na scyntylacje dyfrakcyjne i refrakcyjne. Scyntylacje dyfrakcyjne (DISS), powstają z małych niejednorodności rzędu 10⁶ – 10⁸ metra i charakteryzują się krótkimi zmianami czasowymi (kilka sekund do kilkunastu minut). Refrakcyjne scyntylacje (RISS) z kolei pochodzą z dużych niejednorodności rzędu 10¹⁰ – 10¹³ metra i mają długą skalę czasową (godziny, dni).

Parametry scyntylacji

Wyróżniamy dwa podstawowe parametry opisujące scyntylacje: częstość dekorrelacji BISS oraz skalę czasową τ_{ISS} . Te parametry opisują niejednorodności występujące w ośrodku międzygwiazdowym. Możemy użyć ich do wyznaczenia rozmiarów zaburzeń oraz do poznania własności turbulentnych ośrodków międzygwiazdowych. Należy tutaj zaznaczyć, że badanie scyntylacji międzygwiazdowych jest jedyną efektywną metodą do badania rozkładu wolnych elektronów w ISM.



Rys.1. Panel lewy: przykładowy wykres funkcji struktury. Pozioma linia przerywana wskazuje miejsce plateau, a pionowa wyznacza wartość skali czasowej scyntylacji. m_2 określa wartość indeksu modulacji (Kaspi i Stinebring 1992). Środkowy panel: przykładowe widmo dynamiczne z wyraźnymi dwoma scyntylami o szerokości 20 minut. Prawy panel: skala czasowa versus częstość obserwacji. Linia jest dopasowaniem do obserwowanych danych z różnych publikacji. Niższe wartości częstości pobrane z (w kolejności rosnącej) Bhat i inni (1999), Smith i Wright (1985), Gupta (1995), Wang i inni (2005).

Analiza danych i wyniki

Do pomiaru scyntylacji użyto trzech metod:

I. Metoda widma dynamicznego – dwuwymiarowy obraz natężenia pulsu wyrażony w czasie i częstości. W celu znalezienia parametrów scyntylacji użyto dwuwymiarowej funkcji autokorelacji (Cordes 1986). Otrzymano skalę czasową $\tau_{ISS} = 20.5$ min oraz częstość dekorelacji $BISS = 80.7$ MHz.

II. Analiza funkcji struktury zmienności natężenia promieniowania – jeśli w badanych danych występuje quasi-okresowy sygnał, wówczas funkcja struktury pokaże charakterystyczne plateau w wartości D_{sat} . Skala czasowa scyntylacji jest długością odpowiadającą połowie wartości saturacji w funkcji struktury. Dla pulsara B0823+26 średnia skala czasowa wynosi $\tau_{ISS} = 17.6$ min.

III. Funkcja autokorelacji – w niektórych przypadkach metoda widma dynamicznego oraz analiza sygnału funkcją autokorelacji okazały się nie wystarczające do określenia skali czasowej. Zaobserwowaliśmy długą zmienność w czasie w natężeniu pulsu, której powyższe metody nie mogły wykryć. W celu dopasowania tych powolnych zmian, użyliśmy funkcji autokorelacji natężenia pulsu i otrzymaliśmy skalę czasową, która wskazuje na to, że mamy do czynienia ze scyntylacjami refrakcyjnymi $\tau_{ISS} = 170$ min.

Nasze pełne wyniki będą przedstawione w pracy Daszuta i inni (2012).

Bibliografia

- Bhat N.D.R., Gupta Y., Rao A.P., 1999, ApJS, 121, 483
 Cordes J.M., 1986, ApJ, 311, 183
 Daszuta M., Lewandowski W., Kijak J., 2012, praca w trakcie
 Gwinn, C.R., Taylor, J.H., Weisberg, J.M. i in., 1986, AJ, 91, 338
 Kaspi V.M., Stinebring D.R., 1992, ApJ, 392, 530
 Scheuer P.A.G., 1968, Nature, 218, 920
 Smith F.G., Wright N.C., 1985, MNRAS, 214, 97
 Wang N., Manchester R.N., Johnston S. i in., 2005, MNRAS, 358, 270

Gwiazdy zmienne w gromadzie otwartej Stock 14 i sąsiadujących polach

Dominik Drobek

Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wrocławskiego

Wstęp

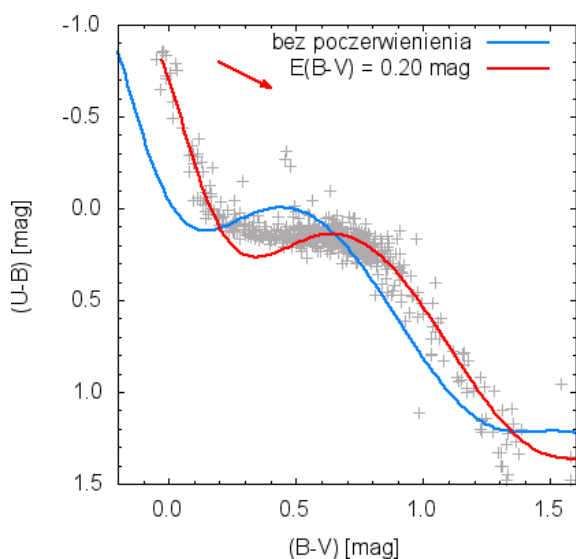
Młoda galaktyczna gromada otwarta Stock 14 zawiera dwa zaćmieniowe układy podwójne z pulsującymi składnikami typu β Cephei: HD 101497 i HD 101838 [1]. Po odkryciu tych układów gromada została poddana dalszym obserwacjom fotometrycznym w celu potwierdzenia tego wyniku i uzyskania dodatkowych danych [2]. Pole widzenia teleskopu, wykorzystanego do tych obserwacji, obejmowało całą gromadę, a także pobliskie rejony nieba. Z tego powodu uzyskano szeregi czasowe wielu obiektów poza dwiema gwiazdami programowymi. Te dane doskonale nadawały się do przeprowadzenia przeglądu zmienności w całym obserwowanym polu. Ponieważ obserwowany obszar nieba znajduje się blisko płaszczyzny dysku galaktycznego ($b \approx -0.7^\circ$) i obejmuje część asocjacji Cru OB1, można było spodziewać się odkrycia pulsujących gwiazd zmiennych wczesnych typów widmowych.

Obserwacje i redukcja danych

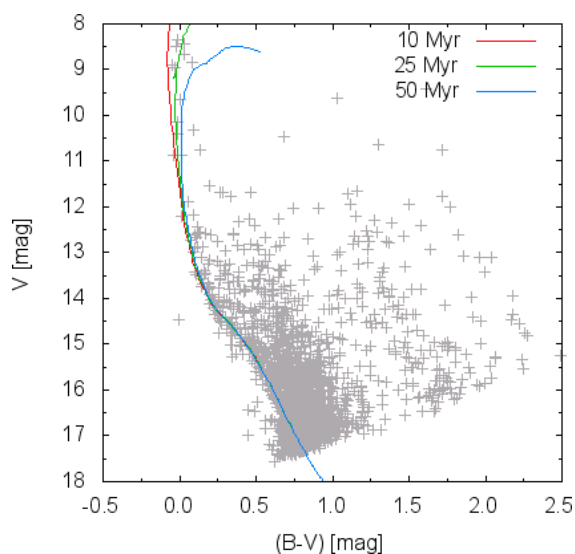
Dane fotometryczne analizowane w tej pracy zostały uzyskane przez R. Shobbrooka i A. Narwida podczas 19 nocy w okresie od marca do maja 2007 roku za pomocą teleskopu o średnicy lustra głównego 1.0 m znajdującego się w obserwatorium Siding Spring w Australii. Do obserwacji wykorzystany został detektor Wide Field Imager - mozaika kamer CCD o polu widzenia około połowy stopnia kwadratowego. Użyto zestawu filtrów UBV systemu fotometrycznego Johnsona-Morgana. Procedura kalibracji uzyskanych obrazów obejmowała odjęcie poziomu overscanu, odjęcie biasu, zastosowanie poprawek na nieliniowość kamery i dzielenie przed flat field. Na obrazku odniesienia w filtrze V zidentyfikowanych zostało około 25000 gwiazd. Jasności gwiazd zostały policzone programem Daophot II [3]. W celu usunięcia efektów atmosferycznych z szeregów czasowych wykorzystana została metoda fotometrii różnicowej. Użyto w niej zestawu gwiazd porównawczych rozłożonych równomiernie w obserwowanym polu. Jasności instrumentalne w filtrach UBV zostały policzone jako wartości średnie z ich szeregów czasowych, po odrzuceniu odstających punktów pomiarowych metodą σ -clipping. Ponieważ nie wykonano obserwacji gwiazd standardowych, transformacja uzyskanych jasności instrumentalnych do systemu standardowego została oparta na wynikach obserwacji fotoelektrycznych Petersona i FitzGerald [4].

Parametry gromady

Liczba gwiazd dla których udało się uzyskać wskaźniki barwy w systemie *UBV* jest w niniejszej pracy większa niż w pracach z lat 70-tych i 80-tych XX wieku, w których po raz pierwszy wyznaczono parametry Stock 14. Z tego powodu podjęta została próba wyznaczenia dokładniejszych wartości poczerwienienia, odległości i wieku gromady. W celu ograniczenia liczby gwiazd niezwiązanych fizycznie z gromadą, do dalszej analizy wybrane zostały obiekty znajdujące się nie dalej niż 10 minut kątowych od środka Stock 14 ($\alpha_{2000} = 11^h 43.6^m$, $\delta_{2000} = -62^\circ 31'$).



Rys. 1: Wyznaczenie poczerwienienia gromady Stock 14.



Rys. 2: Wyznaczenie odległości i wieku Stock 14 metodą dopasowania izochron.

Poczerwienienie gromady zostało wyznaczone przez dopasowanie standardowej zależności między niepokzerwienionymi wskaźnikami barwy gwiazd ciągu głównego [5] do wykresu dwuwskaznikowego gwiazd gromady (Rys. 1). Przyjęto standardową zależność między nadwyżkami barwy, $E(U-B)/E(B-V) = 0.72$. Uzyskana w ten sposób wartość średniego poczerwienienia gwiazd gromady wynosi $E(B-V) = 0.20$ mag. Strzałka na Rys. 1 to wektor poczerwienienia odpowiadający tej wartości. Należy zauważyć że wykres poczerwienionej zależności między wskaźnikami barwy nie pasuje jednakowo dobrze do wszystkich punktów na wykresie: w zakresie $(B-V)$ od około 0.2 do 0.5 mag widoczna jest rozbieżność. Najprawdopodobniej jest ona spowodowana różnicą między instrumentalnym a standardowym filtrem *U*, która sprawia że wartości wskaźników barwy $(U-B)$ części gwiazd są obciążone błędem systematycznym. Nie wpływa to jednak na wyznaczenie poczerwienienia gromady, ponieważ wykres zależności między wskaźnikami

Tabela 1. Podsumowanie liczby i typów odkrytych gwiazd zmiennych.

Typ zmienności	Wielookresowe (pulsujące)	Jednookresowe (kandydatki)
β Cep	2	–
SPB	2	5
δ Sct	8	9
γ Dor/ δ Sct	2	–
γ Dor	5	–
niesklasyfikowane	6	5

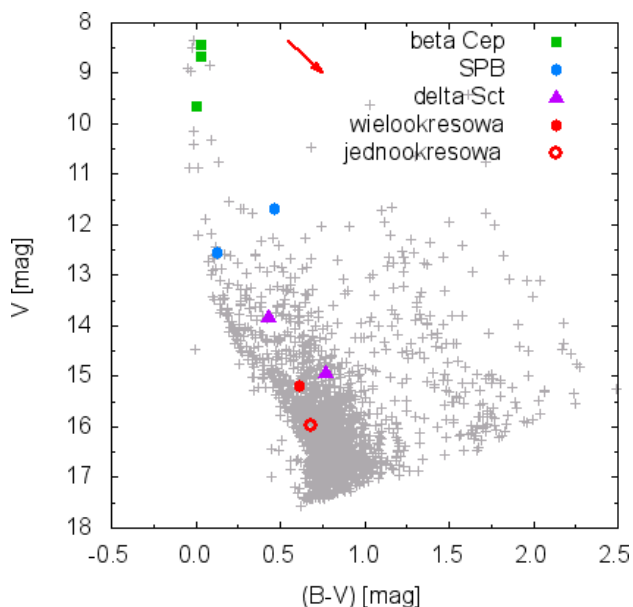
barwy bardzo dobrze pasuje do danych w zakresach wskaźnika barwy odpowiadających gwiazdom wczesnych i późnych typów widmowych.

Na wykresie kolor-jasność gwiazd leżących w pobliżu gromady (Rys.2 i 3) ciąg główny jej gwiazd jest wyraźnie widoczny aż do jasności około 15.5 mag w filtrze V . Do ciągu głównego dopasowane zostały izochrony Ekström i in. [6]. Założono słoneczną metaliczność gromady ($Z = 0.014$) i wartość poczerwienienia uzyskaną na podstawie wykresu dwuwskaznikowego $E(B-V) = 0.20$ mag. Wyniki dopasowania były podobne niezależnie od uwzględnienia bądź zaniedbania wpływu rotacji na ewolucję gwiazd. Wyznaczona została wartość swobodnego modułu odległości $(m-M)_0 = 11.68$ mag oraz wiek gromady $\tau = 25$ Myr. Ponieważ poprzednie wyznaczenia parametrów gromady były oparte na mniejszej liczbie gwiazd, można sądzić, że wyniki przedstawione w tej pracy są bardziej dokładne.

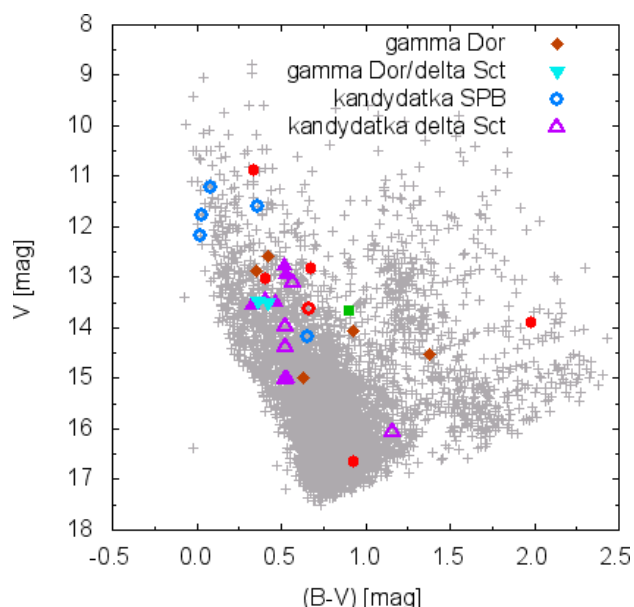
Gwiazdy zmienne

Ponieważ szeregi czasowe w filtrze V zawierały najwięcej punktów pomiarowych, najlepiej nadawały się one do poszukiwania gwiazd zmiennych. W tym celu policzone zostało dyskretne przekształcenie Fouriera każdego szeregu czasowego w zakresie częstotliwości od 0 do 40 d^{-1} . Podczas analizy otrzymanych widm mocy wszystkie maksima których stosunek sygnału do szumu przekraczał 4.0 były uznane za znaczące. Wszystkie uzyskane widma mocy i krzywe fazowe zostały obejrzone i sklasyfikowane na podstawie dostępnych informacji: m.in. kształtu krzywej blasku, wyznaczonych częstotliwości i odpowiadających im amplitud, wskaźników barwy w systemie UBV lub informacji o typach widmowych znalezionych w literaturze.

W sumie odkryte zostały 92 nowe obiekty, których jasność ulegała zmianom w czasie. Spośród nich 25 obiektów wykazywało wielookresowe, sinusoidalne zmiany jasności. Wykrycie wielu niezależnych częstotliwości zwykle oznacza, że zmienność jest spowodowana pulsacjami gwiazdowymi. Z tego powodu wszystkie odkryte zmienne wielookresowe zostały sklasyfikowane jako pulsujące. W przypadku 19 zmiennych jednookresowych sytuacja nie jest już jasna, i należy wziąć pod uwagę inne możliwości wyjaśnienia obserwowanych zmian blasku – np. zmienność rotacyjną albo elipsoidalną. Dlatego gwiazdy



Rys. 3: Wykres kolor-jasność gwiazd w promieniu do 10' od środka Stock 14. Strzałka to wektor poczerwienia odpowiadający $E(B-V) = 0.20$ mag.



Rys. 4: Wykres kolor-jasność gwiazd znajdujących się dalej niż 10' od środka Stock 14. Znaczenie nieopisanych symboli jest takie samo jak na Rys.3.

jednookresowe zostały sklasyfikowane jako kandydatki na gwiazdy zmienne. W Tab. 1 znajduje się podsumowanie typów zmienności odkrytych gwiazd pulsujących (i kandydatek na takie obiekty).

Położenie nowoodkrytych gwiazd zmiennych na wykresie kolor-jasność zostało przedstawione na dwóch osobnych rysunkach. Rys. 3 zawiera jedynie gwiazdy położone nie dalej niż 10 minut kątowych od środka gromady. Dzięki zmniejszeniu liczby gwiazd pola na wykresie można dostrzec wyraźnie zarysowany ciąg główny gwiazd gromady. Dwie najjaśniejsze gwiazdy typu β Cephei to wspomniane wcześniej gwiazdy pulsujące w układach zaćmieniowych, HD 101497 i HD 101838. Na Rys. 4 zaznaczono położenie wszystkich pozostałych gwiazd znajdujących się w obserwowanym polu. Są to obiekty znajdujące się w różnych odległościach od Słońca i poczerwienione w niejednorodny sposób. To wyjaśnia dlaczego niektóre gwiazdy zmienne znajdują się w nietypowych miejscach na wykresie barwa-jasność – np. gwiazda zmienna typu β Cephei i jedna z kandydatek na zmienną typu SPB. Na obu rysunkach gwiazdy opisane jako „wielookresowe” i „jednookresowe” odpowiadają niesklasyfikowanym zmiennym wymienionym w ostatnim rzędzie Tab. 1. Niektóre z 44 gwiazd wyszczególnionych w Tab. 1 były na tyle słabe w filtrze B , że ich wskaźniki barwy były obarczone dużym błędem. Te gwiazdy nie zostały pokazane na wykresach kolor-jasność.

Szczegółowa analiza właściwości wszystkich odkrytych gwiazd zmiennych oraz ich przynależności do gromady Stock 14 nadal trwa, a jej ostateczne wyniki zostaną opublikowane później. Jednakże nawet po powierzchownym zapoznaniu się z danymi można z dużą pewnością stwierdzić, że większość odkrytych gwiazd zmiennych to obiekty pola, niezwiązane fizycznie z gromadą.

Wnioski

Wyznaczenia poczerwienienia i odległości sugerują mniejsze poczerwienienie i mniejszą odległość gromady w porównaniu z wynikami uzyskanymi przez różnych autorów w latach 70-tych i 80-tych XX wieku. Różnica najprawdopodobniej jest spowodowana użyciem innej relacji między niepoczerwienionymi wskaźnikami barwy, a także lepszą jakością dostępnych danych fotometrycznych i postępem w dziedzinie modelowania ewolucji gwiazd, a co za tym idzie lepszymi izochronami. Z drugiej strony, wyznaczenia zaprezentowane w tej pracy dobrze zgadzają się z wynikami Kharchenko i in. [7].

Odkrycie dużej liczby gwiazd pulsujących i kandydatek na takie obiekty nie jest niczym zaskakującym, jeśli weźmie się pod uwagę, że obserwowane było gęste pole leżące w pobliżu płaszczyzny dysku Galaktyki. Większość nowoodkrytych gwiazd zmiennych wydaje się być obiektami pola niezwiązanymi fizycznie z gromadą.

Podziękowania

Podczas przygotowywania tej pracy wykorzystane zostały następujące narzędzia: wyszukiwarka katalogów Vizier (CDS, Strasburg, Francja), baza danych WEBDA (Instytut Astronomiczny Uniwersytetu Wiedeńskiego) i program SAOImage DS9 (udostępniony przez Smithsonian Astrophysical Observatory). Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji nr DEC-2011/01/N/ST9/00400.

Bibliografia

- [1] Pigulski A., Pojmański G., 2008, A&A, 477, 917
- [2] Drobek D. i in., 2010, AN, 331, 1077
- [3] Stetson P.B., 1987, PASP, 99, 191
- [4] Peterson C.J., FitzGerald M.P., 1988, MNRAS, 235, 1439
- [5] Caldwell J.A.R. i in., 1993, SAAOC, 15, 1
- [6] Ekström S. i in., 2012, A&A, 537, 146
- [7] Kharchenko N.V. i in., 2005, A&A, 438, 1163



Włodzimierz Godłowski. (*archiwa Astronomii Novej*)

Globalne i lokalne efekty rotacji

Włodzimierz Godłowski

Uniwersytet Opolski, Instytut Fizyki, ul. Oleska 48, 45-052 Opole

Abstrakt

W pracy rozważono obserwacyjne aspekty rotacji Wszechświata w różnych skalach. Przedyskutowano teoretyczne i obserwacyjne aspekty możliwej globalnej rotacji Wszechświata. Następnie pokazano, że występuje zależność między momentami pędu struktur a ich rozmiarami. Przytoczone fakty pozwalają na stwierdzenie, że teorie, które wiążą momenty pędu galaktyk z otaczającymi je strukturami są faworyzowane przez dane obserwacyjne. W świetle teorii formowania galaktyk ten rezultat można interpretować jako efekt oddziaływania sił pływowych, ale jest również zgodny z modelem Λ , w którym galaktyki formują się w rotującym wszechświecie.

Wstęp

Jednym z istotnych problemów współczesnej astronomii jest zbadanie występowania rotacji we Wszechświecie i jej ewentualnych konsekwencji. Chodzi tu zarówno o problem rotacji poszczególnych struktur, jak i problem możliwej rotacji Wszechświata jako całości. Obiekty rotujące we Wszechświecie obserwujemy w różnych skalach - począwszy od cząstek elementarnych, do gwiazd i galaktyk. Zasadne wydaje się więc pytanie o to, czy Wszechświat jako całość będzie również rotował. Istnienie globalnej rotacji Wszechświata lub choćby rotacji wielkoskalowej, powinno powodować efekty, które można wykryć obserwacyjnie. W pracy niniejszej przedyskutowano efekty rotacji w różnych skalach astronomicznych. Zaprezentowano także wyniki obserwacyjne, które można powiązać z rotacją w różnych skalach.

Próby obserwacyjnego potwierdzenia istnienia rotacji Wszechświata od początku spotykały się z dużym sceptycyzmem. Pierwsza istotna obserwacyjna ewidencja świadcząca o globalnej rotacji Wszechświata została zaprezentowana przez Bircha (1982). Rozpatrywał on kąty pozycyjne i polaryzacje klasycznych jasnych podwójnych radioźródeł znajdując, że różnice między kątami pozycyjnymi radioźródeł i ich polaryzacją są skorelowane z pozycją radioźródeł na sferze niebieskiej. Praca ta została natychmiast skrytykowana przez Phinneya i Webstera (1983), którzy zarzucili Birchowi nieprawidłowe zastosowanie metod statystycznych oraz stwierdzili, iż dane Bircha nie są wystarczające do wyciągania tak daleko idących wniosków. W odpowiedzi Birch (1983) znalazł, iż obserwowany przez niego efekt jest również obecny w danych Phinneya i Webstera. Ponadto należy zauważyć, że poprawność zastosowanej przez Bircha statystyki wykazali Kendall i Young (1984). W kolejnej pracy Kendall (1984) dokonano reanalizy danych, używając nowych metod statystycznych i biorąc pod uwagę możliwe błędy i niepewności obserwacyjne. W konkluzji autor stwierdził, iż efekt sygnalizowany przez Bircha jest potwierdzony przez

obserwacje, jednakże jego natura jest niejasna. Bietenholz i Kronberg (1984) oraz Bietenholz (1986) zwiększyli próbkę analizowanych obiektów, nie znajdując ewidencji potwierdzającej efekt Bircha. Kolejną próbę obserwacyjnego potwierdzenia rotacji Wszechświata podjęli Nodland i Ralston (1997a) badając korelacje między kierunkiem, odległością do galaktyki i kątem β między kierunkiem polaryzacji i dużą osią galaktyki. Znaleźli oni efekt, który zinterpretowali jako rotację płaszczyzny polaryzacji, zależną od odległości. Praca ta natychmiast wywołała dyskusje na temat poprawności użytych w niej metod statystycznych (Carrol i Field 1997, Loredó i in. 1997, Eisenstein i Bunn 1997, Nodland i Ralston 1997b, Ralston i Jain 2004), wskazano także, iż efekt nie został potwierdzony podczas analizy nowych, lepszych danych obserwacyjnych (Wardle i in. 1997), jakkolwiek Jain i Ralston (1999) otrzymali przeciwnie konkluzje. Zwrócono również uwagę, że jeśli efekt Bircha traktować jako ewidencję wielkoskalowej rotacji Wszechświata, to otrzymana przez Bircha wartość rotacji jest za duża, w stosunku do wykrytej w promieniowaniu reliktowym (CMBR) anizotropii. Również obecne wyniki badania mikrofalowego promieniowania relikowego wykluczają znaczącą rotację Wszechświata jako całości.

Na potencjalne trudności w obserwacyjnym potwierdzeniu występowania rotacji Wszechświata, zwracały także uwagę prace teoretyczne. Już Silk (1970) zwrócił uwagę na fakt, że obecnie, w przeciwieństwie do wczesnego wszechświata, dynamiczne efekty globalnej rotacji powinny być zaniedbywalne. Zwrócił on uwagę na fakt, że okres rotacji musi być większy niż czas Hubble’a, co jest prostą konsekwencją małej anizotropii CMBR. Nieco później Barrow, Juskiewicz i Sonoda (1985) uzyskali ściśle ograniczenia na wielkość skalara rotacji, badając pewne klasy modeli Bianchi, które jako szczególne przypadki zawierają modele Friedmanna. Wykazali oni, że dla płaskiego wszechświata istnieje ograniczenie $\omega/H_0 \sim 2 \times 10^{-5}$ ($\sim 1.5 \times 10^{-15}$ rad yr⁻¹). Ostatnio Pontzen i Challinor (2007) studiowali indukowane przez globalną rotację efekty polaryzacji CMBR pokazując, że mogą one być wykorzystane do wyznaczania limitów na wartość globalnej rotacji. Su i Chu (2009) wyznaczyli ograniczenie na rotację analizując efekt Sachsa-Wolfa 2 rzędu. Znaleźli oni, że prędkość kątowna rotacji we Wszechświecie ze stałą kosmologiczną i zimną ciemną materią jest mniejsza niż $\omega \sim 10^{-9}$ rad yr⁻¹ na powierzchni ostatniego rozproszenia. Ograniczenie to jest słabsze niż otrzymane przez Barrow, Juskiewicz i Sonoda (1985) dla płaskich modeli Bianchi. Chechin (2010) rozważał natomiast rotacyjne efekty próżni (rotational effect of cosmic vacuum). Rozważając indukowaną globalną rotację, rotację galaktyk eliptycznych, oszacował on wartość prędkości kątowej Wszechświata w swoim modelu na $\omega \sim 10^{-19}$ rad s⁻¹ (3×10^{-11} rad yr⁻¹). W świetle przedstawionych powyżej wyników, globalnej rotacji Wszechświata nie można uznać za potwierdzoną obserwacyjnie. Tym samym zamiast o obserwacyjnym potwierdzeniu występowania rotacji Wszechświata należy raczej mówić o ograniczeniach na rotację w ramach określonego modelu kosmologicznego.

Modele ogólnej teorii względności z rotacją oraz zachowanie geodetyk w czasoprzestrzeniach OTW były badane już w pierwszej połowie XX wieku począwszy od prac Lanczosa (1924), Gamowa (1946) i Goedela (1949). W pracach Ellisa i Olive (1983) oraz Grona i Solenga (1987) pokazano, iż w modelach inflacyjnych globalna rotacja Wszechświata - jeśli istnieje - powinna być mała. Demiański i Griszczuk (1972) przedyskutowali rozwiązania równań Einsteina dla przypadku płaskiej jednorodnej anizotropowej przestrzeni wypełnionej ekspandującą i rotującą idealną cieczą („fluidem”) z niezerowym ścinaniem. Podstawowy, rozważony przez Demiańskiego i Griszczuka problem, dotyczył wpływu rotacji na zachowanie się materii w pobliżu osobliwości początkowej. Równania Einsteina z rotującym fluidem były analizowane w wielu pracach przez Krasieńskiego (Krasieński 1975, 1997, 1998a,b,c, 1999, 2001a,b). Fil’chenkov (2003, 2005) rozpatrywał możliwość kosmologicznego pochodzenia rotacji obiektów astronomicznych jako rezultatu efektu tunelowego w kosmologii kwantowej. Dynamika modeli Friedmanna - Robertsona - Walkera (FRW) z globalną rotacją została przedyskutowana w pracy Szydłowski i Godłowski (2005). Rolę rotacji obiektów we Wszechświecie i ich znaczenie dla pomiarów astronomicznych przedyskutował Vishvakarma (2006). Klasę jawnych rozwiązań w modelu relatywistycznym o symetrii cylindrycznej dla różnicowo rotującego gazu ostatnio znaleźli Bratek, Jałocha i Kutschera (2007). Dyskusję anizotropowych modeli kosmologicznych z polem magnetycznym i rotacją przeprowadzili Demiański i Doroshkevich (2007). Jain, Modgil i Ralston (2007) próbowali znaleźć występowanie wielkoskalowej anizotropii z pomocą próbek Supernowych Ia. Anizotropia była modelowana jako rozszerzona metryka Goedela (metryce Goedela-Obukhowa), która zawierała zarówno rotację jak i ekspansję. Sousa, Pereira i Silva (2008) przedyskutowali zależność energii i gęstości momentu pędu we wszechświatach typu Goedela. Akarsu i Kilinc (2010) analizowali lokalnie rotujący symetryczny (locally rotationally symmetric) kosmologiczny model Bianchi I pod względem obecności dynamicznie anizotropowej ciemnej energii. Natomiast Iorio (2010) szczegółowo przedyskutował wpływ wielkoskalowej rotacji na Układ Słoneczny.

Zasadniczym problemem w testowaniu modeli z nieznikającą rotacją jest to, że do tej pory nie opracowano obserwacji dla takiego przypadku. Zauważmy również, że chociaż zostały ustalone pewne górne ograniczenia na rotację z analizy CMBR i pierwotnej nukleosyntezy (Goedel 1949, Hawking 1969, Collins i Hawking 1973, Barrow, Juskiewicz i Sonoda 1985, Ciufolini i Wheeler 1995, Bunn, Ferreira i Silk 1996, Kogut, Hinshaw i Banday 1997), wszystkie te prace bazują na modelu, w którym efekty ścinania i rotacji koegzystują ze sobą. W związku z tym, dyskusowanie rotacji w takich czasoprzestrzeniach staje się zagadnieniem ogromnie złożonym, ponieważ efekty rotacji i ścinania są ze sobą nierozdzielnie związane. Stąd też łatwiej jest badać Newtonowski odpowiednik tego modelu, gdzie możliwa jest sytuacja, w której istnieje rotacja w przypadku zerowego ścinania.

Modele kosmologiczne z ciemnym promieniowaniem

W poszukiwaniu ograniczeń na wielkość rotacji wygodnie będzie odnieść się do sformułowania kosmologii Newtona podanego przez Senovillę. Zgodnie z koncepcją Senovilli, Sopeny i Szekeresa (1998), wszechświat newtonowski wypełniony jednorodnym fluidem będzie posiadał gęstość i ciśnienie, które nie zależą *explicite* od zmiennych przestrzennych, ale zależą od czasu. Zakłada się natomiast, że prędkość fluidu zależy liniowo od zmiennych przestrzennych (Szekeres i Rankin 1977, Senovilla, Sopeny i Szekeres 1998). W tym wypadku, w odróżnieniu od rozwiązań OTW, istnieją rozwiązania bez ścinania, które spełniają równania Heckmanna – Schuckinga z ekspansją i rotacją. Jest to sytuacja, która nie posiada swojego odpowiednika w OTW, gdzie jednorodne rotujące i ekspandujące wszechświaty (ale „nie nachylone” – w przypadku, gdy wektory 4-prędkości u^a nie są ortogonalne do powierzchni jednorodności, takie modele są nazywane modelami „nachylonymi” („tilted”) – Obukhov (2000), Obukhov, Chrobok i Scherfner (2002) z cieczą doskonałą muszą posiadać nieznikające ścinanie (Ellis 1966, King i Ellis 1973, Raychaudhuri 1979, Collins 1985). We wszechświecie newtonowskim można łatwo wyprowadzić obserwable, które mogą posłużyć do testów kosmologicznych. Z drugiej strony, przybliżenie Newtonowskie wydaje się rozsądne, ponieważ analizy CMBR pokazują, iż Wszechświat jest płaski lub prawie płaski (Spergel i in. 2007), a ponadto, na przykład dla płaskich modeli Bianchi I skalar ścinania maleje szybciej (w miarę wzrostu czynnika skali) niż skalar rotacji, w ekspandującym wszechświecie, w którym źródłem pola jest ciecz doskonała (Hawking 1969, Ellis 1973, Rothman i Ellis 1986, Li 1998).

Ruch cieczy w jednorodnym Newtonowskim wszechświecie jest opisany przez skalar ekspansji θ , tensor rotacji ω_{ab} i tensor ścinania σ_{ab} . Jednorodny, rotujący fluid jako całość jest nazywany globalną rotacją wszechświata (Li 1998). Równanie reprezentujące Newtonowskie kosmologie bez ścinania, w których mamy ekspansję i rotację, należy traktować jako podstawowe równanie w Newtonowskiej jednorodnej kosmologii. Równanie takie jest nazywane równaniem Heckmanna-Schuckinga (Heckmann i Schucking 1959, Heckmann 1961). Heckmann (1961) pokazał, że taki Newtonowski model daje się zbudować w sposób konsystentny.

Z obserwacji odległych supernowych typu Ia (Perlmutter i in. 1998, 1999, Riess i in. 1998) oraz obserwacji anizotropii promieniowania relikтового (Spergel i in. 2007) wynika, że obecnie Wszechświat przyspiesza swoją ekspansję oraz, że jego geometria przestrzenna jest bliska płaskiej. Powstaje pytanie, czy rotujący fluid może być przyczyną akceleracji Wszechświata oraz czy efekty rotacji są w stanie wyjaśnić wyniki obserwacji supernowych typu Ia. Pomiary odległości, takie jak pomiary odległości jasnościowej w funkcji przesunięcia ku czerwieni z , są wrażliwe na geometrię przestrzenną modelu i ewolucję czynnika skali. Wobec tego obserwowana jasność supernowej (po uwzględnieniu ekstynkcji, poprawki K itp.) będzie zależała od aktualnej gęstości różnych składników materii oraz opisujących ją równań stanu. Równanie Heckmanna-Schuckinga pełni w kosmologii Newtonowskiej analogiczną rolę jak

równanie Friedmanna w kosmologii relatywistycznej. Dla nas ważne jest, iż w Newtonowskiej analogii równania Friedmanna, efekt rotacji produkuje negatywny składnik skalujący się jak $(1+z)^4$, co może być formalnie traktowane jako obecność (fikcyjnego) fluidu o ujemnej gęstości skalującego się tak jak promieniowanie nazwane „ciemnym promieniowaniem”. Obecność takiego fluidu byłaby bardzo pożądana ponieważ, jak wykazali Ichiki i in. (2002), mogłaby wyjaśnić rozbieżności między obserwowanym a teoretycznie przewidywanym w modelu pierwotnej nukleosyntezy (BBN) rozpowszechnieniem helu 4 i deuteru. Wstępna analiza (Godłowski i Szydlowski 2003b) wykazała, iż jakkolwiek efekty rotacji generują akcelerację wszechświata, to jednak same nie wystarczają do wyjaśnienia wyników obserwacji supernowych Ia. Do wyjaśnienia tych obserwacji ciągle jest potrzebna „ciemna energia” (np. stała kosmologiczna). Należy zaznaczyć, że otrzymane w pracy Godłowskiego i Szydlowskiego (2003b) ograniczenia na rotację, które można było wyznaczyć z ówczesnych obserwacji supernowych, były bardzo słabe.

Problemem wyznaczania ograniczeń na rotację Wszechświata zajęto się bardziej szczegółowo w kolejnej pracy (Godłowski i Szydlowski 2006). W analizie obserwacyjnych efektów rotacji posłużono się równaniem Heckmanna-Schukinga jako najprostszym modelem, w którym efekty rotacji są odseparowane od innych efektów i wpływ rotacji może być dyskutowany w stosunkowo prosty sposób. W pracy zajęto się obserwacyjnymi ograniczeniami na ujemny człon typu $(1+z)^4$ w równaniu Friedmanna (lub jego Newtonowskim odpowiedniku - równaniu Heckmanna-Schukinga). Przy szacowaniu wielkości rotacji z mikrofalowego promieniowania tła (CMBR) i pierwotnej nukleosyntezy (BBN), rozważono obecność dodatkowego, nieoddziaływującego fluidu – materii radiacyjnej (o parametrze gęstości $\Omega_{r,0}$). Stałą występującą w równaniu Heckmanna-Schukinga traktowano jako stałą krzywizny, chociaż Newtonowska kosmologia jest płaska i stała krzywizny wynosi zero, co stanowi wyjście poza płaski z definicji model Newtonowski.

W omawianej pracy zauważono jednak, iż obecność ujemnego członu skalującego się jak $(1+z)^4$ w równaniu Friedmanna (lub jego Newtonowskim odpowiedniku) może mieć różne przyczyny. Podstawowe interpretacje obecności takiego członu, oprócz modelu kosmologicznego z globalną rotacją, to „ciemne promieniowanie” w branowym scenariuszu Randalla - Sundruma (Randal Sundrum 1999, Vishwakarma i Sing 2003) oraz efekt Casimira. Niestety z obserwacji astronomicznych nie jest możliwe rozróżnienie poszczególnych komponentów takiego fluidu skalującego się jak promieniowanie, ponieważ kosmografia testuje własności Wszechświata poprzez relację $H(z)$, która nie rozróżnia komponentów, jeśli tak samo skalują się z czynnikiem skali. Z takiej analizy otrzymujemy więc faktycznie ograniczenie na sumę parametrów gęstości takich fluidów, zamiast ograniczenia na czystą rotację. W pracy Godłowski i Szydlowski (2006) oszacowano wobec tego sumę $\Omega_{dr,0} + \Omega_{r,0}$ parametrów gęstości wszystkich (zarówno rzeczywistych, jak i fikcyjnych) fluidów skalujących się jak promieniowanie. Oznacza to, iż otrzymujemy ograniczenie

na sumaryczny wkład parametrów gęstości pochodzący od wszystkich takich fluidów, zarówno o dodatniej (jak promieniowanie), jak i ujemnej (jak efekt Casimira) gęstości energii. W analizie użyto obserwacji supernowych (Riess i in. 2004, Astier i in. 2005), jak również radiogalaktyk typu IIb Fanaroff-Riley (Daly i Djorgovski 2004). Połączenie danych pochodzących z supernowych i radiogalaktyk dla wyznaczania wartości parametrów kosmologicznych zaproponowali Daly i Djorgovski (2003), którzy zwrócili również uwagę na fakt, iż w takich badaniach lepiej będzie używać „odległości współrzędnościowej” („coordinate distance”, Weinberg 1972) zamiast zazwyczaj używanej w analizie danych z supernowych „odległości jasnościowej” („luminosity distance”). Odległość współrzędnościowa, w przeciwieństwie do odległości jasnościowej, nie zależy od wartości stałej Hubble’a H_0 , a jedynie od parametrów gęstości występujących w modelu fluidów (rzeczywistych lub fikcyjnych). Zastosowanie w pracy Godłowskiego i Szydłowskiego (2006) odległości współrzędnościowej miało również tą zaletę, że pozwalało w sposób konsystentny wykorzystać ograniczenia na parametry kosmologiczne z pików w oscylacjach barionowych („baryon oscillation peak”, Eisenstein i in. 2005) i parametru przesunięcia („shift parameter”) w CMBR (Wang i Tegmark 2004), które również nie zależą od wartości H_0 .

O ile jednak dla radiogalaktyk typu IIb Fanaroffa-Riley’a Daly i Djorgovski (2004) podają odległość współrzędnościową dla każdej z tych galaktyk, to dla supernowych zarówno Riess i in. (2004) jak i Astier i in. (2005) podają jedynie wartość modułu jasnościowego (jasność obserwowana minus absolutna), z której łatwo otrzymujemy odległość jasnościową. Jednak, aby wyliczyć odległość współrzędnościową z odległości jasnościowej, konieczna jest znajomość stałej Hubble’a. W pracy Godłowskiego i Szydłowskiego (2006) analizowano dwie próbki supernowych, dla których moduły jasnościowe były otrzymane w nieco różny sposób. Dla próbki Astiera były one wyznaczone przy apriorycznym założeniu $H_0=70\text{km/sMpc}$ (Astier i in. 2005) i tę wartość przyjęto przy wyliczaniu odległości współrzędnościowej dla supernowych z tej próbki. Dla próbki Riessa należy natomiast naprzód niezależnie obliczyć wartość stałej Hubble’a (w rozważanym modelu otrzymano $H_0=64.4\text{ km/sMpc}$, czyli $h=0.644$) i tę obliczoną wartość H_0 zastosować przy obliczeniach odległości współrzędnościowej supernowych.

W rezultacie pokazano, iż obserwacje faworyzują płaski model Wszechświata z parametrem gęstości materii $\Omega_{m,0}=0.3$. Jako najlepsze oszacowanie parametru $\Omega_{dr,0}$ otrzymano natomiast wartość zero, co odpowiada znikającej rotacji. Oznacza to, że poszukiwany sumaryczny ujemny wkład od fluidów skalujących się jak promieniowanie, o ile istnieje, jest mały. Można jednak otrzymać również ograniczenie na wartość parametru gęstości $\Omega_{dr,0}$, które wynosi $\Omega_{dr,0}>-0.00035$ na poziomie ufności 0.95. Taka wartość $\Omega_{dr,0}=-0.00035$, oznacza jednak, że suma parametrów gęstości $\Omega_{dr,0}$ i gęstości promieniowania $\Omega_{r,0}$ ($\Omega_{r,0}\sim 0.0001$, Vishwakarma i Singh (2003)) jest mniejsza od zera. W takiej sytuacji mielibyśmy scenariusz „bouncing”, zamiast scenariusza z Wielkim Wybuchem (Molina-Paris i Visser 1999, Tippet i Lake 2004, Szydłowski i in 2005). W takim

scenariuszu Wszechświat nie zaczyna ewolucji od Wielkiego Wybuchu, ale początkowo kurczy się aż do swojego minimalnego rozmiaru (kwadrat stałej Hubble'a wynosi wtedy zero), a następnie zaczyna ekspandować. Należy zaznaczyć, że dla wartości $\Omega_{dr,0} = -0.00035$ odbicie zachodziłoby już dla przesunięcia ku czerwieni z , równego około 1200, co oznacza, że nigdy nie zachodziłaby pierwotna nukleosynteza. Pierwotna nukleosynteza jest dobrze przetestowanym obszarem kosmologii, co narzuca silne ograniczenia na wartości $\Omega_{dr,0}$. Na podstawie oszacowań Ichiki i in. (2003) można stwierdzić, że na poziomie ufności 0.95, pierwotna nukleosynteza dopuszcza wartości $-7.22 \times 10^{-5} < \Omega_{dr,0} < 0.65 \times 10^{-5}$. Istnieje więc konieczność wyznaczenia bardziej dokładnego ograniczenia na szacowany parametr $\Omega_{dr,0}$. Taką możliwość daje nam analiza położenia pierwszego pików w widmie mocy CMBR.

Należy tu zaznaczyć, iż występuje rozbieżność między wartością parametru gęstości materii $\Omega_{m,0}$ otrzymaną w pracy Godłowskiego i Szydłowskiego (2006), zgodną z wartością otrzymaną wcześniej z obserwacji supernowych (Riess i in. 1998, Perlmutter i in. 1999, Riess i in. 2005), a wartością otrzymaną przez Spergela i in. (2006) z obserwacji promieniowania reliktowego ($\Omega_{m,0} = 0.24$). Istnieje również rozbieżność między wartościami stałej Hubble'a używanymi w pierwszych pracach dotyczących akceleracji Wszechświata na podstawie obserwacji supernowych Ia (Perlmutter i in. 1999, Efsthathiou i in. 1999, Vishvakarma 2001) a wartościami H_0 otrzymanymi z analizy CMBR (Spergel i in. 2007). Jest ona na ogół tłumaczona jako efekt niepewności w wyznaczaniu punktu zerowego cefeid służących do kalibracji stałej Hubble'a. Przykładowo Freedman i in. (2001) sugerują niepewność wyznaczenia H_0 o wartości ± 8 km/s jako efekt błędów systematycznych. Jednakże inni badacze jak np. Tuner (2010a, 2010b), nie potwierdzają istnienia takich błędów systematycznych.

Spergel i in. (2007) z analizy CMBR wyznaczyli, iż wartość parametru gęstości $\Omega_{m,0}$ wynosi $\Omega_{m,0} = 0.128h^{-2}$. Dla wartości $\Omega_{m,0} = 0.30$ (Perlmutter i in. 1998, 1999, Riess i in. 1998, 2004, 2007) otrzymujemy wartość stałej Hubble'a $H_0 = 65$ km/sMpc, jednakże wtedy dla płaskiego wszechświata, w klasycznym scenariuszu zimnej ciemnej materii ze stałą kosmologiczną (Λ CDM) pojawia się niezgodność między obserwowanym a teoretycznym położeniem pierwszego pików. Prawidłowe położenie pierwszego pików w tym modelu otrzymujemy dla wartości $H_0 = 73$ km/sMpc ($\Omega_{m,0} = 0.24$). W analizowanej pracy Godłowskiego i Szydłowskiego (2006) pokazano, iż obecność fluidu o ujemnej gęstości skalującego się tak jak promieniowanie pozwala uniknąć tych rozbieżności, to znaczy, że możemy otrzymać płaski model wszechświata z $\Omega_{m,0} = 0.3$ ($H_0 = 65$ km/sMpc) zgodny zarówno z obserwacjami supernowych Ia, jak i CMBR. W rozważanym modelu Godłowski i Szydłowski (2006) otrzymali, na poziomie ufności 0.95, silne ograniczenie na sumę parametrów gęstości $\Omega_{dr,0}$ ujemnych fluidów skalujących się jak promieniowanie: $-1.05 \times 10^{-5} < \Omega_{dr,0} < -0.5 \times 10^{-5}$. Znalezione ograniczenie na wartość parametru $\Omega_{dr,0}$ jest silniejsze, niż otrzymane poprzednio z analizy nukleosyntezy i CMBR przez Ichikiego i in. (2003). Należy również podkreślić, że otrzymana sumaryczna wartość $\Omega_{dr,0} + \Omega_{r,0}$ jest większa od

zera, co oznacza, że prawdziwy jest scenariusz Wielkiego Wybuchu, a nie odbicia.

Model Li-Xin Li i jego przewidywania

W 1998 roku Li zaproponował model, w którym galaktyki formują się w rotującym Wszechświecie. Idea, że konsekwencją zasady zachowania momentu pędu w rotującym Wszechświecie jest to, iż galaktyki uzyskują moment pędu w trakcie swojego formowania, oryginalnie była rozważana już przez Gamow (1946), Goedela (1949), a następnie przez Colinsa i Hawkinga (1973). Jedną z jej słabości wydawał się fakt, że przewidywała ona występowanie uporządkowania osi rotacji galaktyk (alignment), co w tamtym czasie nie było potwierdzone przez obserwacje. Li (1998) rozważył model formowania galaktyk w rotującym wszechświecie bardziej szczegółowo. Analizował on model jednorodnego, rotującego i ekspandującego wszechświata wypełnionego cieczą idealną, w którym spełniona jest dodatkowo zasada zachowania energii i momentu pędu. W modelu Li, w przypadku gdy ciecz ta ma równanie stanu $p=0$ (pył), skalar ścinania σ^2 maleje ze wzrostem czynnika skali jak a^{-6} (czyli $\sigma^2 \sim a^{-6}$), podczas gdy skalar rotacji ω^2 spada wolniej ($\omega^2 \sim a^{-4}$). Wobec tego wydaje się rozsądne przybliżenie (dla dostatecznie dużego czynnika skali), iż ścinanie jest zaniedbywalne w stosunku do rotacji, ponieważ maleje ono szybciej niż skalar rotacji, w miarę jak rośnie czynnik skali. Model ten opiera się na równaniu Steigmana-Turnera (Steigman i Turner 1983). Interesujące komentarze na temat tego równania i jego stosowności sformułowali Rothman i Ellis (1986).

Zwykle zależność między masą struktury a jej momentem pędu wyraża się empiryczną relacją $J \sim M^{5/3}$ (Wesson 1979, 1983, Carrasco, Roth i Serrano 1982, Brosche 1986). Pochodzenie tej relacji jest dyskutowane od długiego czasu. Jedną z pierwszych prób wyjaśnienia była propozycja Muradyana (1975, 1980) by wytłumaczyć ją na gruncie teorii Ambarzumiana (in terms of the Ambarzumian's superdense cosmogony). Wesson (1981) zwrócił uwagę, na możliwą rolę problemu unifikacji grawitacji i cząstek elementarnych. Nieco później Wesson (1983) argumentował, że jest ona konsekwencją samoskalowania w teorii Newtona, zaaplikowanej do badania rotujących i grawitujących systemów. Natomiast Mackrossan (1987) wprowadził rozważania termodynamiczne do jej wyjaśnienia. Sistero (1983) wprowadził do rozważań problem prędkości obrotowej Wszechświata. W podobnym duchu rozumowali Carrasco i in. (1982), którzy wyjaśniali relację $J \sim M^{5/3}$ jako rezultat mechanicznej równowagi między energią grawitacyjną i rotacyjną.

Li (1998) zwrócił uwagę na to, że w rotującym wszechświecie taka relacja między momentem pędu a masą $J \sim M^{5/3}$ jest prostą konsekwencją zasady zachowania pędu w przyjętym modelu. Korelacja między momentem pędu a masą galaktyk spiralnych była rozważana szczegółowo przez wielu autorów (np. Nordsiek 1973, Dai, Liu i Hu 1978, Carrasco, Roth i Serrano 1982, Abramyan i Sedrakyan 1985). Badając tę korelację, Li (1998) oszacował wielkość rotacji wszechświata, znajdując wielkość zbliżoną do wcześniej

otrzymanej przez Bircha (1982). Heavens i Peacock (1988) pokazali że relacja $J \sim M^{5/3}$ jest także przewidywana przez scenariusz oddziaływań pływowych (takie były podejmowane również np. przez Catelana i Theunsa 1996).

W pracy Godłowskiego i in. (2003a) zwrócono uwagę, iż w modelu Li relacja pomiędzy momentem pędu a masą struktury ma bardziej skomplikowany charakter, niż prosta zależność $J \sim M^{5/3}$ (która jest tylko jej przybliżeniem dla dużych mas M). Faktycznie badana relacja ma postać $J = kM^{5/3} - lM$, gdzie k i l są stałymi zależnymi od wielkości rotacji wszechświata, gęstości materii, rozmiaru i momentu formowania protostruktury oraz parametru β określonego przez rozkład masy w protostrukturze. W rezultacie zależność $J(M)$ ma globalne minimum, o wartości $J_{\min}$ dla wartości masy $M_{\min}$. Pokazano również, że wartość $M_{\min}$ nie zależy od wielkości rotacji Wszechświata, zależy natomiast od rozmiaru formującej się protostruktury i momentu jej formowania (redshiftu z_f) oraz wartości parametru β (przyjmuje się, że wartość parametru β jest bliska 1). Rozważania pomijały ciemną materię, ponieważ założono, że jest ona bezzderzeniowa i nie oddziałuje z obserwowaną materią na innej drodze niż oddziaływania grawitacyjne. Tym samym przeprowadzone niżej oszacowania mas dotyczą oszacowania mas struktur pyłowych (a nie całkowitych mas wynikających z obecności np. w galaktykach i ich gromadach ciemnej materii).

W omawianej pracy pokazano też, że przy sensownych założeniach, znikający moment pędu powinny mieć struktury o określonych masach. Można więc sprawdzić, czy wyniki obserwacyjne dotyczące struktur galaktyk są zgodne z przewidywaniami wynikającymi z modelu Li. Należy sobie zdawać sprawę z wielu trudności teoretycznego oszacowania wartości $M_{\min}$. Występują tu liczne przybliżenia wynikające z braku znajomości wartości takich parametrów, jak rozkład mas w protostrukturze, rozmiar protostruktury, moment formowania galaktyk i ich gromad. Ten ostatni czynnik jest ściśle zależny od przyjętego scenariusza powstawania galaktyk i ich struktur. Jest rzeczą oczywistą, że parametry te nie są dokładnie znane. Przyjmując jednak jakieś wartości parametrów, które uznajemy za rozsądne, uzyskuje się oszacowanie na wartość $M_{\min}$. To teoretycznie uzyskane minimum można następnie skonfrontować z danymi obserwacyjnymi.

Z punktu widzenia obserwacyjnego interesująca jest absolutna wartość momentu pędu $|J|$, ponieważ na ogół nie znamy kierunku rotacji struktur, podczas gdy dość łatwo można zidentyfikować sytuację, gdy moment pędu struktury znika lub jest mały. Znikający moment pędu $J=0$ otrzymujemy dla wartości masy struktury $M_0 = 2.15M_{\min}$.

Należy zwrócić uwagę, iż model Li pozostaje prawdziwy pod warunkiem, że rotacja zachodzi w odpowiednio wielkiej skali. Ponadto, ze względu na własność skalowania model Li można rozważać w przypadku rotujących protostruktur o różnych rozmiarach początkowych. Nasze rozważania dotyczące momentów pędów struktur galaktyk będą więc również prawdziwe w przypadku wielkoskalowej a niekoniecznie globalnej rotacji Wszechświata. Model jest więc interesujący, nawet gdy odrzucimy hipotezę o globalnej rotacji Wszechświata.

W pracy Godłowskiego i in. (2003a) przeprowadzono próbę oszacowania mas

struktur o minimalnym momencie pędu w zależności od rozmiarów protostruktury. I tak, jeśli założymy że gromady galaktyk powstają w wyniku kolapsu protostruktury (Sunyaev i Zeldovich 1972, Dorohkevich 1973), to strukturami o minimalnym momencie pędu powinny być struktury o masach gromad galaktyk. W przypadku protostruktury o rozmiarach protogalaktyki struktury takie mają masy porównywalne do gromad kulistych a w przypadku obłoku protosłonecznego dostajemy masy porównywalne do mas dużych księżyców Układu Słonecznego. Pomijając Księżyc, momenty pędu takich ciał niebieskich rzeczywiście są mniejsze niż momenty pędu zarówno planet jak i asteroid (Wesson 1979). Należy jednak zaznaczyć, że formacja gwiazd wewnątrz galaktyk czy formacja Systemu Słonecznego są tak złożonymi procesami astrofizycznymi, że ekstrapolacja wyników Li (1998) i Godłowskiego i in. (2003a) na obłoki protosłoneczne jest dyskusyjna.

Pojawia się pytanie czy istnieje możliwość obserwacyjnego przetestowania przewidywań modelu Li. Możliwość taką dają nam badania orientacji płaszczyzn galaktyk. Dla grup i gromad galaktyk nie mamy ewidencji świadczącej, iż obiekty te rotują. Hwang i Lee (2007) przebadali dyspersję i gradient prędkości w 899 gromadach Abell'a, znajdując, że tylko 6 z nich wykazuje możliwą rotację. Ewentualny niezerowy moment pędu grup i gromad galaktyk będzie więc pochodził głównie z ewentualnego uporządkowania spinów galaktyk. Tym samym znalezienie (lub nie) uporządkowania orientacji galaktyk w grupach i gromadach galaktyk będzie stanowiło ważny wskaźnik występowania w tych strukturach niezerowego momentu pędu. Sumując otrzymane przez różnych autorów wyniki można stwierdzić, iż nie mamy dostatecznej ewidencji świadczącej o występowaniu uporządkowania osi galaktyk w grupach i ubogich gromadach galaktyk, podczas gdy taka ewidencja istnieje dla bogatych gromad galaktyk.

Z kolei z pomiarów krzywych rotacji wiemy, że galaktyki mają własny moment pędu. Tym samym możemy stwierdzić, że takie struktury mają całkowity niezerowy moment pędu. Badania par galaktyk wykazały, że ich moment pędu pochodzi głównie z ruchu orbitalnego galaktyk. Stwierdzono, że takie struktury jak galaktyki i ich satelity, pary galaktyk i zwarte grupy galaktyk, posiadają sumaryczny niezerowy moment pędu. Omówione wyżej wyniki nie są zgodne z żadnym z trzech głównych scenariuszy formowania galaktyk.

Jeżeli natomiast przyjmiemy, iż prawdziwy jest model Li to z analizy danych obserwacyjnych dotyczących orientacji galaktyk w gromadach wynikało, iż należy się spodziewać, że struktury o masach grup galaktyk są właśnie tymi strukturami o minimalnym momencie pędu. Z tego powodu orientacja galaktyk w 18 grupach Tully'ego została ponownie zanalizowana w pracy Godłowskiego, Szydlowskiego i Flina (2005). Wyniki otrzymane na podstawie analizy kątów pozycyjnych nie potwierdzają hipotezy o występowaniu uporządkowania w orientacji płaszczyzn galaktyk. W rezultacie można stwierdzić, że nie znaleziono dostatecznej ewidencji świadczącej o występowaniu uporządkowania osi rotacji galaktyk w analizowanych grupach Tully'ego.

W omawianej pracy (Godłowski, Szydlowski i Flin 2005) przeanalizowano

także relację pomiędzy momentem pędu a masą struktury, wynikającą z danych obserwacyjnych. Zbadano jak rysuje się ten obraz w zależności od mas struktur złożonych z galaktyk, poczynając od najmniejszych, to znaczy par galaktyk. Można stwierdzić, że takie struktury jak galaktyki i ich satelity, pary galaktyk i zwarte grupy galaktyk, posiadają sumaryczny niezerowy moment pędu. Natomiast dla bardziej masywnych struktur, grup i ubogich gromad galaktyk nie ma ewidencji wskazującej na to, iż struktury takie mają niezerowy moment pędu. Analizując bogate gromady galaktyk i supergromady uzyskano wyniki wskazujące na to, iż orientacja galaktyk w takich strukturach jest nielosowa, a tym samym takie struktury będą miały niezerowy moment pędu. Obserwowana zależność momentu pędu od masy struktury jest zgodna z wnioskami wynikającymi z modelu Li. Wyniki te zostały następnie potwierdzone w szeregu prac (np. Aryal i Saurer 2004, 2005a, 2005b, 2006, Aryal, Pudel i Saurer 2007, Godłowski i in. 2010, Godłowski 2011a,b, Godłowski 2012, Flin i in. 2011, Pereira i in. 2008).

Największa skala uporządkowania została znaleziona w serii prac Hutsemekersa (Hutsemekers 1998, Hutsemekers and Lamy 2001, Hutsemekers i in. 2005) podczas analizy uporządkowania wektorów polaryzacji kwazarów. W pracy Hutsemekers i in. (2005), bazując na nowej próbie 355 kwazarów ze znaczącą optyczną polaryzacją, znaleziono, że wektory polaryzacji kwazarów nie są zorientowane przypadkowo na sferze niebieskiej. Wektory polaryzacji wykazują uporządkowanie w skali około 1 Gpc. Ponadto średni kąt polaryzacji rotuje z redshiftem o około $\sim 30^\circ$ na Gpc. Podczas gdy globalna rotacja Wszechświata może potencjalnie wytłumaczyć ten efekt, obserwacje można wytłumaczyć też jako efekt oscylacji pseudoskalarnych. Te rezultaty nie są na ogół kwestionowane, z wyjątkiem pracy Joshi i in. 2007, gdzie nie znaleziono żadnych efektów podczas analizy ich próbki (Jackson i in. 2007), jednak natura pochodzenia obserwowanego efektu jest ciągle dyskutowana. Możliwe wyjaśnienia obserwowanego efektu uporządkowania były dyskutowane przez Hutsemekersa (1998), Hutsemekersa i Lamego (2001), Hutsemekersa i in. (2005) oraz później przez wielu autorów (Jain i in. 2002, 2004, Ralston i Jain 2004, Hutsemekers i in. 2010, Poltis i Stojkovic 2010, Silantev i in. 2010, Antoniou i Perivolaropoulos 2010, Agarwal, Kamal i Jain 2011).

W pracy Godłowski (2011a) dokonano przeglądu i krytycznej analizy dotychczasowych prac poświęconych orientacji galaktyk we Wszechświecie. Pokazano, że uporządkowanie orientacji galaktyk w strukturach zależy od masy struktury, do której one należą. Krytycznie przedyskutowano kwestię relacji między orientacją galaktyk i momentem pędu struktury. Omówiono również obserwacyjne aspekty rotacji we Wszechświecie w różnych skalach. Pokazano, że występuje zależność między momentami pędu struktur a ich rozmiarami.

Należy zauważyć, że wyniki Aryala i Saurera (2006) jak i Godłowskiego i in. (2010) są zgodne z przewidywaniami wynikającymi z modelu Li, jednakże mogą być również interpretowane jako efekt działania sił pływowych zgodnie ze scenariuszem Catelan i Theuns (1996). Również analizy Noh i Lee (2006a, 2006b) wskazują, że w liniowej teorii oddziaływań pływowych winna

występować zależność między uporządkowaniem orientacji galaktyk, a masami struktur.

Należy zaznaczyć, iż model Li jest oczywiście dyskusyjny i nie jest on w stanie wyjaśnić wszystkich obserwowanych efektów. Jest jednak ciekawy, ponieważ wyjaśnia zależność między momentem pędu struktury a jej masą, w której zarówno galaktyki, ich pary, zwarte grupy galaktyk oraz masywne struktury, jak bogate grupy galaktyk i supergromady, posiadają niezerowy moment pędu, podczas gdy dla grup i ubogich gromad nie znajdujemy ewidencji na występowanie tam niezerowego moment pędu, której to zależności dotąd nie udało się wyjaśnić w innych modelach. Należy również zaznaczyć, że prosta relacja między masą kosmicznej struktury i jej momentem pędu, $J \sim M^{5/3}$ pojawia się również w scenariuszu oddziaływań pływowych.

Podsumowanie

Jednym z kluczowych problemów współczesnej astronomii pozagalaktycznej jest problem powstawania galaktyk. Istnieje kilka scenariuszy formowania galaktyk we Wszechświecie, które wyjaśniają szereg problemów teoretycznych oraz wyników obserwacyjnych. Jednakże żaden z nich nie wyjaśnia wszystkich problemów związanych z procesem formowania galaktyk i ich struktur. Natomiast różne modele wyjaśniają różne aspekty procesu formowania galaktyk i ich struktur w różnych skalach, jak też różne obserwacyjne zależności charakteryzujące struktury.

Znaleziono, że teoretyczny model Li, w którym galaktyki powstają w rotującym wszechświecie, jest zgodny z obserwacjami. W pracy przedstawiono możliwości i trudności teoretyczne zbudowania modeli kosmologicznych z rotacją oraz przedyskutowano obserwacyjne ograniczenia na możliwość istnienia rotacji Wszechświata.

Wszystkie główne modele formowania galaktyk i ich struktur we Wszechświecie miały problemy z wyjaśnieniem obserwowanej zależności momentu pędu od masy struktury. Zależność momentu pędu struktury od jej masy może być wyjaśniona na gruncie scenariusza oddziaływań pływowych w modelu hierarchicznego grupowania albo przez model Li. W scenariuszu oddziaływań pływowych relacja między momentem pędu a masą struktury ma prostą postać $J \sim M^{5/3}$. W modelu Li, w którym galaktyki formują się w rotującym Wszechświecie, jest jasny mechanizm nabywania przez galaktyki momentu pędu. Ponadto model ten podejmuje próbę wytłumaczenia zależności momentu pędu od masy struktury. Z tych względów model ten jest warty rozpatrzenia, choć oczywiście ma on swoje słabości. Zasadniczą jego wadą jest fakt, iż obserwowana wielkość rotacji galaktyk spiralnych nie może być wyłącznie wynikiem rotacji Wszechświata, ponieważ wymagana wielkość rotacji Wszechświata byłaby zbyt duża w porównaniu do wykrytej anizotropii promieniowania relikтового. Ponadto oryginalny model Li dotyczy tylko składowej pyłowej, a tym samym pomija w zasadzie ciemną materię, ponieważ założono, że jest ona bezzderzeniowa i nie oddziałuje z obserwowaną materią na

innej drodze niż oddziaływania grawitacyjne. Tym samym ciemna materia występuje w tym modelu tylko jako tło. Model hierarchicznego grupowania natomiast, jako jedyny, w sposób jawny uwzględnia występowanie ciemnej materii.

Model Li zakłada globalną rotację Wszechświata. Niestety nie mamy względnie prostego modelu rotującego Wszechświata na gruncie ogólnej teorii względności, dla którego istniałyby obserwable mogące posłużyć do jego testowania. Możemy jednak dokonać pewnych oszacowań globalnej rotacji Wszechświata na gruncie Newtonowskiego odpowiednika OTW, posiadając pełną świadomość, że kosmologia Newtonowska nie opisuje realnego Wszechświata w trakcie ewolucji, lecz może być wygodną aproksymacją. Sytuację komplikuje jednak fakt, że na gruncie obserwacyjnym jest bardzo trudno rozdzielić efekty globalnej rotacji od innych efektów, takich jak efekt Casimira albo ciemne promieniowanie w branowym scenariuszu Randall - Sundruma. Można jednak oszacować z danych obserwacyjnych sumaryczny wkład takich efektów. Pokazano, że jeśli jest on niezerowy, to można wyjaśnić rozbieżności między wartościami gęstości materii $\Omega_{m,0}$ i stałej Hubble'a H_0 , otrzymanymi z pomiarów SNIa i CMBR. Jego obecność pozwala również wyjaśnić rozbieżności między obserwowanym i teoretycznym rozpowszechnieniem helu 4 i deuteru.

Bibliografia

- Abramyan M. G., Sedrakyan D.M., 1985, *Astrophysics*, 23, 396
 Agarwal N., Kamal A., Jain P., 2011, *Phys. Rev. D.*, 83, 065014
 Akarsu O., Kilinc C. B., 2010, *Gen. Rel. Grav.*, 42, 119
 Aryal B., Paudel S., Saurer W., 2007, *MNRAS*, 379, 1011
 Aryal B., Saurer W., 2004, *A&A*, 425, 871
 Aryal B., Saurer W., 2005a, *A&A*, 432, 841
 Aryal B., Saurer W., 2005b, *MNRAS*, 360, L25
 Aryal B., Saurer W., 2006, *MNRAS*, 336, 438
 Astier P. i in., 2006, *A&A*, 447, 31
 Barrow J.D., Juskiewicz R., Sonoda D.H., 1985, *MNRAS*, 213, 917
 Bratek Ł., Jałocha J., Kutschera M., 2007, *Acta Phys. Polon. B.*, 38, 2513
 Bietenholz M.F., Kronberg P.P., 1984, *APJ*, 287, L1
 Bietenholz M.F., 1986, *Astronom. J.*, 91, 1249
 Birch P., 1982, *Nature*, 298, 451
 Birch P., 1983, *Nature*, 301, 736
 Brosche P., 1986, *Comm. Astroph.*, 11, 213
 Bunn E., Ferreira P., Silk J., 1996, *Phys. Rev. Lett.*, 77, 2883
 Carrol S.M., Field G.B., 1997, *Phys. Rev. Lett.*, 79, 2394
 Catelan P., Theuns, T., 1996, *MNRAS*, 282, 436
 Carrasco L., Roth M., Serrano A., 1982, *A&A*, 106, 89
 Chechin L. M., 2010, *Astron. Reports*, 54, 719
 Ciufolini I., Wheeler J., 1995, *Gravitation and Inertia* Princeton University Press
 Collins C.B., 1985, *Journal of Math. Phys.*, 26 (8) 2009

Collins C.B., Hawking S.W., 1973, MNRAS, 162, 307
 Dai W. S., Liu R.L., Hu F.X., 1978, Acta Astron. Sinica, 19, 24
 Daly R., Djorgovski S.G., 2003, APJ, 597, 9
 Daly R., Djorgovski S.G., 2004, APJ, 612, 652
 Demiański M., Doroshkevich A.G., 2007, PhRvD., 75, 13517
 Demiański M., Griszczuk L.P., 1972, Commun. Math. Phys., 25, 233
 Doroshkevich A.G., 1973, Astroph. Lett., 14, 11
 Efstathiou G., Bridle S.L., Lasenby A.N., Hobson N.P., Ellis R.S., 1999, MNRAS, 303, L47
 Eisenstein D.J., Bunn E.F., 1997, Phys.Rev.Lett., 79, 1957
 Eisenstein D.J. i in., 2005, APJ, 633, 560
 Ellis G.F.R., 1966, Journal of Mathemat. Phys., 8 (5) ,1171
 Ellis G.F.R., 1973, in: Cargès Lecture in Physics Vol. 6 ed. E. Schatzman E. 1, New York, Gordon and Brach Science Publishers, 1
 Ellis G.F.R., Olive K. 1983, Nature, 303, 679
 Fil'chenkov M.L., 2003, in Frontiers of Particle Physics ed. E. Studenikin, World Scientific Singapore, 284
 Fil'chenkov M.L., 2005, IJMPA, 20, 2388
 Flin P., Biernacka M., Godłowski W., Panko E., Piwowska P., 2011, Baltic Astronomy, 20, 251
 Freedman K., i in., 2001, APJ, 553, 47
 Gamow G., 1946, Nature, 158, No 4016, 549
 Goedel K., 1949, Rev. Mod. Phys., 21, 447; 2000 GRG 32, 1409
 Godłowski W., 2011a, International Journal of Modern Physics D., 20, 1643
 Godłowski W., 2011b, Acta Physica Polonica B, 42, 2323
 Godłowski W., 2012, APJ, 747, 7
 Godłowski W., Piwowska P., Panko E., Flin P., 2010, APJ, 723, 985
 Godłowski W., Szydłowski M., Flin P., Biernacka M., 2003a, Gen. Rel. Grav., 35 (5), 907
 Godłowski W., Szydłowski M., Flin P., 2005, Gen. Rel. Grav., 37 (3), 615
 Godłowski W., Szydłowski M., 2003b, Gen. Rel. Grav., 35 (12), 2171
 Godłowski W., Szydłowski M., 2006, Phys. Lett. B, 642, 13
 Gron O., Soleng H., 1987, Nature, 328, 501
 Hawking S.W., 1969, MNRAS, 142, 129
 Heavens A., Peacock J., 1988, MNRAS, 232, 339
 Heckmann O., Schucking E., 1959, Handbuch der Physik, 53, 489
 Heckmann O., 1961, Astronom. J., 66, 599
 Hwang H.S., Lee M.G., 2007, APJ, 662, 236
 Hutsemekers D. 1998, A&A, 332, 410
 Hutsemekers D., Lamy H., 2001, A&A, 367, 381
 Hutsemekers D., Cabanac R., Lamy H., Sluse D., 2005, A&A, 441, 915
 Hutsemekers D., Borguet B., Sluse D., Cabanac R., Lamy H., 2010, Astron. Astroph., 520, L7
 Ichiki K. i in., 2002, Phys. Rev. D, 66, 043521.

- Ichiki K. i in., 2003, Phys. Rev. D, 68, 083518.
- Iorio , L., 2010, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 8, 30
- Jain P., Ralston J. P., 1999, Mod. Phys. Letters A, 14, 417
- Jain P., Panda S., Sarala S. 2002, Phys. Rev. D, 66, 085007
- Jain P., Narain G., Sarala S. 2004, MNRAS, 347, 394
- Jain P., Modgil M.S., Ralston J.P., 2007, Mod. Phys. Lett. A, 22, 1153
- Joshi S.A., Battye R.A., Browne I.W.A., Jackson N., Muxlow T.W.B., Wilkinson P. N., 2007, MNRAS , 380, 162
- Kendall D.G., Young G.A., 1984, MNRAS, 207, 637
- Kendall D.G., 1984, Quat. Jour. R. Astr. Soc., 25, 147
- King A.R., Ellis G.F.R., 1973, Commun. Math. Phys., 31, 209
- Kogut A., Hinshaw G., Banday A., 1997, Phys. Rev. D, 55, 1901
- Kraśiński A., 1975, J. Match Phys., 16, 125
- Kraśiński A., 1997, in: Homogeneous Cosmological Models Cambridge University Press, Cambridge, 317,
- Kraśiński A., 1998a, J. Match Phys., 39, 380
- Kraśiński A., 1998b, J. Match Phys., 39, 401
- Kraśiński A., 1998c, J. Match Phys., 39, 2148
- Kraśiński A., 1999, The Ultimate extension on the Banchi classification for rotation dust models, in: "On Einstein's path, essays in honor of Engelbert Schucking ed. A. Harvey, Springer, New York, 283
- Kraśiński A., 2001a, J. Match Phys., 42, 355
- Kraśiński A., 2001b, J. Match Phys., 42, 3628
- Lanczos K., 1924, Z. Phys., 21, 73
- Li, Li-Xin., 1998, Gen. Rel. Grav., 30, 497
- Mackrossan M.N., 1987, Astr. And Space Science ,133, 403
- Molina-Paris C., Visser M., 1999, Phys. Lett. B. 455, 99
- Muradian R. M., 1975, Preprint JINR Dubna, P2-8585
- Muradian R. M., 1980, Astrop. and Space Science, 69,339
- Nodland B., Ralston J.P., 1997a, Phys. Rev. Lett., 78, 3043
- Nodland B., Ralston J.P., 1997b, Phys. Rev.Lett., 79, 1958
- Noh Y., Lee J., 2006a, astro-ph /0602575
- Noh Y., Lee J., 2006b, Astrophys. Lett., 652, L71
- Nordsiek K.H., 1973, APJ, 184, 735
- Obukhov Y., 2000, in: Cooloquium on Cosmic Rotation eds. M Scherfer, T. Chrobok, M. Shefaat Wissenschaft und Technik Verlag, Berlin, 23
- Obukhov Y., Chrobok T., Scherfner M., 2002, Phys. Rev. D, 66, 043518
- Pereira M. J., Bryan G. L., Gill S. P. D., 2008, APJ, 672, 825
- Perlmutter S. i in., 1998, Nature, 391, 51
- Perlmutter S. i in., 1999, APJ, 517, 565
- Phinney E.S., Webster R.L., 1983, Nature, 301, 735
- Poltis R., Stojkovic D. 2010, Phys. Rev. Lett., 105, 161301
- Pontzen A., Challinor A., 2007, Mon. Not. R. Ast. Soc., 380, 1387
- Ralston J. P., Jain P., 2004, Int. J. Mod. Phys. D, 13, 1857
- Randal L., Sundrum R., 1999, Phys. Rev. Lett., 83, 3370

Raychaudhuri A.K., 1979, Theoretical Cosmology, Clarendon Press Oxford
 Riess, A. i in., 1998, Astron. J., 116, 1009
 Riess, A. i in., 2004, APJ, 607, 665
 Riess, A. i in., 2007, APJ, 659, 98
 Rothman T., Ellis G.R.F., 1986, Phys. Lett. B, 180, 19
 Senovilla J., Carlos F., Sopuerta C.F., Szekeres P., 1998, Gen. Rel. Grav. 30, 389
 Silantev N. A., Gnedin Y. N., Piotrovich M. Y., Natsvlshvili T. M., Buliga S.D.,
 2010, Astrophysics, 53, 453
 Silk J., 1970, MNRAS, 147, 13
 Sistero R.F., 1983, Astroph. Lett., 23, 235
 Sousa A.A., Pereira R.B., Silva A.C., 2008, arXiv 0803.1481 (Gravitation and
 Cosmology, 16, 25)
 Spergel D.N. i in., 2007, APJ Suppl., 170, 377
 Steigman, G., Turner, M.S., 1983, Phys. Lett. B, 128, 295
 Su S.C., Chu M.C., 2009, APJ, 703, 354
 Sunyaev A.R. Zeldovich Ya.B., 1972, Astroph. Sp. Sci., 7, 1
 Szekeres P., Rankin R., 1977, Australian Math. Soc. B, 20, 114
 Szydlowski, M., Godłowski, W., 2005 Gen. Rel. Grav., 37, 907
 Szydlowski M., Godłowski W., Krawiec A., Golbiak J., 2005, Phys. Rev. D, 72,
 063504
 Thompson L.A., 1976, APJ, 209, 22
 Tippet B., Lake K., 2004, gr-qc/0409088
 Turner D.G., 2010a, Astroph. And Space Science, 326, 219
 Turner D.G., 2010b, Odessa Astronomical Publications Vol 23 (in press)
 Vishwakarma R. G., 2001, Gen. rel. Grav., 33 1973
 Vishwakarma R. G., 2006, arxiv/0404371 (Space Time and Substance, 7, 53)
 Vishwakarma R.G., Singh P., 2003 Clas. Quantum Grav., 20 2033
 Wang Y., Tegmark M., 2004, Phys. Rev. Lett., 92, 241302
 Wardle J.F.C., Perley R.A., Cohen M.H., 1997, Phys. Rev. Lett., 79, 1801
 Weinberg S., 1972, Gravitation and Cosmology, Principles and Applications of
 the General, Theory of Relativity, J.Wiley New York
 Wesson P. S., 1979, A&A, 80, 296
 Wesson P. S., 1981, Phys. Rev. D, 23, 1730
 Wesson P. S., 1983, A&A, 119, 313

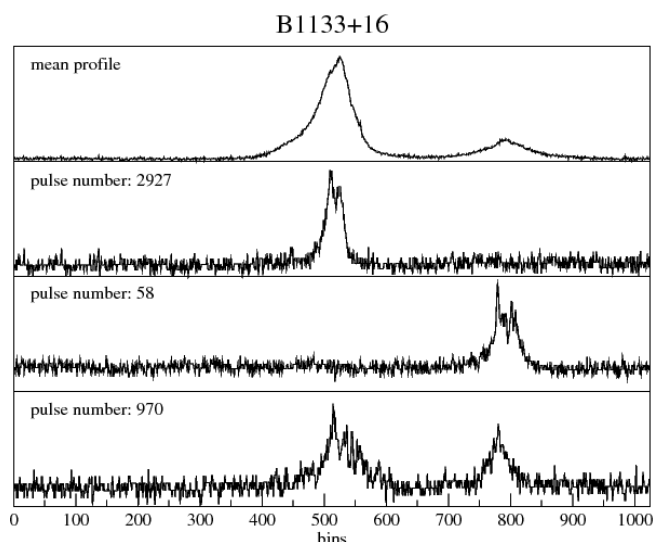
Statystyka subpulsów dla PSR B1133+16 na częstotliwości 8.35 GHz

Olga Koralewska, Jarosław Kijak, Wojciech Lewandowski

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Pulsary to bardzo słabe radioźródła. Pulsy pojedyncze są możliwe do zaobserwowania jedynie dla najsilniejszych obiektów, lecz badania nad nimi, ich morfologią i zmiennością w czasie mogą stanowić klucz do zrozumienia struktury ich obszaru emisji oraz wyjaśnienia takich zjawisk jak np. dryf subpulsów, zmiana modów, nulling, itd.

Poddaliśmy analizie kilka tysięcy pulsów pojedynczych pochodzących z obserwacji przeprowadzonej 100-m radioteleskopem w Effelsbergu należącym do Instytutu Radioastronomii im. Maxa Plancka. Profil średni pulsara B1133+16 jest dwuskładnikowy, przy czym pierwszy składnik jest znacznie silniejszy od drugiego. Pomimo tego, że pulsy indywidualne są bardzo zróżnicowane pod względem kształtu



Rys.1. Profil średni oraz trzy typy pulsów pojedynczych dla PSR B1133+16: z emisją jedynie w obrębie składnika pierwszego, jedynie w obrębie składnika drugiego oraz z obecnością obu składników.

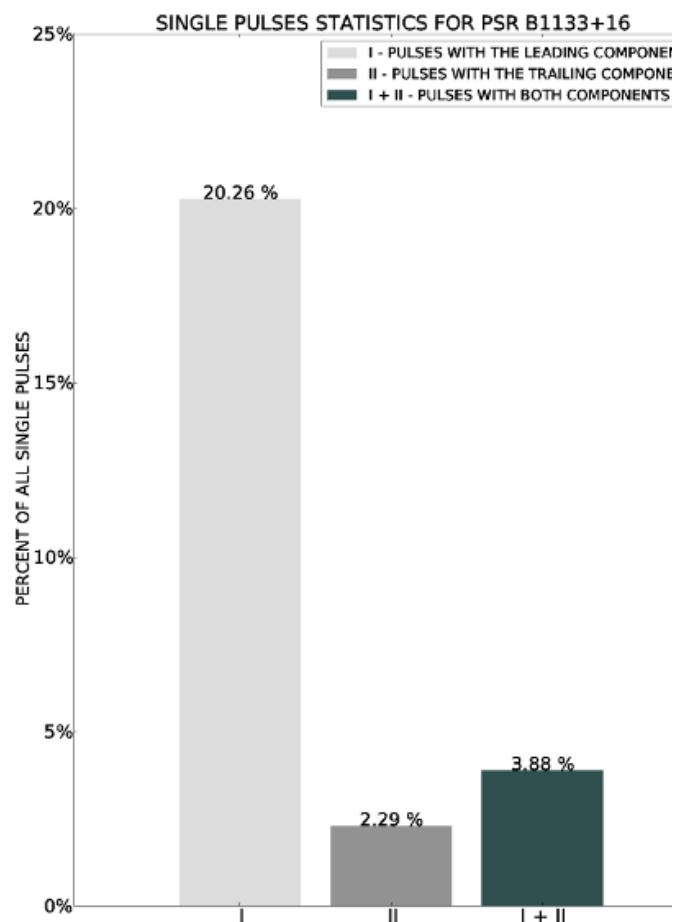
oraz intensywności, średni profil, otrzymany ze zsumowania co najmniej kilkuset pulsów pojedynczych, jest niezmienny i charakterystyczny dla każdego pulsara.

Pulsar B1133+16 zaklasyfikowany został jako pulsar o profilu podwójnym stożkowym (Rankin, 1993), choć można zaobserwować okazjonalną obecność środkowego trzeciego składnika w niektórych segmentach pulsów (Nowakowski, 1996). Na rysunku 1 przedstawiony został profil średni PSR B1133+16 wraz z trzema różnymi typami pulsów pojedynczych. Pojawiają się one zazwyczaj w krótkich sekwencjach, w których z reguły dominujący jest składnik pierwszy, lecz występują także pulsy z silniejszym drugim składnikiem, jak również pulsy, w których oba składniki są porównywalnie silne. Wart uwagi

jest fakt, że dla każdego subpulsu w składniku drugim znaleźć można podobny pod względem kształtu i intensywności subpuls w składniku pierwszym, choć najsilniejsze subpulsy występują jedynie w pierwszym komponencie. Zauważalna jest także zależność szerokości subpulsów od ich intensywności, a mianowicie im silniejszy jest subpuls, tym mniejsza jest jego szerokość.

Otrzymana statystyka subpulsów wyraźnie pokazuje, że dla PSR B1133+16 najczęściej występują pulsy pojedyncze, w których obecny jest jedynie składnik pierwszy. Ich ilość zdecydowanie dominuje nad pozostałymi pulsami, zostało to przedstawione na rysunku 2.

Na podstawie analizy wizualnej pulsów pojedynczych pulsara B1133+16 można stwierdzić, że kształt większości subpulsów jest podobny, tak więc naszym zdaniem różnica intensywności pomiędzy komponentami profilu średniego wynika jedynie z częstości występowania subpulsów w odpowiadających składnikach pulsów pojedynczych.



Rys.2. Statystyka pulsów pojedynczych.

Bibliografia

- Honnappa S., Lewandowski W., Kija J., Deshpand A. A., Gil J., Maron O., Jessner A., 2011, arXiv:1109.1429v3
 Nowakowski L. A., 1996, ApJ., 457, 868
 Rankin J. M., 1993, ApJ., 405, 285

Pulsar flux density measurements database

Olga Koralewska, Krzysztof Krzeszowski,
Jarosław Kijak, Wojciech Lewandowski

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Introduction

We have created an online database, which contains measurements of a flux density for radio pulsars. It can be accessed from a public web interface at the following URL: <http://flux.ia.uz.zgora.pl>. At present it contains data published in M00 database (Maron et al. 2000) and ATNF database (Manchester et al. 2005) as well as new data published in recent papers. Every value of a flux measurement is associated with information about the frequency at which it was taken, number of observations, name of observatory and references to the source of the data. It is important to mention, that the number of frequencies related to flux values are not limited, so the only restriction imposed on the added data is their correctness and reference. The registered users have the opportunity to extend the database with their own flux density measurements, therefore we hope our database will be the most complete source of up-to-date data for this specific parameter.

Basic functionalities of Pulsar Flux Database

The most basic function of our database is displaying the flux measurements. It is possible in two different ways: by choosing a pulsar from a list or by using a filter engine, which gives an opportunity of a fast access to the desired set of flux measurements by specifying the range of such parameters as for example a flux value, a frequency, pulsar name and coordinates. There is also an option to filter the data by uploading a list of names for a specified set of pulsars.

Calculating mean flux values: The database has a function that allows calculation of the mean flux values with respect to a selected pulsar or to a set of pulsars. By choosing this option one can obtain two types of mean values: an arithmetical mean and a weighted mean of flux values (the weight of every flux value is a number of observations of which it was calculated). The results are presented with their standard deviations.

Plotting spectra: The user can choose between two types of the spectrum model: a simple power-law spectrum, or a second order polynomial fit. The values of the fitted parameters (e.g. spectral index, etc.) are presented below the obtained flux spectra. The type of data displayed on the plots depends on the user's choice, the given options are: flux density measurements, flux density arithmetical mean values and flux density weighted mean values. An example of a spectrum generated using Kepler Institute of Astronomy Pulsar Flux Database is presented on Fig. 1a.

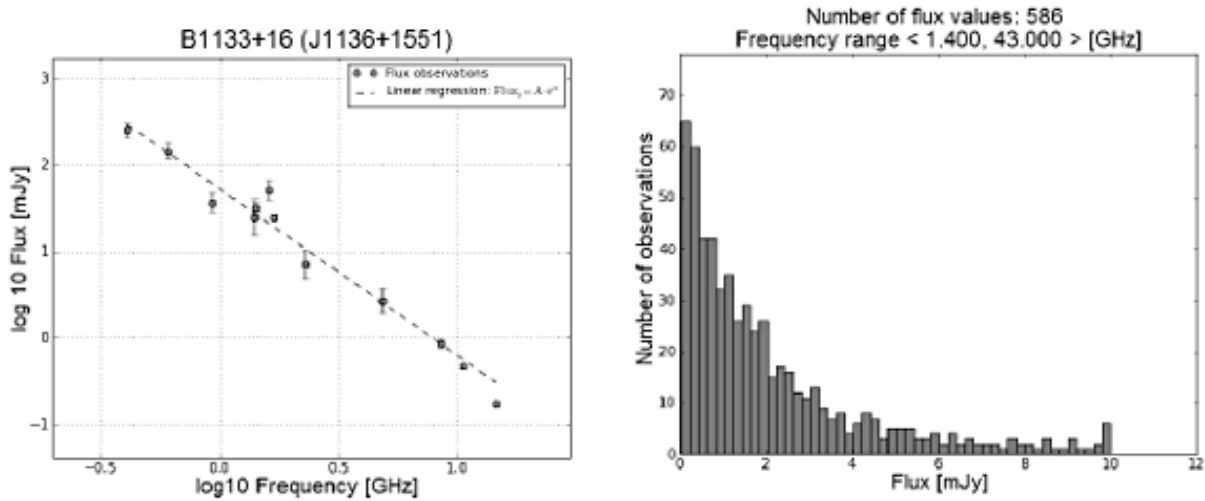


Fig.1. (left) The power-law spectrum for the pulsar B1133+16. The line of fit has been derived with a linear regression. (right) An example histogram for a set of flux density measurements with a flux value less than 10 mJy and the frequencies greater than 1.4 GHz. The number of bins is equal 50.

Plotting histograms: It is possible to display the flux density measurements in a form of a histogram. This function is available for a selected pulsar as well as for a set of pulsars satisfying selected conditions. The bin number is provided by the user. An example of a histogram for chosen set of pulsars generated using Kepler Institute of Astronomy Pulsar Flux Database is presented on Fig. 1b.

Development tools

Our database was developed using the following packages and tools: Django, PostgreSQL database and Apache HTTP Server with mod_wsgi module.

Conclusions

We hope, that with a help of the future users in extending our database with their own flux density measurements it will become the most complete source of up-to-date data for this specific parameter and a useful tool in further studies on pulsars spectra.

References

- Manchester R. N., Hobbs G. B., Teoh A., Hobbs M., 2005, VizieR Online Data Catalog, 7245, 0
- Maron O., Kijak J., Kramer M., Wielebinski R., 2000, VizieR Online Data Catalog, 414,70195

Pomiary poszerzenia pulsu w pulsarach radiowych

Magdalena Kowalińska

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Wstęp

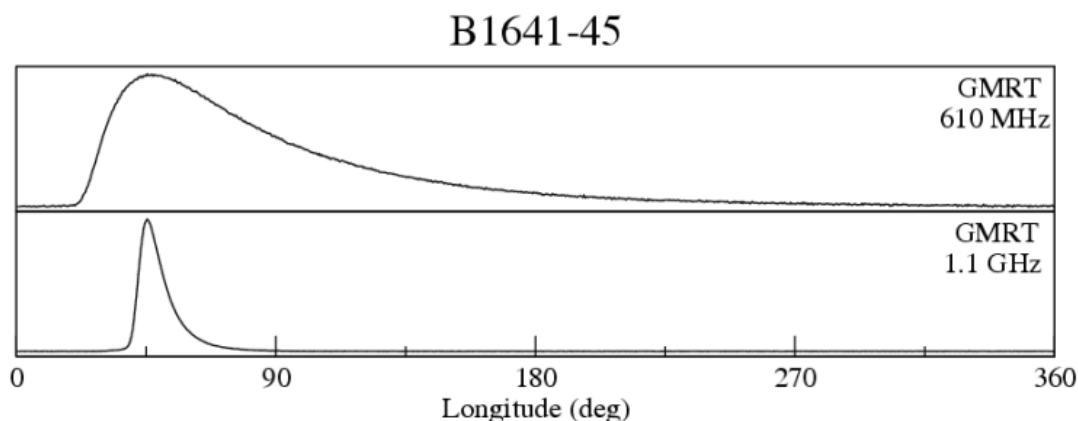
Fluktuacje rozkładu gęstości elektronów w Galaktyce znajdujące się wzdłuż linii widzenia obserwatora (LOS *ang. line of sight*) prowadzą do powstania efektów rozpraszania sygnałów radiowych w ośrodku międzygwiazdowym (ISM *ang. interstellar medium*). Efekt rozpraszania powoduje propagację sygnału pulsara wzdłuż różnych ścieżek promieni, z różną geometryczną długością. Wynikiem tego efektu jest opóźnienie czasu przyjscia impulsu do obserwatora tworząc przy tym charakterystyczny ‘eksponencjalny ogon’ (Rysunek 1). W pracy Lewandowski i inni (2012) przedstawiliśmy wyniki analizy poszerzenia pulsu dla 16 pulsarów o wysokiej mierze dyspersji (DM *ang. dispersion measure*) ($>150 \text{ pc cm}^{-3}$), czyli całkowitej liczbie koncentracji elektronów znajdujących się między pulsarem, a obserwatorem.

Nasza analiza zdecydowanie popiera sugestię Löhmera (2001) ukazującą, że dla pulsarów z wysoką wartością DM zależność efektu poszerzenia pulsu odbiega od turbulentnej teorii Kolmogorowa.

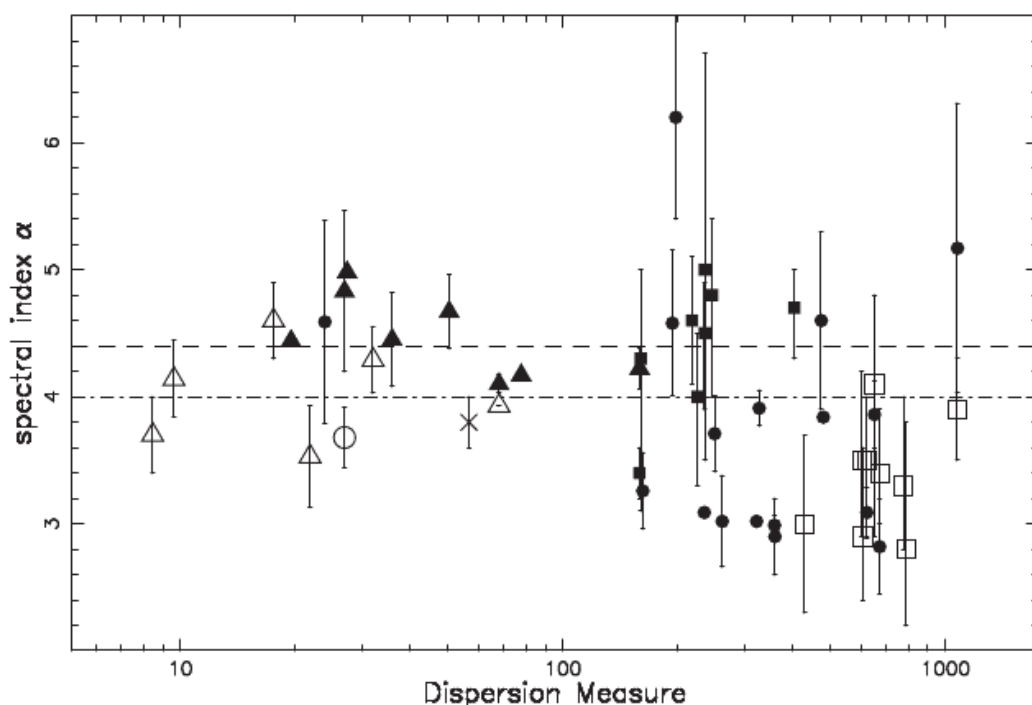
W tej pracy przedstawiam analizę danych dla kolejnych pięciu pulsarów zaobserwowanych za pomocą radioteleskopu Giant Metrewave Radio Telescop (GMRT) (Kijak i inni 2011).

Pomiar poszerzenia pulsu i efekt rozproszenia w ISM

Rysunek 2 przedstawia indeksy widmowe zjawiska rozpraszania jako funkcje poszerzenia pulsu od miary dyspersji. Pomiary dla obiektów z niskim DM ($<50 \text{ pc cm}^{-3}$) wykazują zgodność z teorią turbulencji Kolmogorowa, dla której indeks widmowy wynosi $\alpha=4.4$. Pomiary dla pulsarów z wysokim DM ($>250 \text{ pc cm}^{-3}$) w kierunku wnętrza Galaktyki, wykazują wartość średnią $\alpha=3.48$, pokazując znaczne odstępstwa od widma Kolmogorowa. Odchylenia te mogą być wytłumaczone przez anomalne rozproszenia spowodowane wynikiem istnienia wielu ekranów rozpraszających z anizotropowymi nieregularnościami rozciągającymi się wzdłuż LOS (Löhmer i inni, 2001). W konsekwencji, mniej promieniowania dociera do obserwatora na niższych częstotliwościach, ponieważ część promieniowania



Rys.1. Wykres przedstawia przykładowy profil pulsara J1641-45 na częstotliwościach 610 MHz i 1.1 GHz na podstawie, którego została wyznaczona wartość poszerzenia pulsu. Obserwacje były przeprowadzone przy użyciu GMRT.



Rys.2. Indeks spektralny poszerzenia pulsu jako funkcja DM dla pomiarów wziętych z Lewandowski i inni (2012) oraz z literatury. Linia przerywana pokazuje indeks spektralny przewidziany przez Kolmogorowa ($\alpha=4.4$). Linia kropkowo-przerywana prezentuje indeks spektralny dla rozkładu nieregularności Gaussa ($\alpha=4.0$)

rozproszonego na skończonym ekranie zostaje utracone, powodując przy tym, zmniejszenie wartości α poniżej, tej przewidzianej przez Kolmogorowa.

Ponadto, w trakcie naszego projektu obserwowaliśmy pięć pulsarów o wysokim DM, z czego dla czterech uzyskaliśmy pomiary poszerzenia pulsu. Przedstawione wyniki wypełniają lukę w dostępnej literaturze dla pulsarów o wysokim DM. Analiza wykazała, że są pulsary (z niskim DM), dla których zachowanie indeksu spektralnego jest zgodne z indeksem przewidywanym przez

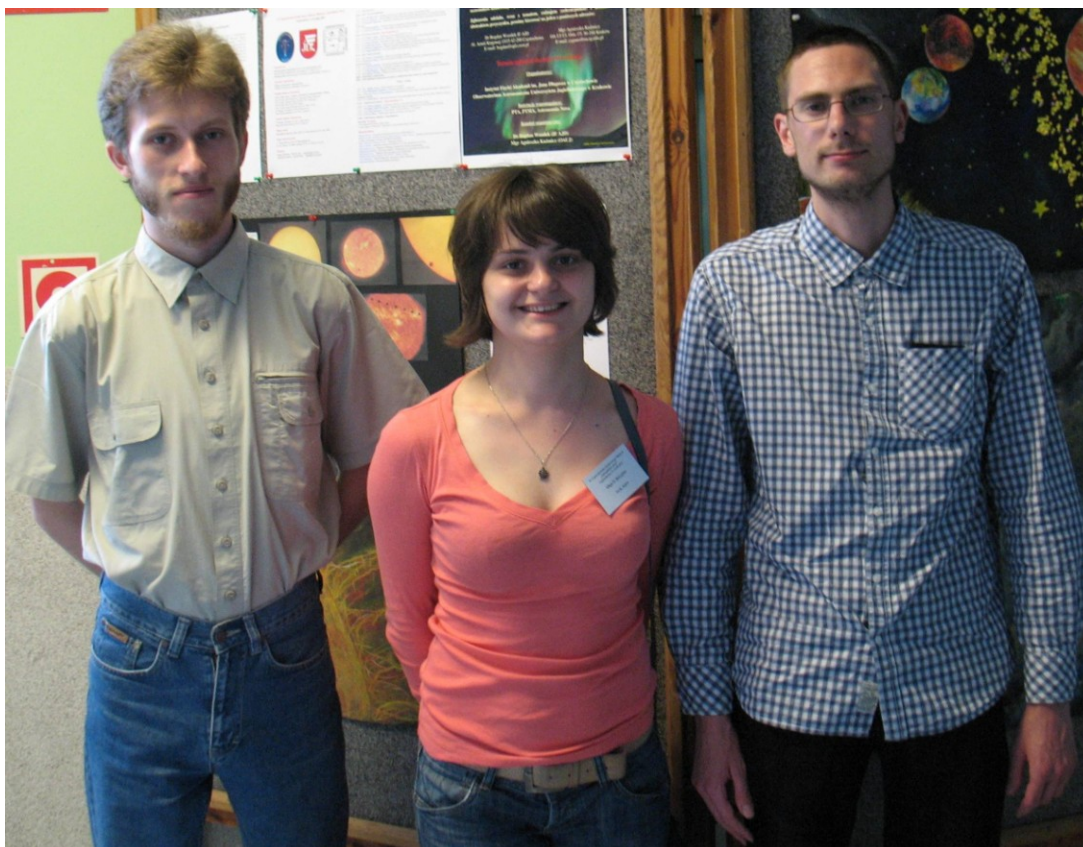
Kolmogorowa ($\alpha=4.4$). Gdy wartość DM rośnie, coraz więcej pulsarów zaczyna odbiegać od widma Kolmogorowa i w przypadku bardzo wysokich DM podążają za rozkładem fluktuacji Gaussa (uzyskując $\alpha=4.0$). Sądzymy, że te wahania wynikają z faktu przejścia sygnału od pulsara do obserwatora przez kilka ekranów rozpraszających w przestrzeni międzygwiazdowej, na których sygnał zostaje wielokrotnie rozproszony.

Bibliografia

- Kijak J., Lewandowski W., Bhattacharyya B., Gupta Y., 2011, APIC, 1357, 299
Lewandowski W., Dembska M., Kijak J., Kowalińska M., 2012, MNRAS
(wysłane do druku)
Löhmer O., Kramer M., Mitra D., Lorimer D. R., Lyne A. G., 2001, ApJ, 562,
L157



Piotr Flin i Henryk Brancewicz. (*archiwa Astronomii Novej*)



Od lewej: Vitalii Breus, Olga Botygina i Szymon Sikora. (*archiwa Astronomii Nowej*)



Od lewej: Bogdan Wszolek, Szymon Sikora, Agnieszka Kuźmicz i Piotr Flin.
(*archiwa Astronomii Nowej*)

Obserwacje pulsarów milisekundowych na 8.35 GHz

Magdalena Kowalińska¹, Jarosław Kijak¹, Olaf Maron¹, Axel Jessner²

¹ Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

²Max-Planck Institut für Radioastronomie, Bonn, Germany

Wstęp

Pulsary milisekundowe (MSP *ang. millisecond pulsars*) reprezentują grupę pulsarów charakteryzujących się impulsami przychodzącymi w krótkich odstępach czasu - od kilku do kilkudziesięciu milisekund. Pierwszy pulsar milisekundowy (PSR B1937+21) został odkryty w roku 1982 na częstotliwości 81 MHz. Od tego czasu obserwacje pulsarów milisekundowych były wykonywane w coraz to szerszym zakresie częstotliwości. Pozwoliło to wyznaczyć widma MSP (pierwsza grupa widm pulsarów została skatalogowana przez Foster i innych 1991). Na chwilę obecną tylko 10 % ze znanych pulsarów milisekundowych zostało zaobserwowanych na częstotliwości 5 GHz oraz tylko kilka na 8 GHz. Wydaje się, że mała liczba obserwacji MSP na wysokich częstotliwościach spowodowana jest nachyleniem ich widma. Nasze obserwacje pokazują jednak, że widma pulsarów milisekundowych nie różnią się znacząco od widm typowych pulsarów.

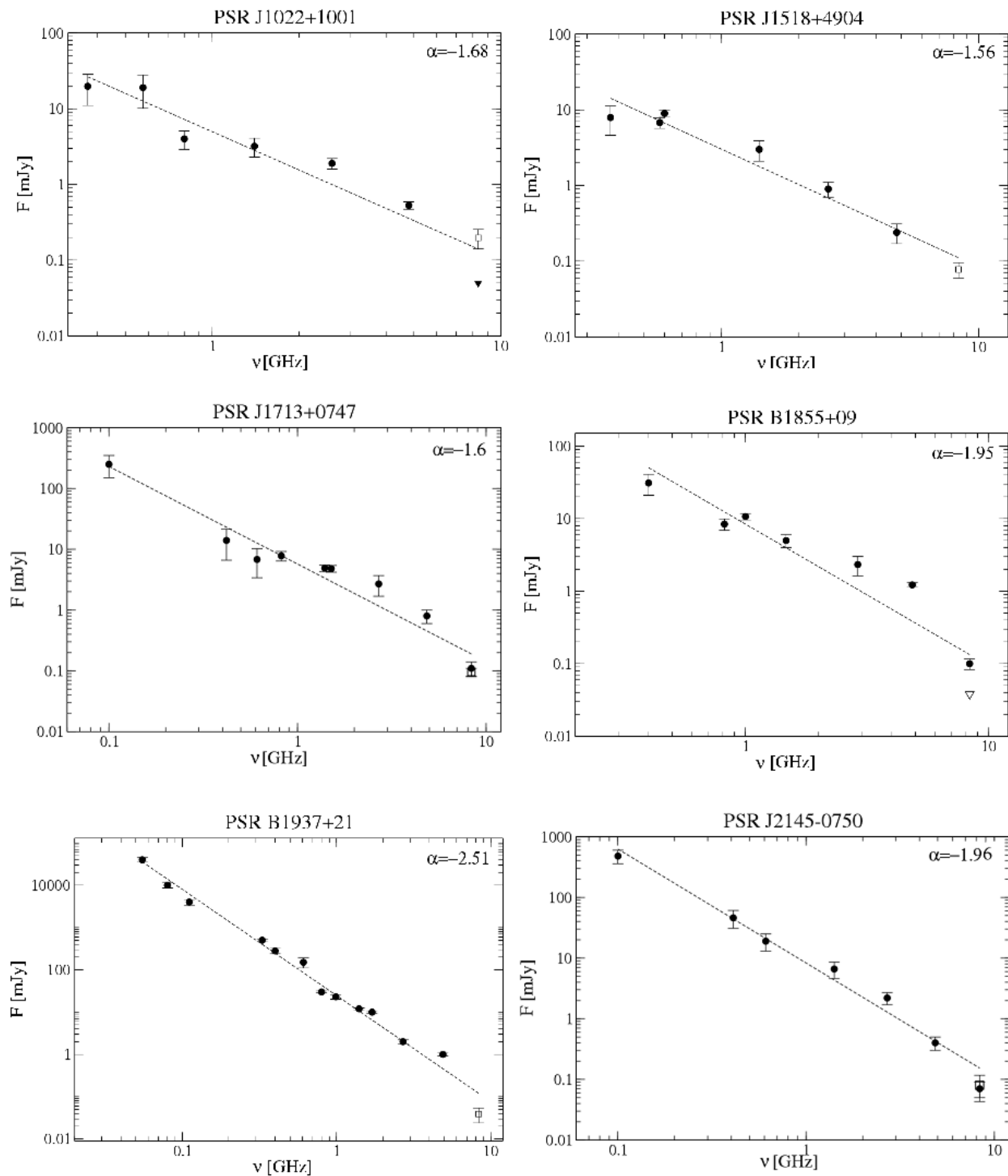
Obserwacje i wyniki

Nasze obserwacje zostały przeprowadzone przy użyciu 100-m radioteleskopu należącego do Instytutu Radioastronomii imienia Maxa-Plancka w Bonn. Obserwacje wykonano na częstotliwości 8.35 GHz.

W niniejszej pracy przedstawiamy wyniki obserwacji 10 pulsarów milisekundowych. Dla pięciu pulsarów zarejestrowaliśmy detekcję sygnału, dla pozostałych oszacowaliśmy górny limit detekcji. Średnia wartość strumienia energii dla zaobserwowanych pięciu MSP wynosi około 0.1 mJy. Na podstawie oszacowanych wartości średniej gęstości strumienia energii oraz opublikowanych danych na niższych częstotliwościach skonstruowaliśmy sześć widm pulsarów milisekundowych (Rysunek 1), a następnie dla tych pulsarów wyznaczyliśmy indeks spektralny α . Można zauważyć, że otrzymane wartości oscylują stosunkowo blisko średniej wartości indeksu spektralnego ($\alpha=-1.8$) dla MSP wyznaczonej przez Kramer i inni (1998).

Ponadto widać, że otrzymane α dla pulsarów milisekundowych nie różnią się od średniej wartości indeksu spektralnego normalnych pulsarów ($\alpha=-1.8$ Maron i in. 2000). Nasze obserwacje na wysokiej częstotliwości 8.35 GHz potwierdzają, że własności widm pulsarów milisekundowych są zbliżone do widm typowych pulsarów i są spójne z wynikami przedstawionymi w pracy Maron i inni (2004). Fakt ten może świadczyć o tym, że mechanizm

promieniowania pulsarów milisekundowych niewiele się różni od mechanizmu promieniowania pulsarów typowych.



Rys.1. Widma pulsarów milisekundowych. Wypełnione symbole: Kramer i inni (1999), Kuźmin i Losovsky (2001), Maron i inni (2004); niewypełnione symbole: kwadrat pokazuje wyniki naszych obserwacji na 8.35 GHz, trójkąt opisuje oszacowany górny limit detekcji. Symbol α oznacza wartość indeksu widmowego. Przerywana linia opisuje dopasowanie regresji potęgowej dla wartości punktów $\langle F \rangle$ przy użyciu zależności $F \sim \nu^\alpha$.

Bibliografia

- Foster R. S., Fairhead L., Backer D. C., 1991, ApJ, 378, 687
Kramer M., Lange C., Lorimer D. R., Backer D. C., Xilouris K. M., Jessner A.,
Wielebinski R., 1999, ApJ, 526, 957
Kramer M., Xilouris K. M., Lorimer D. R., Doroshenko O., Jessner A.,
Wielebinski R., Wolszczan A., Camilo F., 1998, ApJ, 501, 270
Kuźmin A. D., Losovsky B. Ya., 2001, A&A, 368, 230
Maron, O., Kijak, J., Kramer, M., Wielebinski, R., 2004, A&A, 413, L19



Mateusz Wróbel, Katarzyna Filipecka i Agnieszka Debudej. (*archiwa Astronomii Novej*)



Dmytro Rogozin. (archiwa Astronomii Novej)

Photometric Behavior of Five Long-Period Pulsating Stars

Larisa S. Kudashkina, Ivan L. Andronov, Lidia V. Grenishena

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

kuda2003@ukr.net, tt_ari@ukr.net

Abstract

The variation of average brightness during the time and the variation of the amplitude of the Mira-type stars T Cep, X CrB, U UMi, U Cyg, BG Cyg is studied. For the research, the observations of the members of the French association of observers of variable stars (AFOEV) covering almost 100 years are used.

All stars show cyclic variations of the specified parameters. For T Cep, U UMi and U Cyg, the values of quasi-period of the variations of average brightness are about 1400, 1025 and 1680 days, respectively. For the stars T Cep, U UMi and BG Cyg, the period of the brightness variations changes, but we used a mean one.

The dependences «average brightness - JD» and «amplitude - JD» are plotted. Results are discussed.

Key words

We have studied photometric behavior of five Mira-type stars (red giants of solar masses, AGB) on the basis of the own observations on negatives of the seven-camera astrograph of the Astronomical Observatory of the Odessa National University and on published observations of the French association of observers of variable stars (AFOEV).

For the time series analysis, we have used the software “Four” described by Andronov (1994) realizing trigonometric polynomial fit of statistically optimal degree with differential corrections to determine an optimal (for a given degree) value of the period. For determination of the dependence of the phase-averaged magnitude, we have used the method of “running sines” (see Chinanova 1998 for the first application). Reviews on used methods of time series analysis were presented by Andronov (2003, 2005). Recent our study of other stars was published by Kudashkina and Andronov (2010). The review on LPVs (Long-Period Variables) was presented e.g. by Kudashkina (2003).

For all stars, the basic photometric parameters have been calculated: the period P , amplitude, asymmetry of light curves. Also additional photometric parameters are calculated: amplitude of the first and second harmonics of mean light curve in stellar magnitudes (r_1 , r_2), the phase of the maximum of the amplitude for each harmonic (Φ_{max}) in respect to the maximum. The parameters of the slope of branches of the light curve are calculated: value of a slope of the ascending branch (incline) in the point of the greatest slope (m_i), similarly for a descending branch (m_d), phases of the greatest slope of branches, characteristic time of

increase (decrease) of brightness by 1 magnitude (t_i , t_d), where $t_i = dt/dm$ at corresponding phases. Results are listed in Table 1.

Table 1. The characteristics of the mean light curve of the Mira-type stars.

Star	T Cep	X CrB	U UMi	U Cyg	BG Cyg
P , d	389.47±0.07	241.1±0.1	325.9±0.1	465.49±0.03	288.1±0.2
Δm	1.72±0.04	4.33±0.02	2.63±0.02	2.95±0.02	2.3±0.1
Asymmetry, $M-m$	0.47±0.01	0.506±0.006	0.504±0.005	0.47±0.01	0.42±0.03
m_{max}	7.07±0.03	9.24±0.02	8.74±0.01	7.69±0.02	10.98±0.08
m_{min}	8.79±0.04	13.6±0.3	11.38±0.02	10.65±0.03	13.3±0.1
JD _{max} , 24.....	0.263±0.003	49244.9±0.5	42769.4±1.3	45466.8±2.1	
m_i	31.6±1.1	17.5±0.3	16.9±0.6	64.5±4.6	37.7±2.8
m_d	39.3±1.9	16.9±0.3	27.4±1.6	60.8±4.5	56.1±9.3
t_i	116±16	17.36±0.3	38.9±0.6	46±2	31±3
t_d	-83±8	-18.03±0.3	-39.7±0.6	-96±7	-60±12
r_1	0.82±0.02	2.16±0.06	1.3±0.04	1.39±0.04	1.11±0.06
r_2	0.06±0.02	0.13±0.01	0.11±0.01	0.12±0.01	0.17±0.06
$\Phi_{max}(r_1)$	0.263±0.003	0.065±0.005	0.441±0.002	-0.27±0.01	-0.43±0.01
$\Phi_{max}(r_2)$	0.11±0.05	0.15±0.02	0.37±0.01	-0.12±0.01	-0.08±0.06
N_h/N_m	0.60±0.28	0.37±0.24	0.42±0.25	0.23±0.48	-
Type	I	I	I	II	-
ρ_1	0.40±0.15	-0.1±0.23	0.98±0.15	0.84±0.13	-
ρ_1/σ_ρ	2.71	-0.4	6.53	6.35	-
ρ_2	-0.2±0.16	0.47±0.20	-0.6±0.24	-0.8±0.18	-
ρ_2/σ_ρ	-1.2	2.27	-2.6	-4.5	-

Parameters of the mean light curve for star BG Cyg have been determined on the observations on negatives of the seven-camera astrograph of the Astronomical Observatory of the Odessa National University. The interval of observations covers 11297 days (about 30 years). The phase light curves for all stars are shown on Fig. 1.

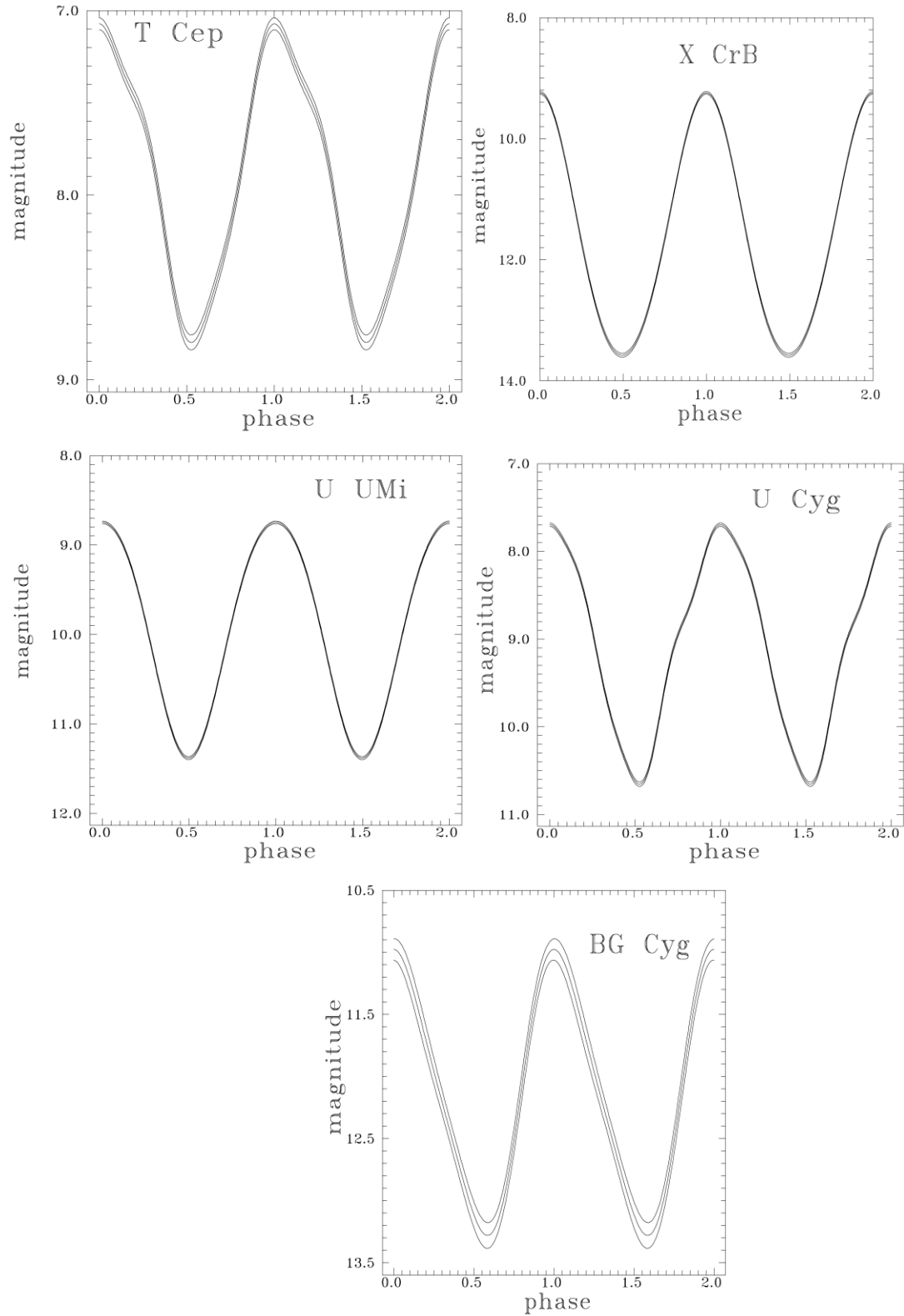


Fig1. The approximations of the phase light curves using the statistically optimal trigonometric polynomial fit and corresponding $\pm 1\sigma$ "error corridors". The parameters of the curves are given in Table 1.

The hump on an ascending branch is present at many long periodic variable stars. But it appears far not in each cycle. All investigated stars can be subdivided into two types: "Type I" contains stars which have a plenty of humps. Relative quantity of humps N_h/N_m for them, as a rule, more than 0,3. "Type II"

contain stars with small quantity of humps or steps and for them $N_h/N_m \leq 0.3$. Here N_h/N_m – the ratio of (observable) number of humps to (observable) number of maxima. Usually, the duration of a single hump is about 0.07 – 0.12 periods.

Also correlation coefficients between a phase of occurrence of a hump and duration of a hump (ρ_1) and between a phase of occurrence of a hump and average brightness of a hump (ρ_2) have been calculated. Possibly, presence or absence of correlation may be biased by selection effects (limiting amplitude of humps). However the tendency is observed that, for small amplitude stars, the duration of the hump is larger.

The time behavior of amplitude and average brightness was studied. The dependences are shown on Fig. 2-6.

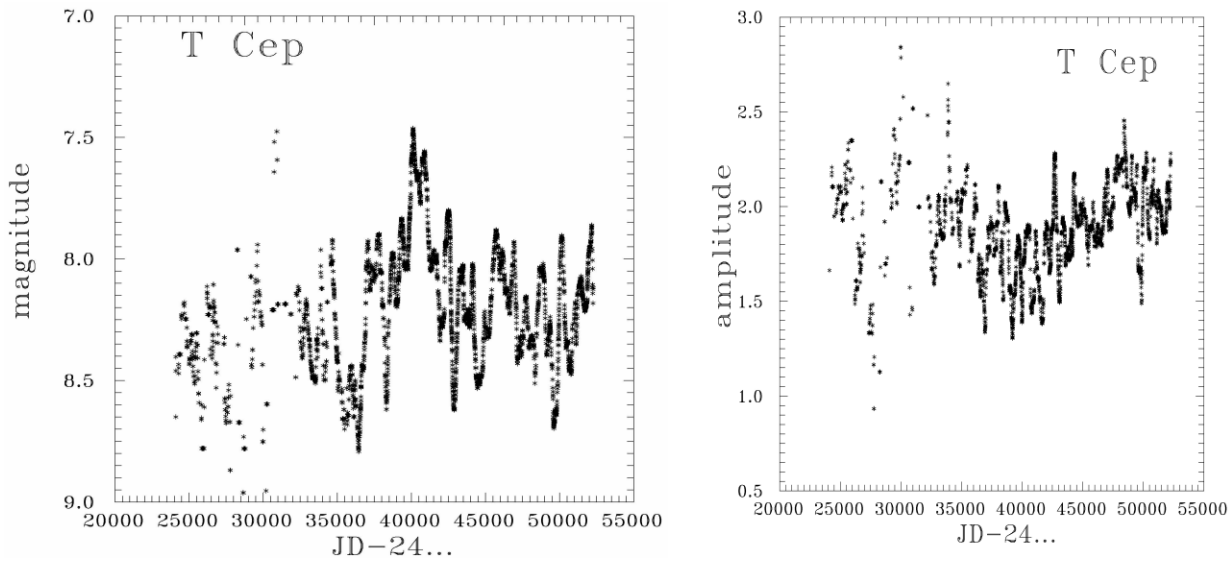


Fig.2. The average brightness changes with the cycle of about 1400 days.

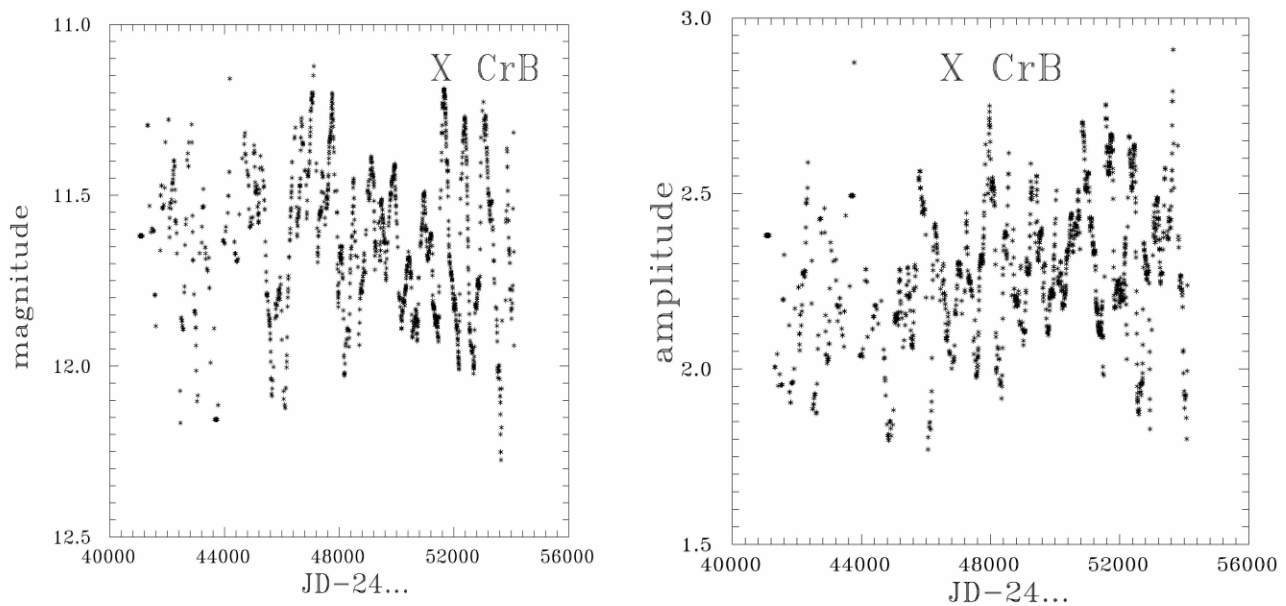


Fig.3. Value of a cycle of variations of average brightness and amplitude is not certain.

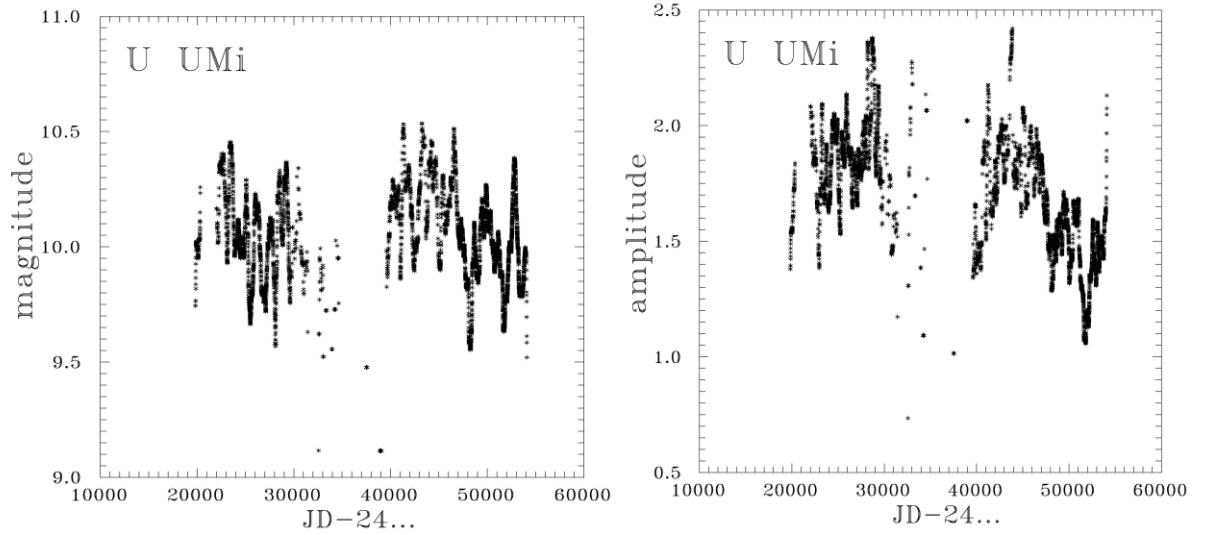


Fig. 4. The average brightness changes with the cycle of about 1025 days.

Most likely, variations of average brightness are caused by local processes in atmospheres and envelopes of stars and are not evolutionary. The same it is possible to tell about variations of amplitude. The shock wave from a radial stellar pulsation passes in layers with parameters changing by accidental image that is shown in chaotic or quasi-periodic variations of amplitude from a cycle to a cycle.

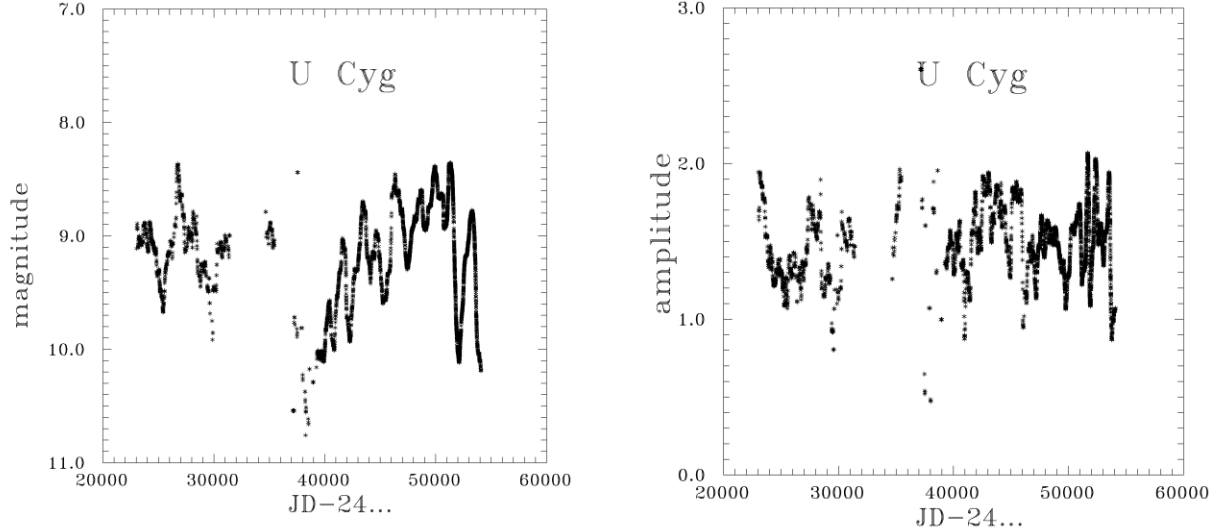


Fig.5. The average brightness changes with the cycle of about 1680 days.

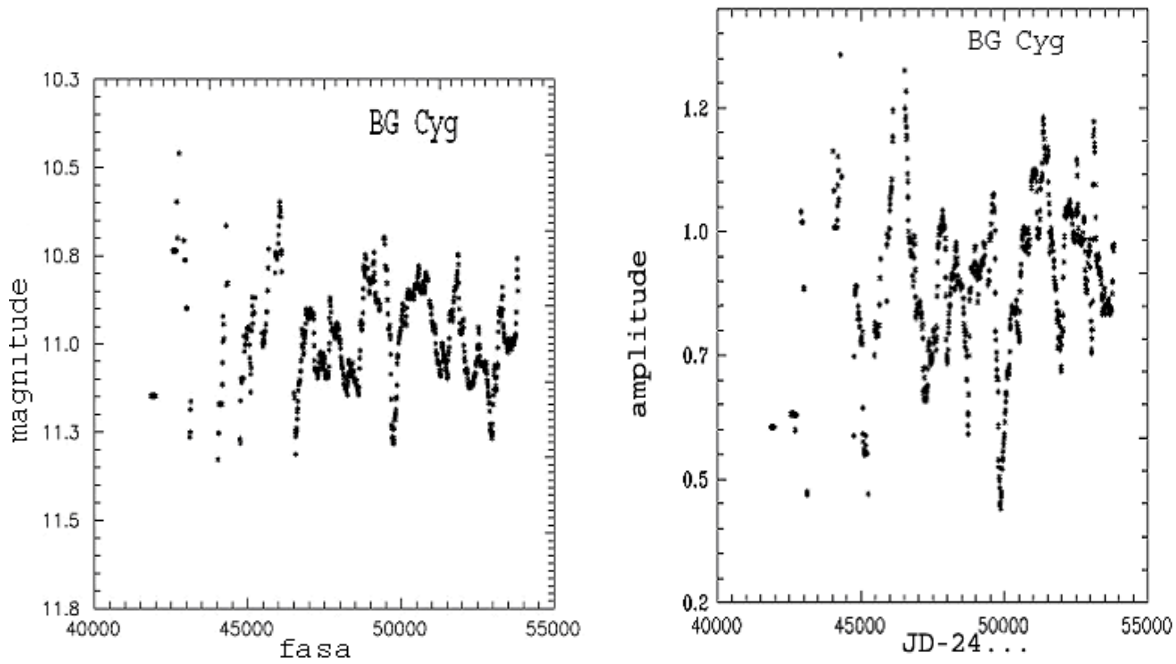


Fig.6. Value of a cycle of variations of average brightness and amplitude is not certain.

Acknowledgements

The study is based on the the AFOEF database (<http://cdsarc.u-strasbg.fr/afoev/>). This study is a part of the “Inter-Longitude Astronomy” (Andronov et al. 2010) and “Ukrainian Virtual Observatory” (Vavilova et al. 2012) projects. I.L.A. thanks Dr. Bogdan Wszolek for helpful discussions and hospitality during a stay in Częstochowa.

References

- Andronov I. L., 1994, OAP, 7, 49A
- Andronov I. L., 2003, ASPC, 292, 391A
- Andronov I. L., 2005, ASPC, 335, 37A
- Andronov I. L. et al., 2010, OAP, 23, 8A
- Chinarova L. L., 1998, vsr. conf., 37C
- Kudashkina L. S., 2003, KFNT, 19, 193K
- Kudashkina L. S., Andronov I. L.; 2010, OAP, 23, 65K
- Vavilova I. B. et al., 2012, KPCB, 28, 85V

Czarne dziury w centrach gigantycznych radiokwazarów

Agnieszka Kuźmicz

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytet Jagielloński
cygnus@oa.uj.edu.pl

Wstęp

Aktywne jądra galaktyk znajdują się w centralnych częściach galaktyk. Ich jasność jest dużo większa niż jasność nie aktywnych galaktyk gdzie większość emisji jest produkowana dzięki procesom gwiazdotwórczym. W AGN-ach emisja jest wynikiem termicznych procesów akrecji materii na supermasywną czarną dziurę. Pośród wszystkich galaktyk AGN-y stanowią szczególną klasę obiektów gdyż mogą być wykorzystane do badania wielu astrofizycznych procesów we Wszechświecie. Tylko 10% spośród wszystkich AGN-ów jest obiektami radiowo głośnymi (tzn. oprócz emisji w dziedzinie optycznej obserwuje się również silną emisję radiową), gdzie relatywistyczne wypływy cząstek w postaci tzw. dżetów radiowych propagują się najpierw przez ośrodek międzygwiazdowy galaktyki macierzystej a następnie przez ośrodek międzygalaktyczny co obserwujemy jako emisję w postaci łobów radiowych. Rozmiary takich struktur radiowych są różne. Sięgają od kilkudziesięciu parseków nawet do kilku megaparseków. Te obiekty, które mają największe rozmiary (powyżej 0.7 Mpc - przy założeniu wartości stałej Hubble'a $H=71 \text{ km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$) są nazywane gigantami radiowymi. Tym samym są to największe pojedyncze obiekty we Wszechświecie. Do tej pory znanych i rozpoznanych jako giganty jest zaledwie 230 obiektów, z których tylko 8% jest kwazarami. Giganty są bardzo pomocne przy badaniu wielu astrofizycznych problemów takich jak np. ewolucja radioźródeł, badaniu własności ośrodka międzygalaktycznego, natury centralnego aktywnego jądra galaktycznego oraz procesów w nim zachodzących. Do tej pory jednak nie jest do końca wyjaśnione dlaczego tak niewiele radioźródeł jest gigantami. Przypuszcza się, że wielkie rozmiary struktur radiowych są wynikiem specyficznych zewnętrznych uwarunkowań lub też wynikają z specyficznych własności samego jądra galaktycznego. Najczęściej rozważanymi i badanymi przyczynami powstawania gigantów są: duży wiek radioźródła, mała gęstość ośrodka, w którym giganty ewoluują, to, że w ich centrach znajdują się bardziej energetyczne jądra lub też giganty są radioźródłami, w których aktywność radiowa trwała bardzo długo, bądź też kilkukrotnie była wznawiana. Żaden z powyższych procesów sam w sobie nie jest wystarczający do tego aby w pełni wytłumaczyć przyczynę powstawania tak wielkich struktur radiowych.

Dane oraz obliczenia

Prowadzone przeze mnie badania są pierwszą próbą zbadania czy istnieje zależność pomiędzy powstawaniem gigantycznych struktur radiowych a własnościami aktywnego jądra. W tym celu skompletowana została próbka gigantycznych kwazarów (45 obiektów) oraz próbka kwazarów o mniejszych

rozmiarach struktur radiowych (49 obiektów) (Kuźmich i Jamroz 2012), dla których były dostępne widma optyczne w bazie danych SDSS DR7 oraz dane z przeglądów radiowych NVSS, oraz FIRST. Poprzez analizę widm zostały wyznaczone masy czarnych dziur znajdujące się w centrach aktywnych jąder oraz tempa akrecji materii na czarną dziurę. Do wyznaczenia mas czarnych dziur wykorzystana została poniższa relacja (Vestergaard i Osmer 2009),

$$M_{\text{BH}} M_{\text{gII}}(2798\text{\AA}) = 7.24 \cdot 10^6 \left(\frac{\lambda L_{\lambda}(3000\text{\AA})}{10^{44} \text{ergs}^{-1}} \right)^{0.5} \cdot \left(\frac{FWHM(M_{\text{gII}})}{1000 \text{km s}^{-1}} \right)^2 M_{\odot}$$

gdzie do wyznaczenia masy potrzebne są: szerokość połówkowa szerokiej linii emisyjnej np. MgII (FWHM), jak również monochromatyczna jasność kontinuum widma (λL_{λ}). Wykorzystując wyznaczone masy oraz monochromatyczną jasność zostały również policzone tempa akrecji w oparciu o związek:

$$\dot{m}(\lambda = 3000\text{\AA}) = L_{\text{bol}}/L_{\text{Edd}}$$

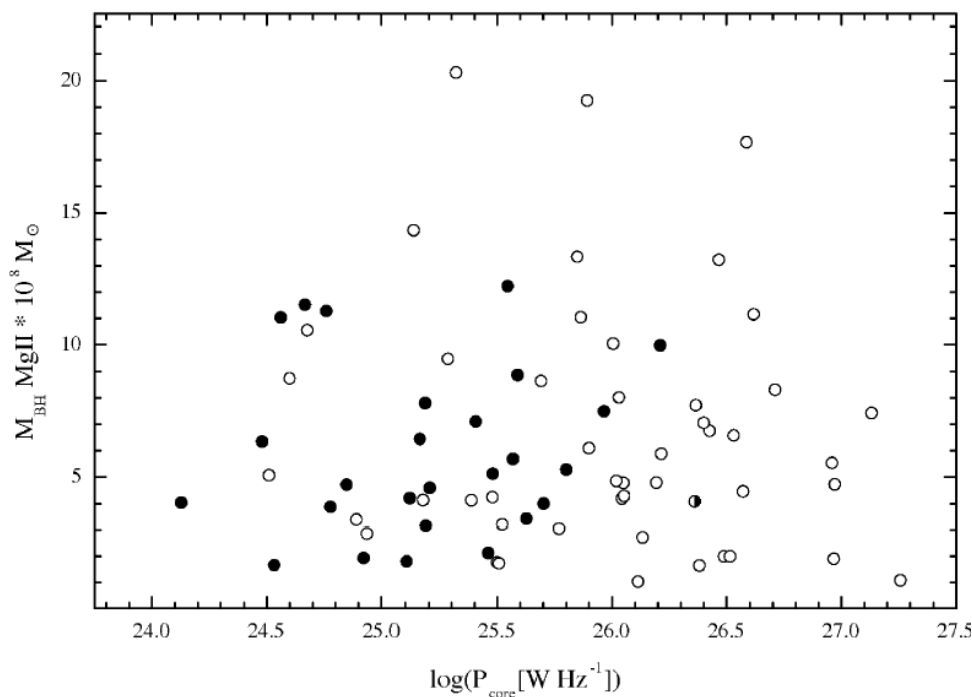
gdzie,

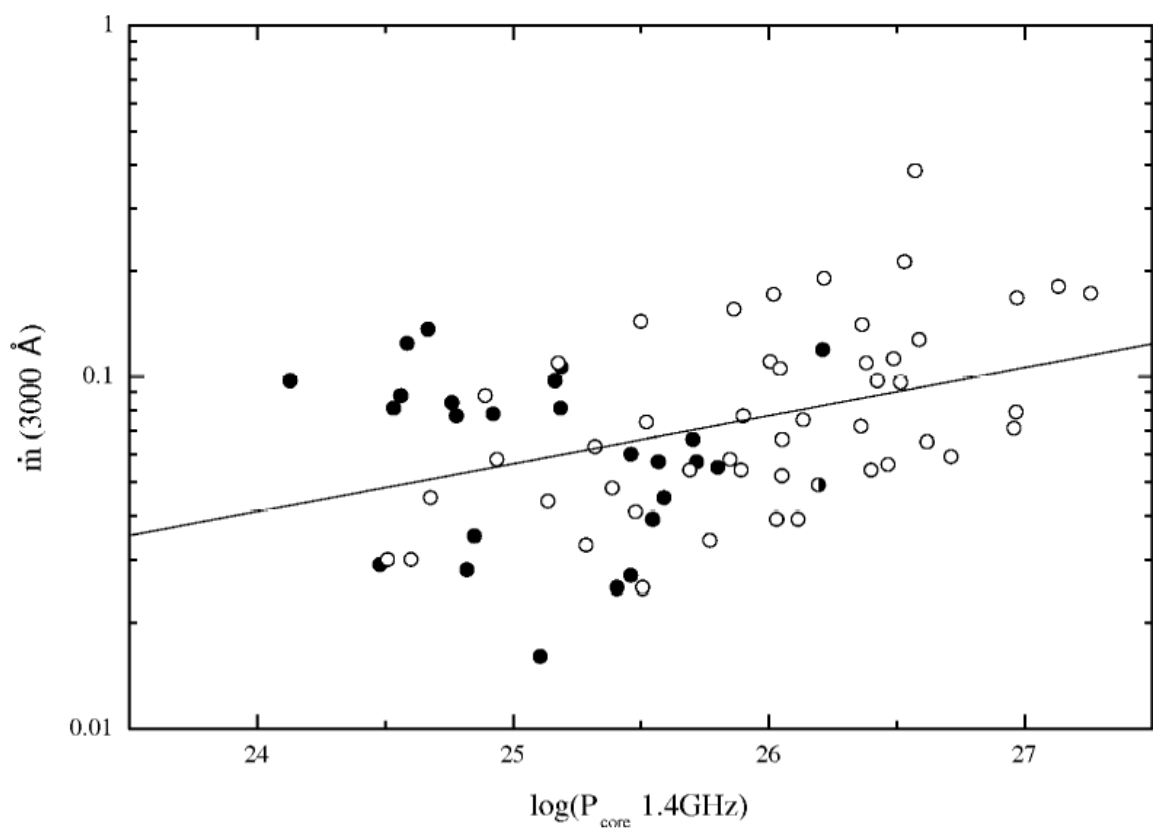
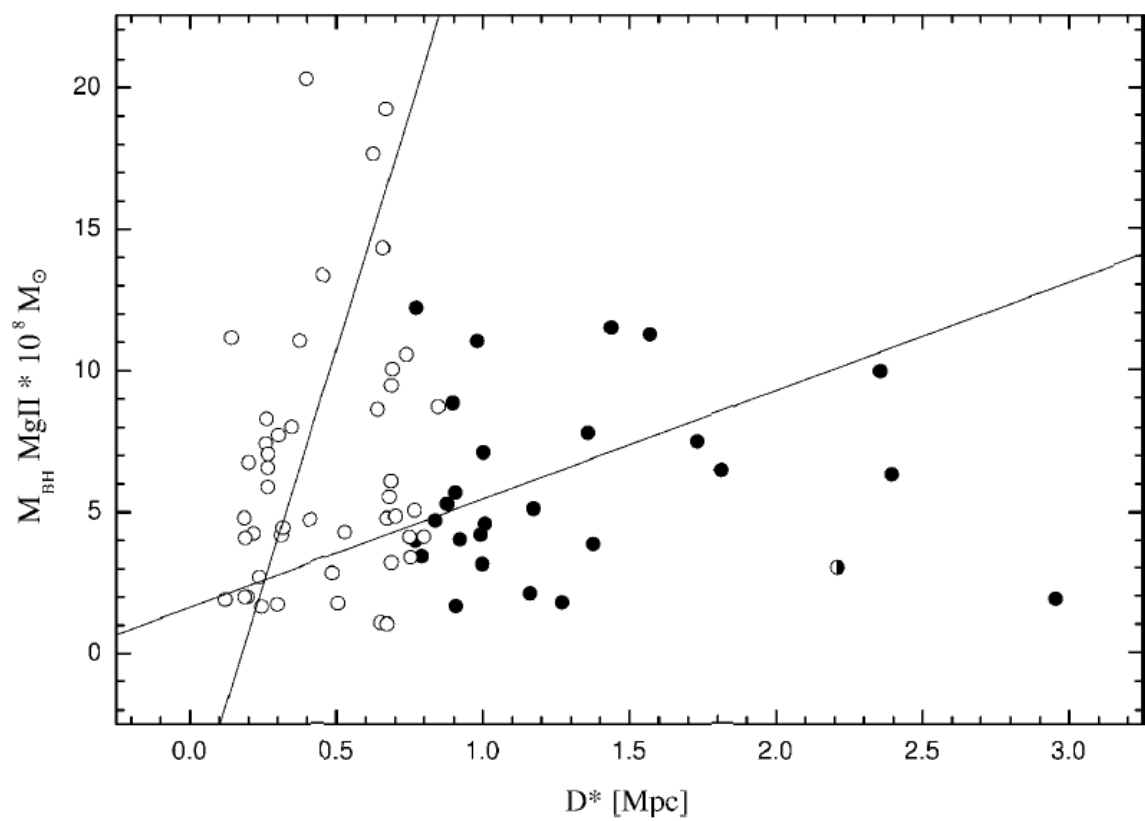
$$L_{\text{bol}} = 5.9 \lambda L_{\lambda}(3000\text{\AA}) \quad (\text{Metcalf i Magliocchetti 2006}),$$

$$L_{\text{Edd}} = 1.45 \cdot 10^{38} M_{\text{BH}} M_{\text{gII}}/M_{\odot} \text{ergs}^{-1} \quad (\text{Dietrich i in. 2009}).$$

Wyniki

W wyniku przeprowadzonych analiz zostały porównane parametry centralnego aktywnego jądra z parametrami struktury radiowej (z mocą radiową jądra P_{core} , rozmiarem struktury radiowej D^*). Na poniższych wykresach przedstawione zostały te zależności. Pełnymi kółkami zaznaczone są gigantyczne radiokwazary natomiast pustymi kółkami kwazary o mniejszych rozmiarach.





Z zamieszczonych wykresów widać, że nie ma korelacji pomiędzy mocą jądra a masą czarnej dziury. Co więcej masy czarnych dziur w gigantycznych radiokwazarach są porównywalne z masami w mniejszych radiowo obiektach. Na wykresie zależności tempa akrecji od mocy radiowej jądra widoczna jest korelacja, z której wynika, że im większa wartość tempa akrecji tym większa moc radiowa jądra. Przedstawiona korelacja jest dana zależnością:

$$\text{dm/dt}(3000\text{\AA})=0.138 \log(P_{\text{core}}) - 4.696$$

Powyższa zależność jest dosyć intuicyjna. Jeśli mamy do czynienia z szybszą akrecją materii na czarną dziurę w wyniku tego procesu produkowana jest większa ilość energii co może uzewnętrzniać się w ten sposób, że moc promieniowania radiowego z jądra jest większa. Jednak, jak do tej pory, nie jest do końca poznane to w jaki sposób procesy akrecji materii są związane z procesem emisji promieniowania w dziedzinie radiowej.

Ciekawa zależność widoczna jest na wykresie przedstawiającym relację pomiędzy masą czarnej dziury a rozmiarem struktury radiowej. Widać, że dla gigantycznych radiokwazarów relacja pomiędzy tymi dwoma wielkościami jest inna niż dla mniejszych radioźródeł, co może świadczyć o tym, że giganty różnią się od typowych aktywnych jąder bądź też reprezentują inną klasę obiektów. Niestety wyciąganie takich wniosków na podstawie tak małej próbki obiektów nie jest miarodajna i wymaga dalszych badań.

Podsumowując, przeprowadzone analizy nie wyjaśniają czy za gigantyczne rozmiary struktur radiowych gigantów odpowiedzialne są specyficzne własności jądra galaktycznego. Jednak prezentowane tutaj wyniki dają podstawę do tego by prowadzić badania w tym kierunku ulepszając metody badawcze oraz kompletując reprezentatywną próbkę obiektów z kompletem danych spektroskopowych oraz radiowych.

(Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/N/ST9/00726)

Bibliografia

- Dietrich M., Mathur S., Grupe D., Komossa S., 2009, ApJ, 696, 1998
Kuźmich A, Jamroz M., 2012, MNRAS, 426, 851
Metcalf R.,B., Magliocchetti M., 2006, MNRAS, 365, 101
Vestergaard M., Osmer P., 2009, ApJ, 699, 800

Parametr złożoności w pulsarach: wielka aktualizacja

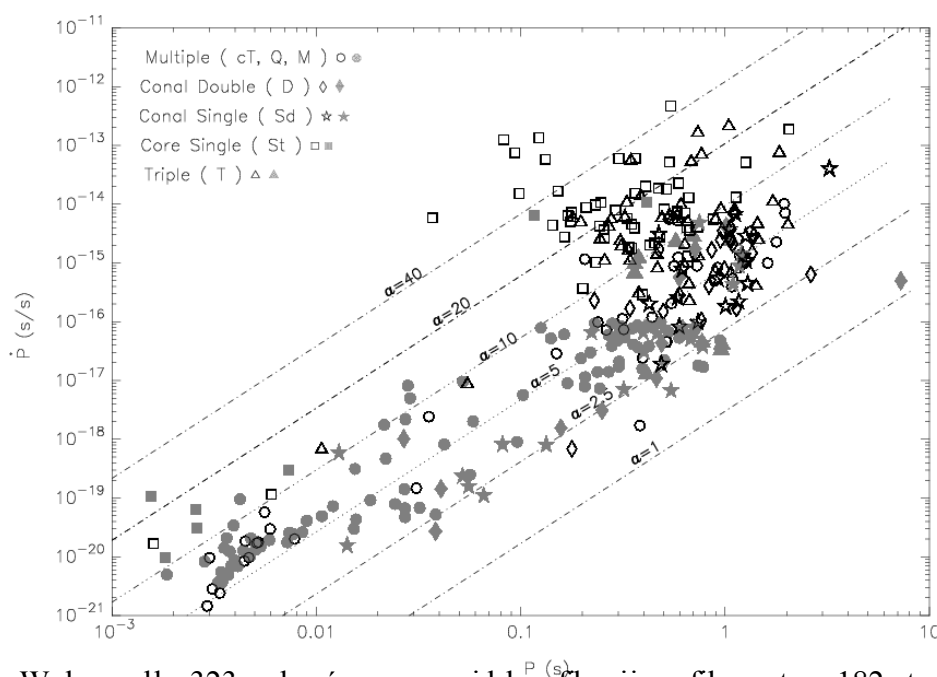
Anna Skrzypczak i Janusz Gil

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

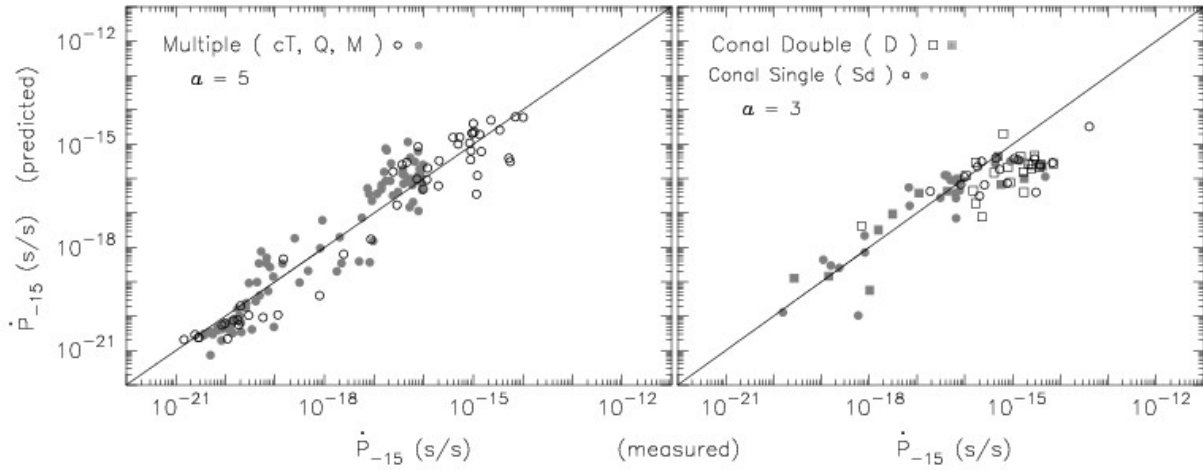
Gil i Sendyk (2000) wprowadzili naturalny „parametr złożoności” zdefiniowany jako stosunek wysokości przerwy do wielkości czapy polarnej twierdząc, że ilość ta powinna opisać złożoność profili pulsarów. Rzeczywiście, zostało wykazane, że w 182 pulsarach o znanej klasyfikacji profilu począwszy od 2000 roku parametr złożoności jest skorelowany z morfologią profilu, z profilem pojedynczym osiowym o najwyższej wartości tego parametru, a następnie z profilem potrójnym, wielokrotnym oraz pojedynczym stożkowym. Poniżej prezentujemy wielką aktualizację tych wyników, dodając 141 pulsarów, których profile i informacje dotyczące klasyfikacji zostały opublikowane po roku 2000. Korelacje znalezione przez Gil i Sendyk (2000) nadal są wyraźnie obecne w nowej, rozszerzonej bazie.

Zakładając, że wysokość przerwy jest równa rozmiarowi iskry, Gil i Sendyk (2000) zdefiniowali parametr złożoności w następującej postaci:

$$a = r_p/h = 5 \times \dot{P}_{-15}^{2/7} P^{-9/14}, \quad (1)$$



Rys.1. Wykres dla 323 pulsarów o znanej klasyfikacji profilu, w tym 182 starych przypadków z Gil i Sendyk (2000). Przedstawione zostało sześć linii stałej wartości parametru a , o nachyleniu 2.25 (równanie 2).



Rys.2. Porównanie przewidywanych wartości (z równania 2) ze zmierzonymi wartościami pochodnej okresu.

gdzie P to okres pulsara w sekundach, $\dot{P}_{-15}$ jest pochodną okresu w jednostkach 10^{-15} s/s, r_p jest dipolowym promieniem czapy polarnej, a h jest wysokością przerwy polarnej Ruderman i Sutherland (1975). Wkład powierzchniowego niedipolowego pola magnetycznego o sile $B_s = bB_d$, oraz promień krzywizny $R_6 < 1$ (w jednostkach 10^6 cm) zostały uwzględnione przez warunek $b^{1/14}(R_6)^{-2/7} \approx 2$ (szczegóły w Gil i Sendyk 2000). Rysunek 1 przedstawia ulepszoną wersję Rysunku 6 z pracy Gil i Sendyk (2000). Różne kolory dla różnych klas profili zostały zastąpione przez różne symbole geometryczne. Nowe pulsary są zaznaczone szarymi symbolami. Widać, że ten sam wzorec został zastosowany dla otwartych symboli.

Przekształcając równanie 1 otrzymujemy przewidywaną pochodną okresu jako funkcję okresu P i parametru złożoności a

$$\dot{P}^{-15} \approx 3 \times 10^{-3} a^{3.5} P^{2.25}, \quad (2)$$

Wartość parametru złożoności a może być określona na podstawie przypuszczalnej liczby stożkowej emisji pierścieni $n = \text{Int}[(a - 1)/2]$ [1,2]. Rzeczywiście, jak twierdzi Gil i Sendyk (2000) $a = 5$ ($n = 2$) dla profili wielokrotnych (cT = potrójne stożkowe, Q = poczwórne, M = wielokrotne) i $a = 3$ ($n = 1$) dla profili D = podwójne stożkowe i dla profili Sd = pojedyncze stożkowe. Rysunek 2 przedstawia wykres porównania przewidywanych wartości liczonych z równania 2 do zmierzonych wartości pochodnej okresu, które zostały zaczerpnięte z bazy danych ATNF. Obliczenia przeprowadzono dla profili wielokrotnych (panel po lewej) dla $a = 5$, profili podwójnych stożkowych i pojedynczych stożkowych (panel po prawej), dla $a = 3$. Nowe (szary) i stare (otwarte) symbole leżą wzdłuż tej samej linii korelacji.

To intrygujące, dlaczego parametr złożoności opiera się na błędnej fizyce pulsara [3] nadal wykazując wyraźne korelacje morfologiczne. Byłoby pożądane, aby uzyskać nową funkcjonalną formę $a = r_p/h$ w częściowo

ekranowanym modelu przerwy polarnej [4], która jest alternatywą dla modelu próżniowej przerwy polarnej.

Bibliografia

- [1] Gil J., Sendyk M., 2000, ApJ, 541, 351
- [2] Rankin J. M., 1983, ApJ, 274, 333
- [3] Ruderman M. A., Sutherland P. G., 1975, ApJ, 196, 51
- [4] Gil J., Melikidze G. I., Geppert U., 2003, A&A, 407, 315



Bożena Czerny, Agnieszka Kuźmich i Jan Major. (*archiwum Astronomii Novej*)



Opis ruchu zwartych obiektów halo Drogi Mlecznej i szczególna rola więzów w przestrzeni fazowej

Szymon Sikora

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Wstęp

W standardowym modelu galaktyk spiralnych, takich jak nasza Galaktyka, dominującym składnikiem materii jest sferycznie symetryczne halo ciemnej materii. Jest to nieznana jeszcze, hipotetyczna forma materii o niezwykłych właściwościach. Ponieważ możliwy do zaobserwowania jest jedynie jej pośredni, grawitacyjny wpływ na dynamikę Galaktyki, jej pozagrawitacyjne oddziaływanie ze zwykłą materią musi być niezwykle słabe. Metodologiczna zasada tzw. brzytwy Ockhama nakazuje poszukiwać wyjaśnienia obserwacyjnych faktów w sposób możliwie najprostszy, bez wprowadzania zbędnych bytów. W badaniu dynamiki Galaktyki nie może więc zabraknąć pytania, czy halo ciemnej materii jest niezbędnie konieczne do wyjaśnienia obserwacyjnych faktów, czy też możliwy jest taki sposób opisu, który odwołuje się jedynie do znanych form materii i znanych praw fizyki? Mając do dyspozycji różnorodne obserwacje, warto także rozróżnić, które z nich mogą bezpośrednio świadczyć za ewentualnym istnieniem halo ciemnej materii, a które jedynie nie zaprzeczają jego istnieniu, przyjmowanemu na podstawie innych argumentów. Przykładowo płaski kształt krzywej rotacji nie jest sam w sobie dostatecznym argumentem za istnieniem halo ciemnej materii, gdyż płaskie krzywe rotacji są charakterystyczne dla niektórych dyskowych rozkładów materii [1].

W tym artykule skupimy się na obserwacjach zwartych obiektów halo Galaktycznego, którymi są gwiazdy, gromady gwiazd i małe galaktyki satelitarne Drogi Mlecznej, znajdujące się w odległościach od kilku do około 200 kpc od centrum Galaktyki. Ruch tych obiektów jest zdeterminowany przez potencjał grawitacyjny na dużych odległościach od centrum Drogi Mlecznej, gdzie przyczynek do potencjału pochodzący od zwykłej materii barionowej może być przybliżony poprzez potencjał masy punktowej. Dla każdego obiektu znana jest odległość r oraz prędkość radialna v_r . Obiekty znajdujące się w podobnej odległości często różnią się prędkościami v_r , dlatego niezbędne jest wykorzystanie metod statystycznych. Wśród wielu prac w tej dziedzinie należy wyróżnić artykuł [2], który rozpropagował wykorzystanie dyspersji prędkości radialnej, zdefiniowanej jako średnia $\langle q \rangle = \frac{\langle r v_r^2 \rangle}{G}$. Ponieważ jednak udział prędkości radialnej w całkowitej prędkości nie jest znany, często przyjmowane są dodatkowe założenia dotyczące przestrzennego rozkładu orbit, polegające na przyjęciu średniego mimośrodów orbit $\langle e \rangle$ albo parametru $\beta = 1 - \frac{\langle v_\theta^2 \rangle + \langle v_\phi^2 \rangle}{2\langle v_r^2 \rangle}$ w postaci zadanej funkcji analitycznej z pewnymi wolnymi parametrami, a najczęściej w postaci funkcji stałej. Aby pokazać związek takiego założenia

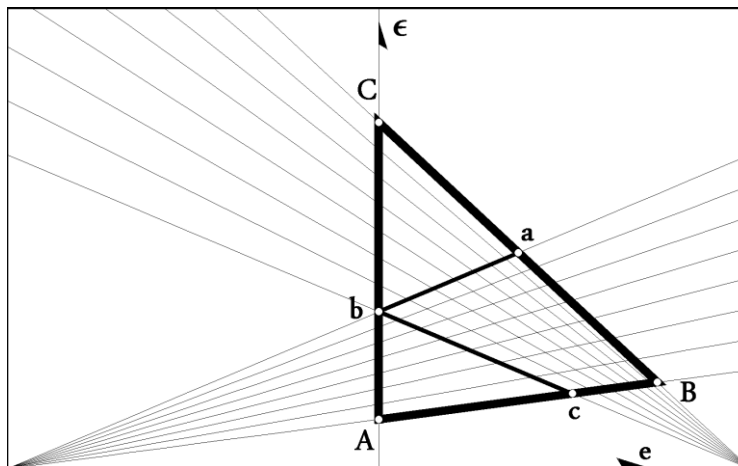
z więzami w przestrzeni fazowej wprowadzimy parametryzację przestrzeni fazowej zaproponowaną przez Bratka [3].

Model zespołu orbit keplerowskich

Każda orbita w badanym problemie jest elipsą scharakteryzowaną przez mimośród e bezwymiarowy parametr energii $\varepsilon = -(energia * parametr_skali) / (GM)$ oraz trzy kąty Eulera opisujące jej orientację w przestrzeni. Zakładając sferycznie symetryczne rozmieszczenie orbit (możliwość wycałkowania po kątach) całkę w przestrzeni fazowej można zapisać w postaci:

$$\int f(\vec{r}, \vec{v}) d^3 r d^3 v \propto \int_{u_{min}}^{u_{max}} du v_u[f], \text{ gdzie } v_u[f] = \int_{S(u)} de d\varepsilon \frac{ef(e, \varepsilon)}{\sqrt{\varepsilon(\varepsilon - \frac{1-e^2}{2u})(\frac{1+e}{2u} - \varepsilon)}}$$

Przyjmujemy u jako bezwymiarowy promień (czyli $r = u * parametr_skali$) oraz zakładamy, że wszystkie orbity są zawarte w przedziale (u_{min}, u_{max}) . Zależny od u obszar całkowania $S(u)$ mieści się zawsze wewnątrz pewnego trójkąta na płaszczyźnie (e, ε) , określonego przez parametry (u_{min}, u_{max}) (Rys.1).



Rys.1. Poglądowe przedstawienie obszaru całkowania. Wierzchołkami trójkąta ograniczającego obszar całkowania są punkty: $A\left(0, \frac{1}{2u_{max}}\right)$, $B\left(\frac{u_{max} - u_{min}}{u_{max} + u_{min}}, \frac{1}{u_{max} + u_{min}}\right)$,

$C\left(0, \frac{1}{2u_{min}}\right)$. Zależny od promienia obszar całkowania $S(u)$ jest czworobokiem o wierzchołkach B , $a\left(\frac{u - u_{min}}{u + u_{min}}, \frac{1}{u + u_{min}}\right)$, $b\left(0, \frac{1}{2u}\right)$, $c\left(\frac{u_{max} - u}{u_{max} + u}, \frac{1}{u_{max} + u}\right)$.

Wyrażenie $v_u[f]$ pozwala zdefiniować średnią dowolnej wielkości fizycznej g obliczoną na sferze o promieniu u :

$$\langle g \rangle = \frac{v_u[fg]}{v_u[f]}$$

W oparciu o powyższy formalizm matematyczny można stwierdzić, że żądanie, aby średni mimośród $g \equiv e$ albo parametr beta $g \equiv \beta$ były zadane z góry ustaloną analityczną funkcją, wprowadza w sposób niejawną więzy w przestrzeni fazowej. Dzieje się tak ponieważ obliczenie wartości średniej dowolnej

wielkości fizycznej jest bezpośrednio związane z funkcją rozkładu $f(e, \epsilon)$. W sytuacji, gdy odpowiednie wartości średnie mają być opisane zadanymi z góry funkcjami, nie każda funkcja rozkładu $f(e, \epsilon)$ jest dozwolona. W takiej, ograniczonej przestrzeni fazowej nie udaje się zazwyczaj znaleźć rozwiązania zgodnego z małą masą Galaktyki, co jest traktowane jako argument na rzecz istnienia halo ciemnej materii [4] (uwzględniając halo ciemnej materii należy w miejsce potencjału masy punktowej przyjąć bardziej ogólny potencjał, co nie zmienia podanej konkluzji).

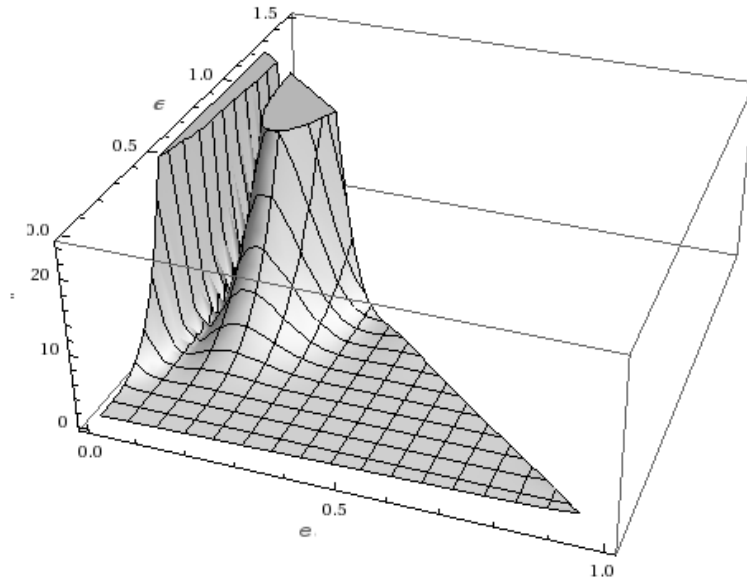
Przedstawimy teraz szkic metody poszukiwania funkcji rozkładu $f(e, \epsilon)$ wyłącznie na podstawie dyspersji prędkości radialnej (która jest znana z obserwacji), bez narzucania dodatkowych więzów na przestrzeń fazową. Ponieważ gęstość prawdopodobieństwa musi być wielkością dodatnią posłużymy się pomocniczą funkcją: $f(e, \epsilon) = h^2(e, \epsilon)$, dla której zastosujemy rozwinięcie w szereg wielomianów ortogonalnych (do piątego rzędu ze względów numerycznych):

$$h(e, \epsilon) = \sum_{i,k} h_{i,k} P_i(2e-1) L_k(\epsilon)$$

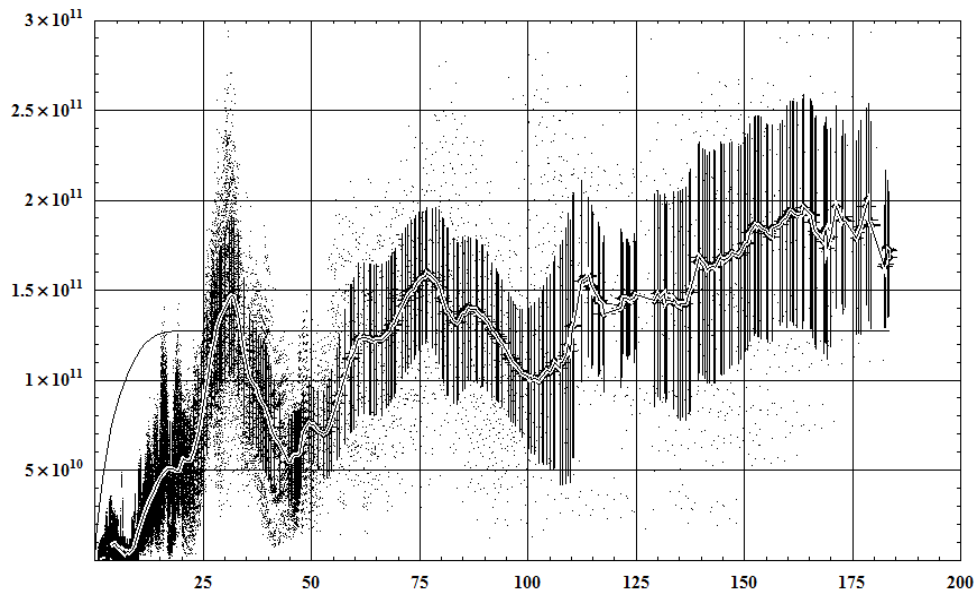
Część związaną z mimośrodem rozwijamy w szereg wielomianów Legendre'a przesuniętych na odcinek $e \in (0,1)$, natomiast część związaną z parametrem energii przedstawiamy za pomocą wielomianów Laguerre'a. Okazuje się, że minimalizując odstępstwo średniej wielkości $g \equiv \frac{rv_r^2}{G}$ od zmierzonej dyspersji prędkości radialnej można wyznaczyć współczynniki tego rozwinięcia (wyznaczona w ten sposób funkcja rozkładu jest przedstawiona na rysunku 2). Masa $M = (2.35 \pm 0.3) \times 10^{11} M_\odot$ została wyznaczona także jako parametr przy powyższej minimalizacji. Jest to mała wartość, konsystentna z ilością znanej materii świecącej w Galaktyce.

Podsumowanie

Naszkicowana metoda poszukiwania funkcji rozkładu w przestrzeni fazowej umożliwia znalezienie takiej funkcji zgodnej z małą masą Galaktyki. Wprowadzony formalizm matematyczny sugeruje, że wcześniejsze oszacowania wskazujące na dużą masę Galaktyki mogą mieć związek z poszukiwaniem rozwiązania w zawężonej przestrzeni fazowej. Ponieważ jednak znalezienie funkcji rozkładu zgodnej z małą masą jest możliwe, ruch zwartych obiektów halo nie jest argumentem, który miałby bezpośrednio wskazywać na konieczność istnienia ciężkiego halo ciemnej materii.



Rys.2. Funkcja rozkładu prawdopodobieństwa w przestrzeni fazowej $f(e, \epsilon)$ znaleziona za pomocą metody opisanej w tekście. Za pomocą tej funkcji można odtworzyć obserwowaną dyspersję prędkości radialnej obiektów halo dla małej masy Galaktyki $M = (2.35 \pm 0.3) \times 10^{11} M_{\odot}$.



Rys.3. Gruba ciągła krzywa - wyznaczona na podstawie obserwacji dyspersja prędkości radialnej [w jednostkach masy Słońca] w zależności odległości od centrum Drogi Mlecznej [w kpc]. Słupki błędów oznaczają odchylenie standardowe obliczonej średniej. Dokładny opis próbki oraz metody uśredniania znajduje się w pracy [3].

Bibliografia

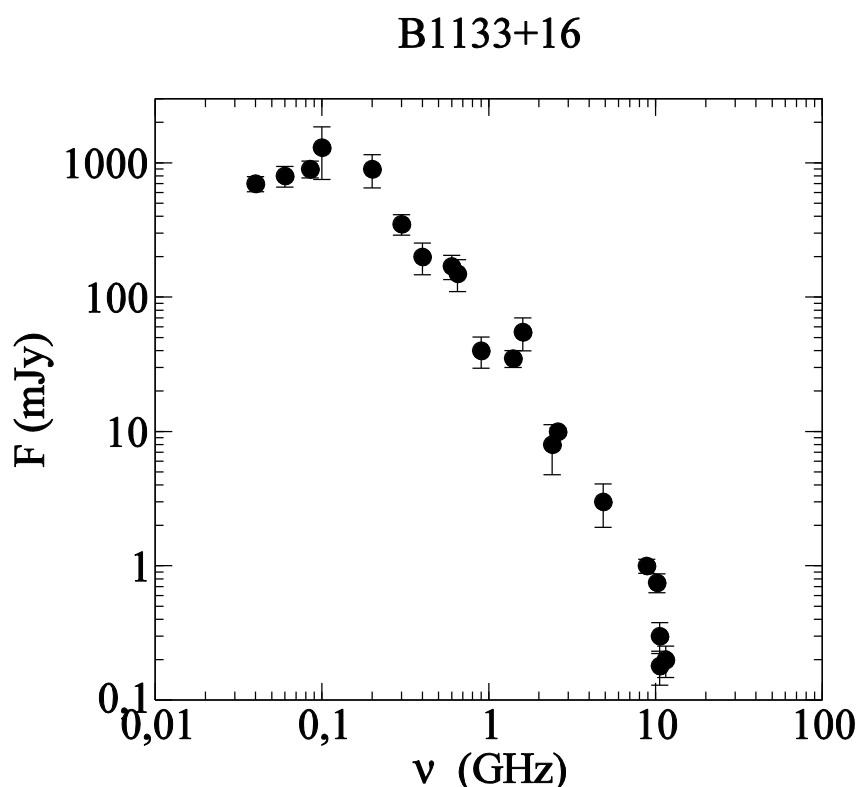
- [1] Bratek Ł., Jałocha J., Kutschera M., 2008, MNRAS, 391, 1373
- [2] J. N. Bahcall, S. Tremaine, 1981, ApJ, 244, 805
- [3] Bratek Ł., Jałocha J., Sikora S., Kutschera M., 2011, arXiv:1108.1629v2
- [4] G. Battaglia et al., 2005, MNRAS, 364, 4

Pulsary z maksimum energii w widmie na częstotliwości powyżej 1 GHz – widma typu GPS

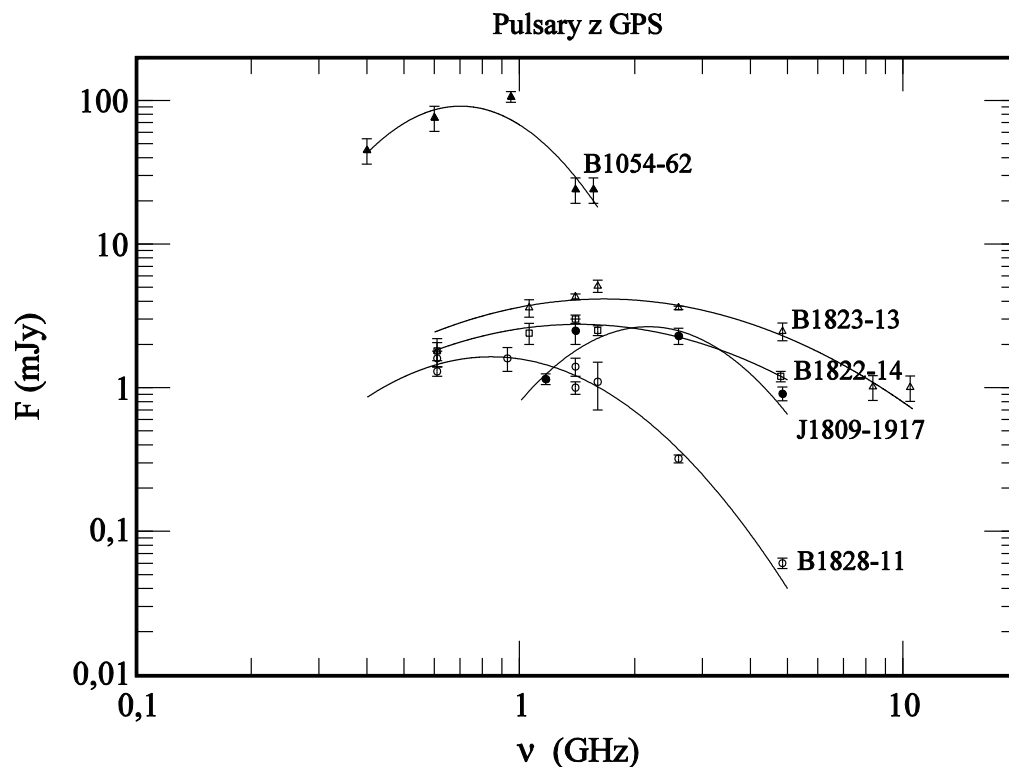
Tarczewski Łukasz, Kijak Jarosław, Lewandowski Wojciech

Instytut Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego

Większość pulsarów radiowych wydaje się mieć proste widma potęgowe ($F \sim \nu^\alpha$) ze średnim indeksem spektralnym -1.8 (Maron i inni 2000). Istnieją jednak wyjątki z płaskim widmem lub z tzw. efektem turn-over w widmie pulsara (Rys. 1). Źródła te mają maksimum energii w widmie na częstotliwości poniżej kilkuset MHz (Sieber 1973). Ostatnio Kijak i inni (2011) wykazali istnienie nowego typu widm pulsarów radiowych. Widma te pokazują maksimum gęstości strumienia energii na częstotliwości powyżej 1 GHz (Rys.2). Na niskich częstotliwościach widoczny jest tutaj dodatni indeks spektralny. Obiekty takie nazwano GPS, czyli z ang. Gigahertz-Peaked Spectra. Wydaje się, że istnienie tego typu widma może się wiązać ze specyficznym otoczeniem gwiazd neutronowych (mgławice pulsarowe lub regiony HII zjonizowanego wodoru).



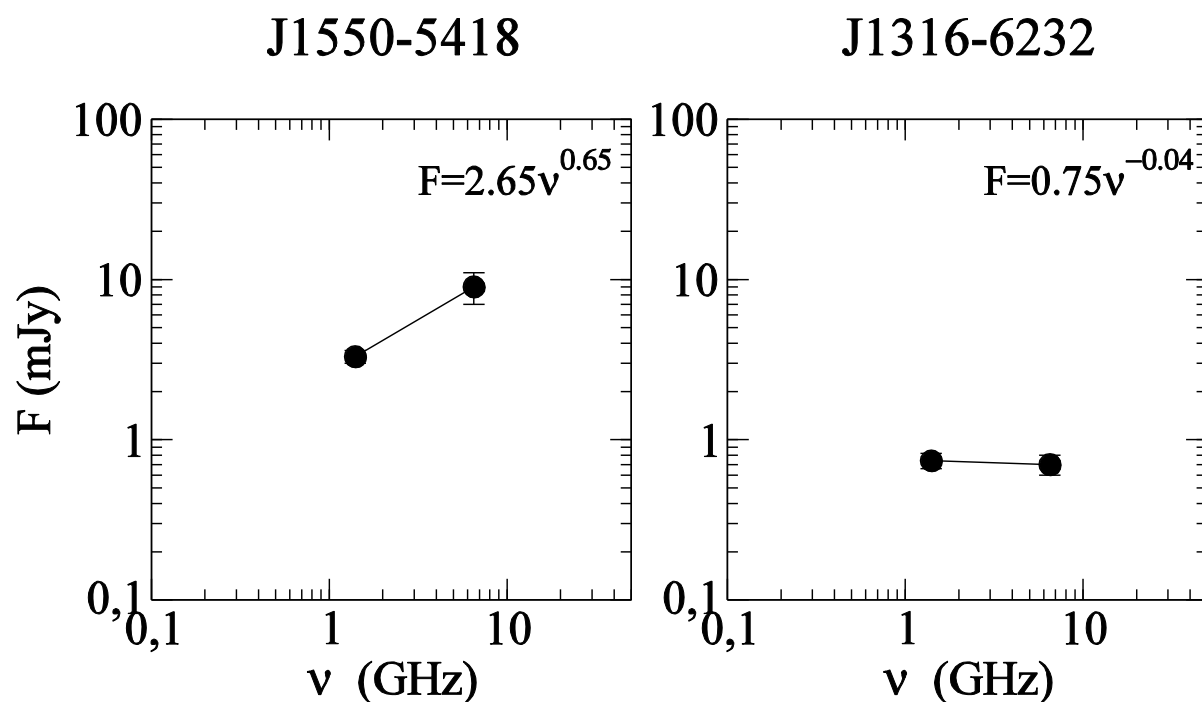
Rys.1. Przykład typowego widma z turn-over na niskich częstotliwościach.



Rys.2. Widma pięciu znanych pulsarów typu GPS (źródło: Kijak i inni 2011b).

Widma pulsarów radiowych są nadal słabo zbadane, większość z nich zawiera tylko kilka pomiarów gęstości strumienia energii i zazwyczaj tylko na kilku częstotliwościach. Dotychczas znany tylko pięć pulsarów, które posiadają widma typu GPS. Wydaje się, że pięć z około 2000 znanych na dziś pulsarów jest małą próbką, nie wartą dalszych badań. Uważamy jednak, że jest inaczej. Głównym powodem jest to, że dobrze znane widma zaledwie około 300 pulsarów, a reszta z nich nie posiada wartości pomiarów gęstości strumienia energii na niskich częstotliwościach, gdzie widmo pulsara może wykazywać dodatni indeks spektralny. Wierzmy, że nawet wśród dobrze nam znanych 300 widm mogą znajdować się GPSy, nie mówiąc już o całej populacji pulsarów radiowych. Kijak i inni (2011) wykazali, że w rzeczywistości widma wyglądające jak płaskie po dodaniu kilku nowych punktów w widmie mogą przekształcić się w widmo typu GPS. Zdecydowaliśmy się szukać kandydatów na widma typu GPS w dostępnych bazach danych (głównie ATNF) oraz nowych publikacjach, które zawierają pomiary gęstości strumienia energii (np. Bates i inni 2011a). W rezultacie otrzymaliśmy listę 22 pulsarów – kandydatów na widma typu GPS. Tacy kandydaci muszą mieć małą ilość punktów pomiarowych (w większości dwie lub trzy częstotliwości), zazwyczaj bez pomiarów na niskich częstotliwościach (Rys. 3). Sprawdzamy głównie widma pulsarów które wydają się mieć płaskie widma. Mamy nadzieję, że po dodaniu nowych punktów pomiarowych okażą się one widmami typu GPS.

Przyszłe obserwacje na częstotliwościach pomiędzy 600, a 900 MHz są bardzo ważne przy poszukiwaniu widm typu GPS.



Rys.3. Przykłady kandydatów na pulsary typu GPS.

Bibliografia

- Bates S. D., Johnston S., Lorimer D. R. et al., 2011, MNRAS, 411, 1575
 Kijak J., Lewandowski W., Maron O., Gupta Y., Jessner A., 2011a, A&A, 531, A16
 Kijak J., Dembska M., Lewandowski W., Melikidze G., Sendyk M., 2011b, MNRAS, 418, 114
 Manchester R. N., Hobbs G. B., Teoh A., Hobbs, M., 2005, AJ, 129, 1993
 Maron O., Kijak J., Kramer M., Wielebinski R., 2000, A&AS, 147, 195
 Sieber W., 1973, A&A, 28, 237



Od lewej: Alicja Konieczny, Agata Pępiak, Błażej Nikiel-Wroczyński, Julita Ozga
i Agnieszka Kuźmich. (*archiwum Astronomii Nowej*)

Chaotyczna dynamika Hiperiona

Mariusz Tarnopolski

Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Hiperion jest księżycem Saturna, noszącym również nazwę Saturn VII. Został odkryty w 1848 roku przez Williama C. Boyda, George'a P. Bonda oraz Williama Lassela. Najważniejsze parametry orbitalne oraz fizyczne zebrane zostały w tabeli 1.

Tabela 1. Własności orbity oraz parametry fizyczne Hiperiona.

Parametr	Wartość
wielka półoś a	1 409 000 km 24.55 R_S
mimośród e	0.1
okres orbitalny T	21.277 d
inklinacja i	0.43°
eliptyczność	$\omega_0^2=0.79$ $\omega_0=0.89$
masa m_H	$5.6 \cdot 10^{18}$ kg
gęstość ρ_H	$544 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Eliptyczność $\omega_0^2 = \frac{3(B-A)}{C}$ jest parametrem zależnym od wartości głównych momentów bezwładności i przyjmuje wartość zero dla ciała o symetrii cylindrycznej. C oznacza największą z trzech wartości momentów bezwładności, czyli związaną z osią o najmniejszym wymiarze fizycznym. Jest to zatem miara asferyczności. Hiperion jest największym znanym ciałem niebieskim o tak wysoce niesferycznym kształcie. Przybliżając jego kształt elipsoidą trójosiową dostajemy wymiary $360 \times 266 \times 205$ km. Również mimośród jego orbity posiada dość znaczną jak na Układ Słoneczny wartość⁹.

Jeżeli księżyc posiada wysoce asferyczny kształt, to dyssypatywne siły pływowe pochodzące od planety macierzystej powodują powstanie niezerównoważonego momentu obrotowego, który sprawia, że oś obrotu zmierza do pokrycia się z osią główną związaną z największym momentem bezwładności. Z biegiem czasu oś obrotu ustawia się prostopadle do płaszczyzny orbity. Takie rozumowanie uzasadnia zbadanie rotacji Hiperiona z następującymi założeniami [1]:

1. środek masy porusza się po orbicie keplerowskiej o stałym mimośrodku e , stałej wielkiej półosi a oraz promieniu r ,

⁹ Merkury cechuje się ekscentrycznością orbity na poziomie 0.2, Pluton zaś posiada $e=0.25$.

2. oś obrotu pokrywa się z najkrótszą osią fizyczną oraz jest prostopadła do płaszczyzny orbity,
3. pomijamy siły dyssypatywne oraz zaburzenia pochodzące od innych ciał niebieskich.

Równanie ruchu obrotowego można uzyskać z równań Eulera oraz ma ono następującą postać [2]:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{Gm}{2r^3} \omega_0^2 \sin 2(\theta - f) = 0, \quad (1)$$

gdzie f oznacza anomalię prawdziwą, θ jest zmienną dynamiczną określającą orientację księżyca względem osi biegunowej. $\Psi = \theta - f$ jest kątem między najdłuższą osią Hiperiona a osią łączącą środki masy Hiperiona i Saturna. Równanie ruchu jest nieliniowe i nie posiada ogólnego rozwiązania wyrażającego się przez funkcje elementarne ani specjalne, co sprawia, że badanie jego rozwiązań można przeprowadzić tylko przy pomocy metod numerycznych. Zanim jednak do tego przejdziemy, zauważmy, że r i f są funkcjami periodycznymi, zatem drugi człon równania (1) można rozwinąć w szereg Fouriera:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{\omega_0^2}{2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} H\left(\frac{k}{2}, e\right) \sin(2\theta - kt) = 0, \quad (2)$$

gdzie przyjęliśmy wielką półoś oraz ruch średni $n = \sqrt{\frac{Gm}{a^3}}$ za równe jeden. Taki wybór jednostek powoduje, że okres orbitalny staje się równy 2π . Współczynniki $H(p, e)$, $p = k/2$, zostały stabelaryzowane w [3]. Dla ustalonego p są one szeregami potęgowymi w e z wyrazem wiodącym proporcjonalnym do $\exp(2|p-1|)$. Z równania (2) odczytujemy warunek na pojawienie się rezonansu między ruchem orbitalnym a ruchem obrotowym – rezonanse pojawiają się, jeśli argument sinusa jest bliski stacjonarnemu, czyli $|\dot{\theta} - p| \ll 1/2$. Równanie (2) użytecznie jest przepisać w wolno ewoluującej (w pobliżu rezonansów) zmiennej $\gamma_p = \theta - pt$:

$$\frac{d^2\gamma_p}{dt^2} + \frac{\omega_0^2}{2} H(p, e) \sin 2\gamma_p + \frac{\omega_0^2}{2} \sum_{n \neq 0} H\left(p + \frac{n}{2}, e\right) \sin(2\gamma_p - nt) = 0. \quad (3)$$

Jeśli ω_0 jest małe, człony pod znakiem sumy będą oscylować gwałtownie w porównaniu ze znacznie wolniej ewoluującą zmienną γ_p , czyli będą dawać mały wkład do wypadkowego ruchu. Stosując zatem metodę uśredniania możemy odrzucić niewielkie oscylacje w czasie jednego okresu orbitalnego, pozostawiając tylko dominujące zachowanie. Po uśrednieniu równania (3) dostajemy zatem

$$\frac{d^2\gamma_p}{dt^2} + \frac{\omega_0^2}{2} H(p, e) \sin 2\gamma_p = 0, \quad (4)$$

co jest dobrze znanym równaniem wahadła prostego z całką pierwszą w postaci całkowitej energii:

$$E = \left(\frac{d^2 \gamma_p}{dt^2} \right) - \frac{\omega_0^2}{4} H(p, e) \cos 2\gamma_p, \quad (5)$$

dzięki której rząd równania (4) może zostać zredukowany o jeden:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \pm \sqrt{2(4E + \omega_0^2 H(p, e) \cos \alpha)}, \quad (6)$$

gdzie $\alpha = 2\gamma_p$. Z analizy ruchu wahadła wiadomo, że jeśli $E < \frac{\omega_0^2}{4}$, to mamy do czynienia z oscylacjami w płaszczyźnie orbity, jeśli zaś $E > \frac{\omega_0^2}{4}$, to ruch jest

rotacją. W przypadku granicznym $E = \frac{\omega_0^2}{4}$ ruch odbywa się po separatrixie – granicy w przestrzeni fazowej oddzielającej dwa jakościowo od siebie różne rodzaje ruchu. Ruch po separatrixie odbywa się zgodnie z równaniem (dla znaku + w równaniu (6))

$$\alpha(t) = 4 \arctan \exp(\omega_0 H(p, e)t) - \pi. \quad (7)$$

Szerokość połówkowa rezonansu rzędu p jest znana i równa $\omega_0 \sqrt{|H(p, e)|}$, co pozwala zastosować kryterium przekrywania Chirikova [4], które mówi, że jeśli suma szerokości połówkowych dwóch bliskich sobie rezonansów jest porównywalna z odległością między nimi, to nastąpi ich przekrywanie, co będzie skutkować wzajemną rywalizacją między tymi rezonansami o zachowanie asymptotyczne układu. Wynikiem takiej rywalizacji będzie powstanie znacznych rozmiarów strefy chaotycznej w przestrzeni fazowej. Kryterium Chirikova zastosowane do rezonansów rzędu $p=1$ oraz $p=3/2$ ma postać:

$$\omega_0^R \sqrt{|H(1, e)|} + \omega_0^R \sqrt{|H(3/2, e)|} = \frac{1}{2}. \quad (8)$$

Przybliżając $H(p, e)$ do wyrazów liniowych: $H(1, e) \approx 1$, $H(3/2, e) \approx \frac{7e}{2}$, dostaniemy dla mimośrodów właściwych dla Hiperiona oszacowanie na minimalną wartość ω_0 , dla której spodziewać się można zachowań chaotycznych:

$$\omega_0^R \cong \frac{1}{2 + 14\sqrt{e}} \Big|_{e=0.1} \approx 0.31, \quad (9)$$

podczas gdy faktyczna wartość dla Hiperiona wynosi $\omega_0 = 0.89$, niemal trzykrotnie więcej niż obliczona wartość krytyczna. Spodziewamy się wobec tego znaleźć Hiperiona w chaotycznym stanie rotacyjnym. W szczególności, skoro faktyczna wartość eliptyczności przekracza wartość krytyczną, następuje przeplatanie się dwóch sąsiednich stanów rezonansowych. W przypadku

oscylacji (γ_p oscyluje wokół zera dla $H(p,e)>0$ oraz wokół $\pi/2$ dla $H(p,e)<0$) układ dąży do jednoczesnego asymptotycznego oscylowania wokół dwóch rezonansów, co jest niemożliwe. Wynikiem tego jest obrót o chaotycznym charakterze.

Ruch chaotyczny posiada dwie główne cechy: jest topologicznie tranzytywny, czyli dla dwóch zbiorów U, V w przestrzeni fazowej istnieje taka chwila czasu t , że zbiór U odwzorowany przez pewne rozwiązanie (chaotyczne) równania ruchu posiada część wspólną ze zbiorem V (czyli te zbiory się nie separują) oraz bliskie sobie początkowo w przestrzeni fazowej trajektorie są wrażliwe na warunki początkowe. Wrażliwość ta oznacza w naszym przypadku, że jeśli weźmiemy dwa niewiele różniące się od siebie warunki początkowe x_1 i x_2 , to rozwiązania równania ruchu (1) będą się rozbiegać eksponencjalnie w czasie:

$$\|\phi(x_2) - \phi(x_1)\| \cong \exp(\lambda t) \cdot \|x_2 - x_1\|, \quad (10)$$

gdzie $\phi(x_0)$ oznacza rodzinę rozwiązań (potok fazowy). Z powyższego równania wynika, że jeśli $\lambda < 0$, to trajektorie będą wraz z upływem czasu zbiegać do siebie nawzajem, jeśli $\lambda = 0$ ich separacja będzie liniowo zależeć od modułu różnicy warunków początkowych, zaś w przypadku $\lambda > 0$ mamy do czynienia z eksponencjalną rozbieżnością. Oznacza to, że w przypadku dwóch dokładnie określonych warunków początkowych, niewielka zmiana jednego z nich spowoduje drastyczną zmianę separacji otrzymanych trajektorii – jest to właśnie wrażliwość na warunki początkowe.

Równość (10) przedstawia ideę stojącą za tzw. wykładnikami charakterystycznymi Lyapunova (LCE – *Lyapunov characteristic exponents*), które są właśnie miarą rozbieżności bliskich początkowo trajektorii fazowych opisujących ewolucję rozwiązań równania ruchu. Zauważmy, że jeśli mamy n -wymiarową przestrzeń fazową, to istnieje n wykładników Lyapunova. Wyobraźmy sobie pewną niewielką sferę zawierającą warunki początkowe, ewoluującą pod wpływem potoku fazowego. Może on sprawiać, że w niektórych kierunkach pewnego układu współrzędnych ta sfera będzie ulegać spłaszczeniu (czemu odpowiada istnienie ujemnego wykładnika Lyapunova), w innych jej promień może pozostać bez zmian (czemu odpowiada zerowy wykładnik), zaś w niektórych może następować rozciąganie, z czym związana jest dodatnia wartość LCE. Równanie ruchu (1) można przepisać w formie układu dynamicznego:

$$\begin{aligned} \dot{\theta} &= \varphi, \\ \dot{\phi} &= -\frac{\omega_0^2}{2r^3} \sin 2(\theta - f), \\ \dot{f} &= \frac{(1 + e \cos f)^2}{(1 - e^2)^{3/2}}, \end{aligned} \quad (11)$$

gdzie $\frac{1}{r} = \frac{1+e \cos f}{1-e^2}$. Przestrzeń fazowa jest zatem trójwymiarowa (ponieważ istnieją trzy zmienne dynamiczne) oraz ostatnie z równań (11) określa upływ czasu (ponieważ jednostki zostały wybrane tak, by okres orbitalny wynosił 2π). Stosując procedurę opisaną w [5] można otrzymać trzy wykładniki Lyapunova układu (11) całkując go metodą Runge'go-Kutty. Wyniki numeryczne, uzyskane po 5000 iteracji dla wartości e oraz ω_0^2 właściwych dla Hiperiona, są następujące:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= 0.03, \\ \lambda_2 &= 0.0008, \\ \lambda_3 &= -0.03.\end{aligned}\tag{12}$$

Wartość λ_2 ma zachowanie wykładnika zerowego, czyli oscyluje wraz z liczbą iteracji wokół zera z coraz mniejszą amplitudą, co uzasadnia przyjęcie jego wartości asymptotycznej za równą zero. Co istotne w świetle powyższej dyskusji, λ_1 ma wartość dodatnią, co implikuje wrażliwość na warunki początkowe.

Równanie ruchu (1) można przepisać tak, by za zmienną niezależną przyjąć nie czas t , a anomalie prawdziwą f . Przy użyciu następujących równości:

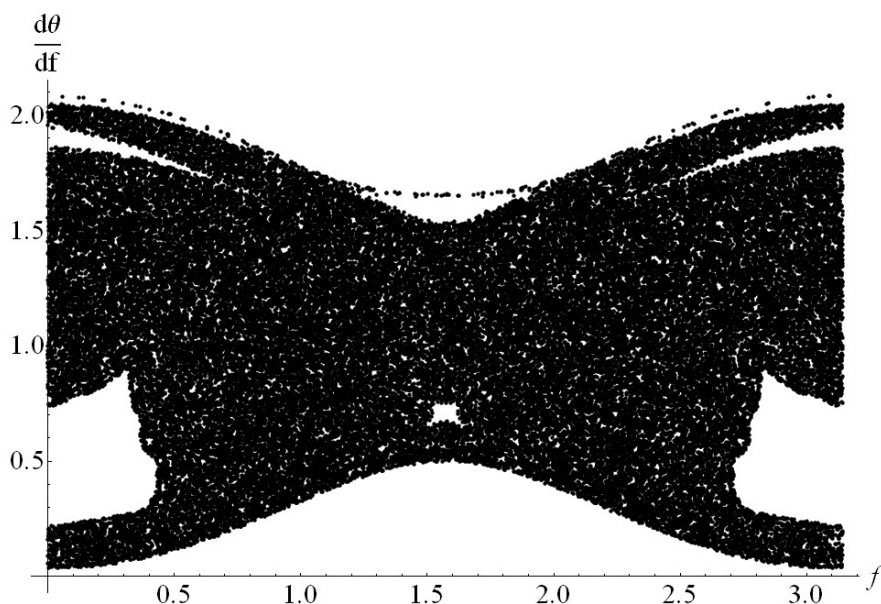
$$Gm = \mu, \quad h^2 = \mu l, \quad l = a(1-e^2), \quad r^2 \dot{f} = h, \quad l/r = 1+e \cos f, \tag{13}$$

dostajemy [6]

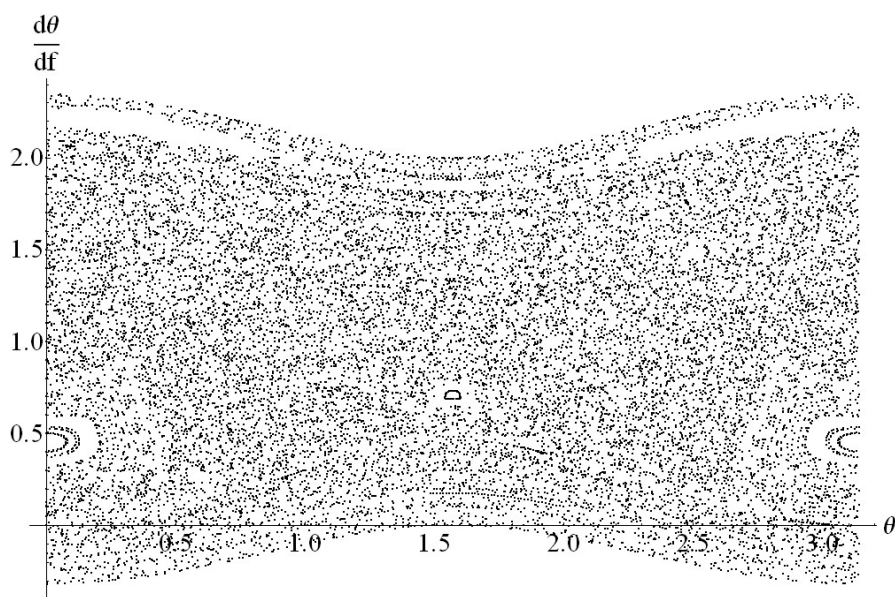
$$(1+e \cos f) \frac{d^2 \theta}{df^2} - 2e \sin f \frac{d\theta}{df} + \frac{\omega_0^2}{2} \sin 2(\theta - f) = 0. \tag{14}.$$

Taka postać równania jest szczególnie użyteczna do wykreślenia przekrojów Poincare. Dzięki niemu możemy próbkować rozwiązanie z interwałem 2π , czyli co jeden okres orbitalny. Uzyskamy przez to serię danych zawierających orientację oraz prędkość kątową w tym samym miejscu orbity w pewnym przedziale czasu. Jeśli rotacja byłaby ściśle periodyczna, to po każdym okresie orientacja i prędkość kątowa przyjmowałyby tę samą wartość, zatem przekrój Poincare składałby się z pojedynczego punktu. W przypadku, gdy rotacja jest kilkuokresowa, na przekroju znajdzie się pewna (zazwyczaj niewielka) liczba punktów związana z poszczególnymi składowymi harmonicznymi. Ruch quasiokresowy, czyli taki, gdy co najmniej dwie z częstości składowych są niewspółmierne, przejawia się ciągłą linią na przekroju stroboskopowym płaszczyzny fazowej – trajektoria wraca dowolnie blisko każdego punktu, jednak nie jest periodyczna. Jeśli rotacja będzie chaotyczna, to punkty „pomiarowe” będą wypełniać płaszczyznę fazową tworząc pewien zbiór o nietrywialnej strukturze geometrycznej (będzie on miał wymiar większy niż jeden). Jeśli objętość takiego zbioru ma miarę Lebesgue’a zero oraz strukturę fraktalną, to mamy do czynienia z dziwnym atryktorem. Przejawem chaotycznej dynamiki jest penetracja znacznej części dostępnej przestrzeni fazowej. Na rysunku 1. przedstawiono przekrój Poincare uzyskany z całkowania równania (14) z warunkami początkowymi $\theta(0)=0$, $\dot{\theta}(0)=1$. Powstaje pytanie, czy uzyskany klepsydrowaty kształt jest pewnego rodzaju niezmiennikiem, czy też jest to

cecha charakterystyczna wybranych warunków początkowych. W celu odpowiedzi na to pytanie wykonano przekroje Poincare dla wielu różnych warunków początkowych oraz uzyskane rezultaty przedstawiono na jednym wykresie na rysunku 2. Potwierdza się przypuszczenie, że kształt przekroju Poincare jest charakterystyczny nie dla szczególnych warunków początkowych, ale jest globalną cechą dynamiki ruchu obrotowego Hiperiona.



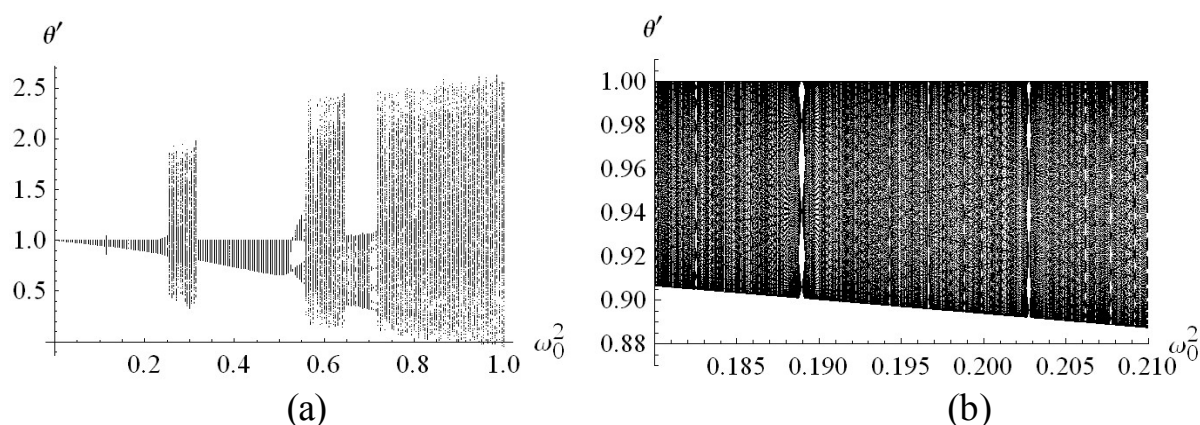
Rys.1. Strefa chaotyczna wypełnia znaczną część płaszczyzny fazowej, przejawiając pewną wewnętrzną strukturę geometryczną. Puste obszary wypełniają quasiperiodyczne orbity związane z rezonansami orbitalno-rotacyjnymi. Rezonans $p=3/2$ został kompletnie wchłonięty przez chaotyczne morze (ang. *chaotic sea*), w środku dolnej części rysunku widać pozostałość rezonansu synchronicznego. Do wykreślenia tej trajektorii użyto 62 583 punktów.



Rys.2. Przekroje Poincare dla warunków początkowych $\theta(0) \in (0,2)$ oraz $\dot{\theta}(0) \in (0,2)$ z krokiem 0.1, co daje dokładnie 441 trajektorii. Klepsydrowaty kształt z rysunku 1. został zachowany. Widoczne są również quasiperiodyczne orbity w pobliżu rezonansów. Zauważmy, że mimo faktu, iż wszystkie warunki początkowe są nieujemne, uzyskano ujemne wartości

prędkości kątowej. Są to krzywe odpowiadające orbitom quasiperiodycznym, w których po kilkunastu okresach orbitalnych satelita rotuje w przeciwną stronę niż początkowo. Długość szeregu czasowego wynosi 256.

Warto również w tym miejscu zadać pytanie o globalną dynamikę sprecyzowanego na początku zagadnienia, mianowicie, jak będzie przebiegać rotacja jeśli zmienimy parametry równania ruchu: mimośród i eliptyczność? Narzędziem, pozwalającym na to, są diagramy bifurkacyjne. Ustalamy warunki początkowe oraz mimośród, niezmiennie w dalszej części procedury, i rozwiązujemy numerycznie równanie (14). Następnie próbujemy z interwałem 2π wartości prędkości kątowej tak samo, jak przy wykreślaniu przekrojów Poincare. Wykreślamy następnie uzyskane punkty na wykresie zależności prędkości kątowej (w zmiennych stroboskopowych) od eliptyczności. Zwiększamy wartość ω_0^2 i powtarzamy całą procedurę aż do pokrycia z góry założonego przedziału zmienności ω_0^2 . Uzyskany diagram bifurkacyjny dla mimośrodu właściwego dla Hiperiona przedstawiono na rysunku 3.



Rys.3. (a) Diagram bifurkacyjne uzyskany dla $e=0.1$ oraz warunków początkowych $\theta(0)=0$, $\dot{\theta}(0)=1$. Eliptyczność było zmieniana z krokiem 0.005. Obserwujemy trzy duże obszary chaotyczne oddzielone oknami ruchu regularnego. (b) Powiększenie w okolicach $\omega_0^2 \approx 0.2$ ujawnia istnienie orbit ściśle periodycznych, na których prędkość kątowa przyjmuje cztery (dla $\omega_0^2 \approx 0.189$) oraz pięć wartości (dla $\omega_0^2 \approx 0.203$).

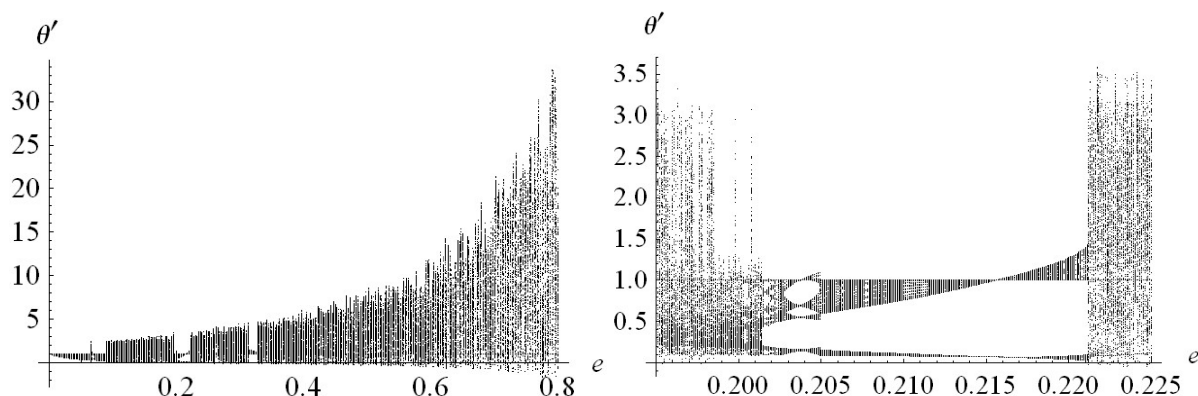
Analogicznie uzyskano diagram bifurkacyjny dla wartości eliptyczności właściwej dla Hiperiona oraz zmieniając mimośród z krokiem 0.0025 w zakresie $e \in (0, 0.8)$ (rysunek 4).

Wykonane diagramy bifurkacyjne wskazują na to, że dla większości parametrów e i ω_0^2 rotacja niesferycznego ciała niebieskiego na orbicie keplerowskiej jest chaotyczna.

Przypomnijmy na koniec klasyfikację atraktorów:

- punkt (stabilne lub niestabilne położenie równowagi),
- orbita okresowe o okresie T ,
- orbita quasiokresowa,

- dziwny atraktor – zbiór miary Lebesgue’a zero, o niecałkowitym wymiarze Hausdorffa, nie będący orbitą okresową ani quasiokresową układu dynamicznego wrażliwego na warunki początkowe.



Rys.4. Wraz ze wzrostem ekscentryczności orbity zachowania chaotyczne narastają. Powiększenie diagramu bifurkacyjnego w okolicach $e \approx 0.21$ pokazuje nietrywialną strukturę diagramu, ujawniającą kaskadę *pomniejszania* (w przeciwieństwie do znanej z odwzorowania logistycznego kaskady podwajania) okresu oraz liczne wartości mimośrodów, dla których trajektoria w przestrzeni fazowej jest ściśle periodyczna.

Chcemy tutaj zadać pytanie o istnienie i ewentualnie strukturę topologiczną atraktora ruchu rotacyjnego badanego układu dynamicznego (11). Istnieje proste kryterium pozwalające rozstrzygnąć, czy układ dynamiczny dąży asymptotycznie do któregośkolwiek z wyżej wymienionych czterech rodzajów atraktora, czy też nie. Można pokazać [7], że dywergencja prędkości fazowej $\vec{F}$ (czyli wektora o składowych utworzonych z prawych stron równania (11)) jest równa pochodnej logarytmicznej objętości fazowej:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = \frac{d}{dt} \ln V. \quad (15)$$

W objętości V zawarte są punkty ewoluujące pod wpływem potoku fazowego. Z powyższego równania wynika, że szybkość zmian objętości nie zależy od jej konkretnej wartości a tylko od wektora prędkości fazowej. Dla układu dynamicznego (11) równanie (15) można rozwiązać, dostając zmianę objętości w czasie w jednostkach umownych:

$$V(t) = (1 + e \cos f(t))^2. \quad (16)$$

Mimo tego, że anomalia prawdziwa dla $e \neq 0$ nie wyraża się poprzez funkcje elementarne, równość (16) zawiera ważną informację: dla wartości mimośrodu właściwej dla Hiperiona objętość fazowa z czasem oscyluje w przedziale od 0.81 do 1.21. W szczególności, przyjmuje wartości skończone oraz nie

zmierza asymptotycznie do zera, zatem nie istnieje żaden atraktor układu dynamicznego opisującego chaotyczną dynamikę rotacyjną Hiperiona [8].

Bibliografia

- [1] Celletti A., Chierchia L., 2000, Hamiltonian Stability of Spin - Orbit Resonances in Celestial Mechanics, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 76
- [2] Wisdom J., Peale S. J., Mignard S., 1984, The Chaotic Rotation of Hyperion, Icarus, 58
- [3] Cayley A., 1859, Tables of the developments of functions in the theory of elliptic motion, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 29
- [4] Chirikov B. V., 1979, A universal instability of many-dimensional oscillator systems, Physics Reports 52, No. 5
- [5] Sandri M., 1996, Numerical Calculation of Lyapunov Exponents, The Mathematical Journal
- [6] Shahzad M., 2011, Control of Chaos in Rotational Motion of a Satellite in an Elliptic Orbit, Higher Education of Nature Science, vol.1, no.1
- [7] Baker G. L., Gollub J. P., 1998, Wstęp do dynamiki układów chaotycznych, PWN, Warszawa
- [8] Morbidelli A., 2002, Modern Celestial Mechanics, CRC Press



Błażej Nikiel-Wroczyński (*archiwum Astronomii Novej*)



Natalia A. Virnina. (*archiwum Astronomii Novej*)

Modeling of Near-Contact Binary W Corvi

Natalia A. Virnina

Odessa National Maritime University, Ukraine, virnina@gmail.com

Close binary systems, which consist of two non-degenerated stars, could be divided into four classes. The first one represents systems in which two stars are properly separated, and its shapes are nearly spherical. These systems are called detached. The second class consists of one ordinary star, and another one elongated toward the first star, and fills its so-called Roche Lobe. If the star overfills the lobe, it may freely loose the matter. This type of binaries we call semi-detached. In the third class the stars of the system are in contact. These systems are called contact. Very frequently we may observe mass transfer from one star to another. And usually the components are in “thermal contact”, which means that the temperatures of these stars are nearly equal, or differ not more than by several hundred degrees. The last type is of over-contact stars. In these systems two stars are so close to each other, that they become connected via a “neck” so that the system starts to resemble a peanut pod.

The components of any binary star rotate around their common center of masses. That’s why in some cases we may see periodical eclipses of each of the components. To understand and explain these systems better, in the middle of the previous century the developing of programs for modeling has been started. From that time on, a huge progress has been made: the codes and hardware are more and more perfective every day. Nowadays for modeling binary stars we usually use different modifications of Wilson-Devinney code, originally developed by R. E. Wilson and E. J. Devinney and published in 1971 [1].

What are we interested in while modeling? We search for the physical parameters of the system. The main parameters of a close binary star are: temperatures, radii and masses of each component, inclination of the orbit, and separation between the centers of masses. While modeling, usually we use:

- inclination (i)
- temperatures of the components (T_1, T_2)
- potentials (Ω_1, Ω_2), which indicate how the stars fill their Roche lobes
- mass ratio (M_2/M_1)
- gravity darkening (g_1, g_2)
- reflection effect (A_1, A_2)
- eccentricity (e)
- periastron (p)

Normally on the phase curve of non-degenerated binaries we observe two equal maxima (when both stars are visible), and two minima (eclipses). However, sometimes, the light curve of the binary could be asymmetric, and the maxima are uneven. In this case we may suspect that the effect is caused by a spot on the hemisphere of one or both stars. The spot could be “cool” – colder

than the star itself, of “hot” – hotter than the star. Adding a spot while modeling, adds 5 more parameters to the list above: number of the star, co-latitude (φ) and longitude (λ) of the center of a spot, its radius (R) and temperature (f_T).

The close binary system W Crv was recognized as one of the few binaries in or near physical contact, but far from thermal contact. This fact attracts attention of many investigators since this star was classified as a close binary with short period, but at the same time with significant difference in depths of minima.

In modeling one of the most uncertain parameters is always a mass ratio. It is strongly correlated with inclination, thus if both parameters are unknown, the final solution is rather unsure. Both parameters influence on the depths of minima. However, the depths of minima could be achieved not only by the mass ratio and inclination, or the difference between the temperatures of the components, but also by the presence of spots. Thus, the spectral mass ratio is required for correct model. We applied the mass ratio $q=0.682\pm0.016$ determined by Rucinski and Lu (2000) [2] to our *VRI* photometric observations of this binary system, collected during 2011 on the telescope TOA-150 of Tzec Maun Observatory, and to *BVRI* observations collected in 2012 on the telescope W28 of AAVSOnet observatory.

As it has been demonstrated by observations since 1954 [3, 4, 5], W Crv exhibits changing O'Connell effect, which is usually caused by spots. Our observations confirm variability of the phase curve. We computed several preliminary models with hot and cool spots using Wilson-Devinney code [6] which was deployed along with a Monte Carlo search procedure by Zola et al. [7], to find the best solution. We found out that the most probable solutions contain a cool spot on the hotter (first) component. Seasonal variability in asymmetry of the phase curves suggests that the spot, or more likely a group of spots, changes its position and probably a temperature factor.

The main physical parameters of a binary star do not change rapidly, and in both years they should be the same at least within the errors. From all models we chose one for each year, which are the closest to each other. Using new photometrical data, we re-determined the temperature of a hotter star, and kept this parameter fixed at 5035 K while modeling. We also fixed periastron to be $p=90^\circ$, eccentricity $e=0$, gravity darkening for both stars $g_1=g_2=0.32$, and bolometric albedo $A_1=A_2=0.5$ (from Lucy [8] and Rucinski [9]). The other physical parameters of the components were adjusted, the mass ratio was adjusted only slightly – within the errors given by Rucinski and Lu [2]. We achieved the best fit under the assumption of nearly contact configuration with the temperature difference between components only of 200 K. All calculated parameters are summarized in the Table 1. The fitting of the light curves is shown on Fig. 1 and Fig. 2 for 2011 and 2012 respectively. Points correspond to observed data, solid lines represent theoretical curves.

To visualize the shape of the stars, and the position of the spots, we've used *Binary Maker* (Bradstreet, Steelman, [10]). The results are shown on Fig. 3 and Fig. 4.

Table 1. Parameters of binary star W Crv for 2011 and 2012.

Parameter	2011	2012
$i, ^\circ$	81.9(1)	81.2(1)
T_1, K	5035	5035
T_2, K	4823(5)	4802(6)
Ω_1	3.226(7)	3.232(2)
Ω_2	3.223(6)	3.222(2)
q	0.679(4)	0.688(1)
$M_1, M_\odot$	1.03	1.04
$M_2, M_\odot$	0.70	0.71
Spot	1-st star	1-st star
$\varphi, ^\circ$	31.1(1)	16(1)
$\lambda, ^\circ$	40.0(2)	33(3)
$R, ^\circ$	38.3(4)	59.56(3)
f_T	0.706(6)	0.777(4)

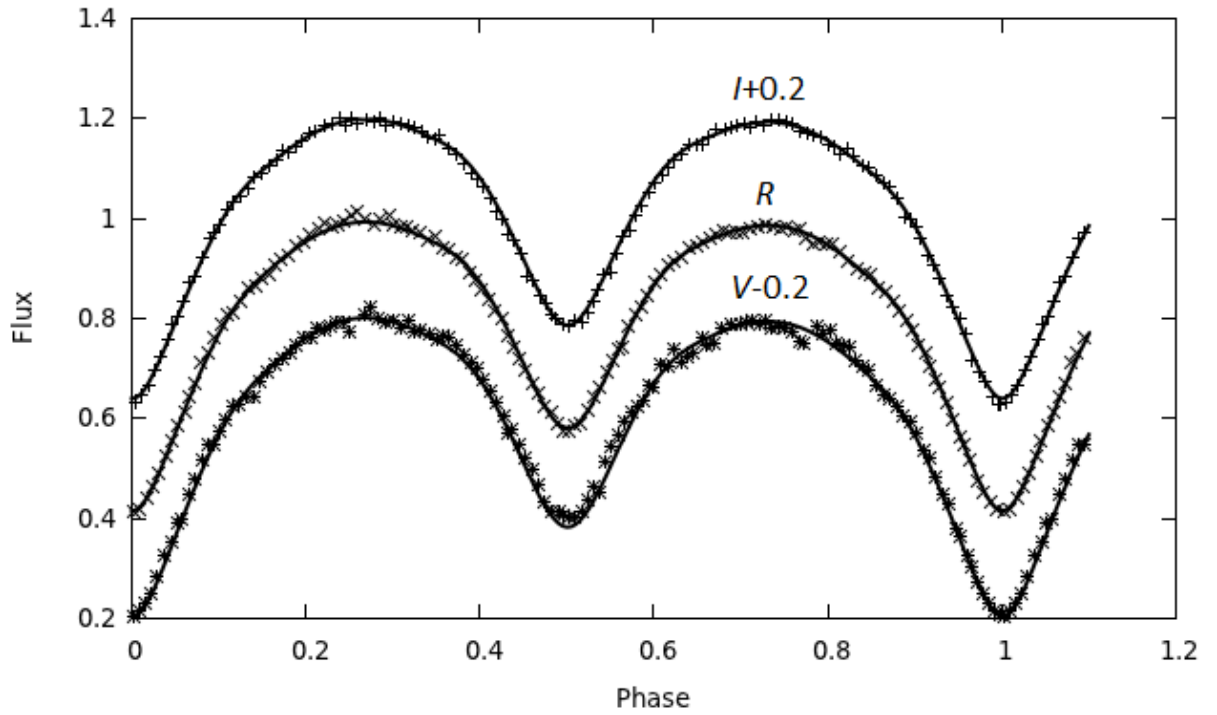


Fig.1. Fitted phase curves (in flux) for observations of 2011.

We also analyzed period changing of W Crv, using minima timings from 1935 till 2012. Our analysis confirmed that the period is increasing. The parabolic trend yields the period change of $1.86 \cdot 10^{-8} \pm 0.33 \cdot 10^{-8}$ days/year corresponding to the time scale of $\tau = P/|\dot{P}| = 2.09 \pm 0.37 \cdot 10^7$ years. Using the masses of the components we calculated that this value of period change corresponds to mass exchange of $\dot{M} = 3.42 \cdot 10^{-8} \pm 0.91 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/\text{year}$, which is in agreement with contact or nearly contact configuration of the system.

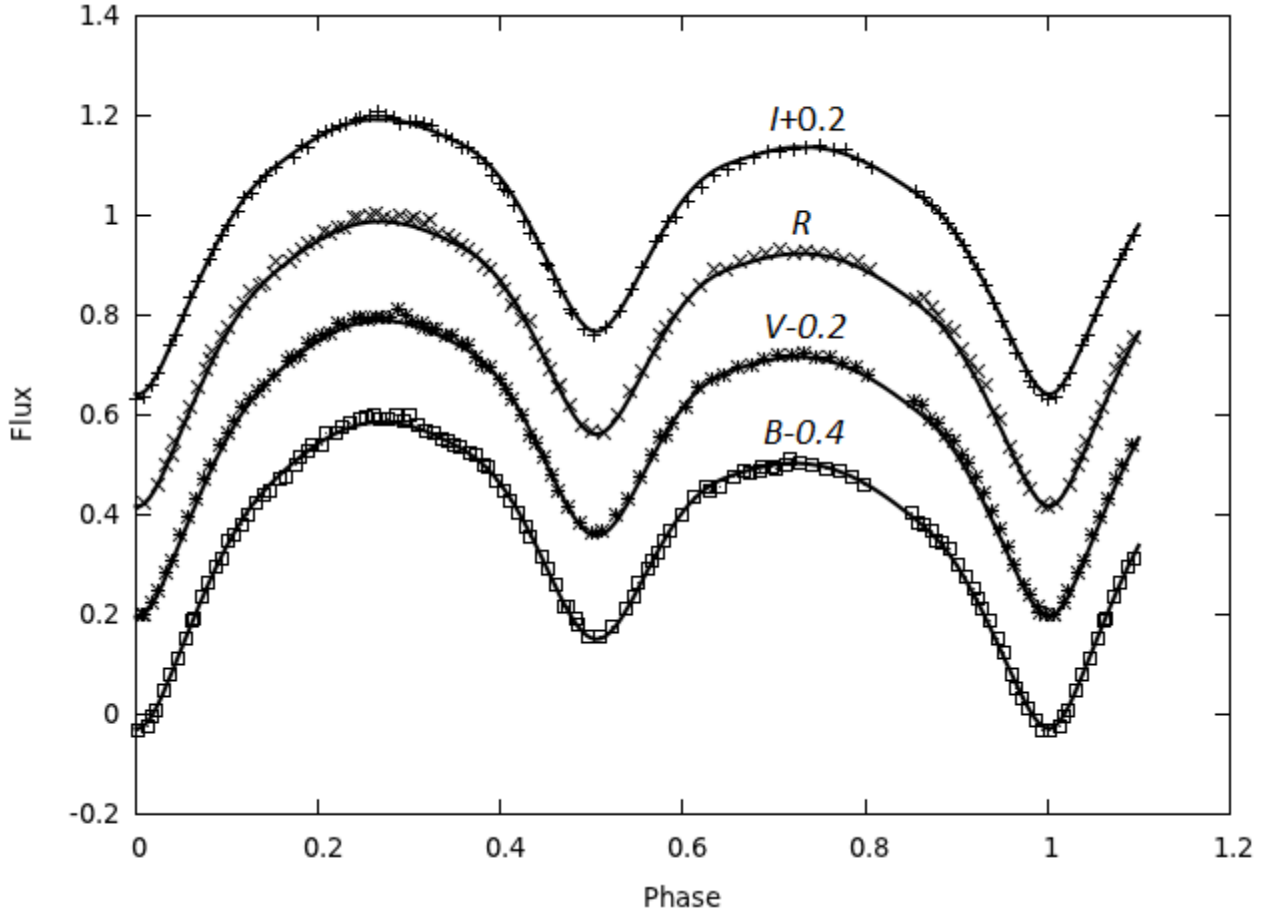


Fig.2. Fitted phase curves (in flux) for observations of 2012.

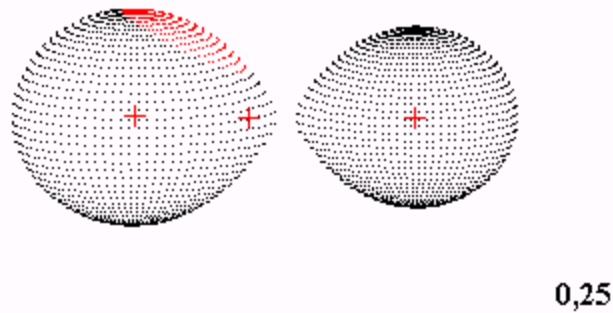


Fig. 3. Configuration of the system W Crv and the spot in 2011.

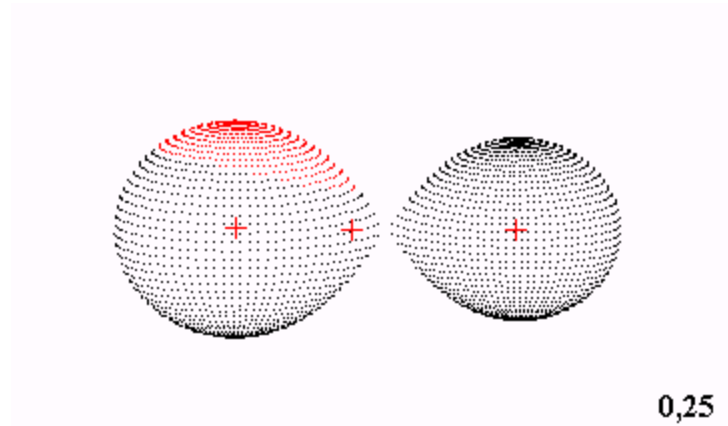


Fig. 4. Configuration of the system and the spot in 2012.

References

- [1] Wilson R. E, Devinney E. J., 1971, ApJ, 166, 605
- [2] Rucinski S. M., Lu W., 2000, MNRAS, 315, 3
- [3] Dycus R. D., 1968, PASP, 80, 207
- [4] Odell A. P., Smith D. H., 1982, BAAS, 14, 979
- [5] Odell A. P., 1996, MNRAS, 282, 373
- [6] Wilson R.E., 1993, Documentation of Eclipsing Binary Computer Model, University of Florida
- [7] Zoła S., Kolonko M., Szczech M., 1997, A& A, 324, 1010
- [8] Lucy, L. B., 1967, Z. Astrophys., 65, 89
- [9] Rucinski S. M., 1973, Acta Astron., 23, 79
- [10] Bradstreet D. H., Steelman D.P., 2004, *Binary Maker 3* Light Curve Synthesis Program



Ivan Andronov, Olga Botygina, Vitalii Breus i Dmytro Rogozin
pod pomnikiem Jana Pawła II na Jasnej Górze. (fot. A.Kurek)

Charakterystyka spektroskopowa środowiska międzygwiazdowego w kierunku HD210839

Bogdan Wszolek, Agnieszka Debudej, Joanna Florczyk i Tomasz Nowak

IF AJD Częstochowa, bogdan@ajd.czyst.pl

Streszczenie

Opierając się na wysokiej jakości widmach gorącej i umiarkowanie poczerwienionej gwiazdy λ Cep, została wykonana szczegółowa analiza linii absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego. Znalezione 75 stosunkowo silnych linii. Dla każdej linii pomierzono: położenie, głębokość i szerokość równoważną. Wyniki pomiarów zostały przedstawione w tabeli 2. Rysunek 1 pozwala na wizualne spojrzenie na wybrane linie międzygwiazdowe.

Wstęp

Oddziaływanie światła gwiazdy z materią międzygwiazdową powoduje nie tylko jego osłabienie i poczerwienienie, ale również zmiany spektroskopowe. W widmie gwiazdy powstają liczne linie absorpcyjne, wywołane różnymi nośnikami wchodzącymi w skład materii międzygwiazdowej [2,3].

Na początku XX wieku metodami spektroskopowymi odkryto obecność atomowego wapnia oraz sodu w ośrodku międzygwiazdowym [1,3]. Pod koniec lat trzydziestych zeszłego wieku w ośrodku międzygwiazdowym odkryto dwuatomowe cząsteczki: CH, CH⁺ i CN. Lata siedemdziesiąte okazały się przełomowe w obserwacjach spektroskopowych ośrodka międzygwiazdowego w zakresie optycznym i ultrafioletowym. Z użyciem spektrografów umieszczonych na orbicie okołoziemskiej wykryto w przestrzeni międzygwiazdowej większość trwałych pierwiastków układu okresowego [3].

W miarę doskonalenia technik zaczęto w widmach gwiazd odkrywać coraz słabsze struktury absorpcyjne pochodzenia międzygwiazdowego. Okazało się, że dla większości z nowo odkrywanych struktur, dla tzw. międzygwiazdowych pasm rozmytych (MPR), nie znajduje się identyfikacji. Pierwsze MPR (5780 i 5797 Å) zostały odkryte 90 lat temu, a obszerny artykuł przeglądowy Herbiga z 1995 roku [4] może służyć, jako wyczerpujące wprowadzenie w zagadnienie. Obecnie znanych jest ponad 500 MPR [5], występujących w zakresie 4000-13500 Å. Dla żadnego z nich nie znaleziono nośnika, tj. cząsteczki odpowiedzialnej za powstanie struktury [1,4].

Wszystkie międzygwiazdowe struktury absorpcyjne dzielimy na:

- linie atomowe – np. KI, CaI, CaII, NaI,
- linie prostych molekuł – np. C₂, C₃, CH⁺, CN,
- międzypasmowe pasma rozmyte (MPR).

MPR to grupa struktur mocno zróżnicowanych pod względem morfologicznym i pod względem intensywności. Głębokości niektórych z nich sięgają kilku procent poziomu continuum, jednak dla zdecydowanej większości znanych MPR, ich głębokości w widmach gwiazd są znacznie poniżej 1% tego

poziomu. Narzuca to wymóg posługiwania się w analizach widmami o bardzo dobrej rozdzielczości i wysokim stosunku sygnału do szumu.

Najważniejszym kierunkiem badań MPR stało się ostatnio poszukiwanie tzw. rodzin spektroskopowych wśród znanych MPR [6]. Do danej rodziny miałyby należeć MPR wywołane jednym wspólnym nośnikiem. Inny nośnik odpowiadałby za inną rodzinę spektroskopową. Gdyby zadanie pogrupowania MPR na rodziny się powiodło, byłoby znacznie łatwiej w badaniach laboratoryjnych znaleźć nośniki dla poszczególnych rodzin.

Celem tej pracy jest przeprowadzenie szczegółowej analizy widm optycznych gorącej gwiazdy λ Cephei (HD210839) dla wyłonienia i pomierzenia linii absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego.

Material obserwacyjny

Obserwacje spektroskopowe kilku gwiazd, w tym λ Cep i η UMa, przeprowadzono w obserwatorium astronomicznym na Pic du Midi (Francja) w 2010 roku w ramach międzynarodowego projektu badawczego mającego za zadanie wypracowanie metody wyodrębniania rodzin spektroskopowych wśród znanych MPR. Z pomocą 2-metrowego teleskopu Bernarda Lyota wyposażonego w nowoczesny spektropolarymetr uzyskano widma o bardzo dobrej rozdzielczości ($R=67000$) i wysokim stosunku sygnału do szumu (powyżej 1000 w pojedynczym widmie) w pełnym zakresie widzialnym.

Spektropolarymetr typu *echelle* dostarczył widm w postaci czterdziestu rzędów, które pokrywają cały zakres światła widzialnego. Po wstępnej automatycznej redukcji widm dokonanej na Pic du Midi, Bogdan Wszolek, wykorzystując własne programy, sprowadził dane oryginalne do czytelnego formatu ASCII i wyodrębnił poszczególne rzędkie z całościowego widma. Dokonał również uśrednienia widm dla podwyższenia stosunku sygnału do szumu. Obserwacje badanych gwiazd były bowiem wielokrotne. Zarówno dla λ Cep jak i dla η UMa obserwacje były powtórzone trzy razy. Materiałem wyjściowym do właściwej analizy były zatem tabele ASCII zawierające w pierwszej kolumnie długość fali, zaś w drugiej znormalizowane natężenie.

W ramach pracy analizowano widma gorącej gwiazdy λ Cep (HD210839) oraz widma η UMa (HD 120315, Alkaid) – jako niepoczerwienionej gwiazdy porównania. Charakterystyki gwiazd zawiera tabela 1.

Tabela 1. Wybrane charakterystyki gwiazd λ Cep i η UMa.

Parametr	λ Cep	η UMa
Rektascensja (2000.0)	22 ^h 11 ^m 30 ^s .6	13 ^h 47 ^m .5
Deklinacja (2000.0)	+59° 24' 53"	+49° 19'
Poczerwienienie	0.29 mag	0.0 mag
Typ widmowy	O6 V	B3 V
Prędkość radialna	-74 km/s	-11 km/s
Jasność	5.09 mag	0.6 mag
Odległość	500 perseków	31 perseków
Temperatura	~39.000 K	~22.000 K

Analiza danych

Na początku przeprowadzono precyzyjną normalizację wszystkich używanych widm. Chociaż widma wyjściowe były wstępnie znormalizowane w ramach rutynowej redukcji na Pic du Midi, to należało tę normalizację poprawić. Inaczej, pomiary struktur byłyby utrudnione. Po znormalizowaniu widm przystąpiono do pomiarów struktur. Wszystkie zauważone międzygwiazdowe struktury zostały mierzone dwukrotnie: przy lokalnym continuum poprowadzonym z lekkim nadmiarem oraz z lekkim niedomiarem. Podwójny pomiar umożliwił określenie poziomu niepewności pomiarowej, która bierze się głównie z arbitralnego ustalenia poziomu continuum ponad profilem struktury. Dla każdej znalezionej linii międzygwiazdowej pomierzono szerokość równoważną EW, a także głębokość profilu linii D, wyrażoną w procentach poziomu continuum. Za miarę niepewności pomiarowej szerokości równoważnej przyjęto połowę rozstępu między dwoma pomiarami:

$$\Delta EW = 0.5 (EW_1 - EW_2).$$

Położenia struktur w widmie określono poprzez podanie długości fali dla centrum profilu. Często był to jednocześnie najgłębszy punkt profilu. Niektóre wąskie linie atomowe były rozszczepione na dwie lub trzy blisko siebie położone składowe. W takich sytuacjach za centrum profilu uznano centrum najsilniejszej składowej. W ramach analizy zidentyfikowano 75 linii międzygwiazdowych, dla których dokonano pomiarów. Wyniki tych pomiarów zawarto w tabeli 2. Fragmenty widm zawierające mierzone struktury przedstawiono na rysunkach oznaczonych wspólnym numerem 1.

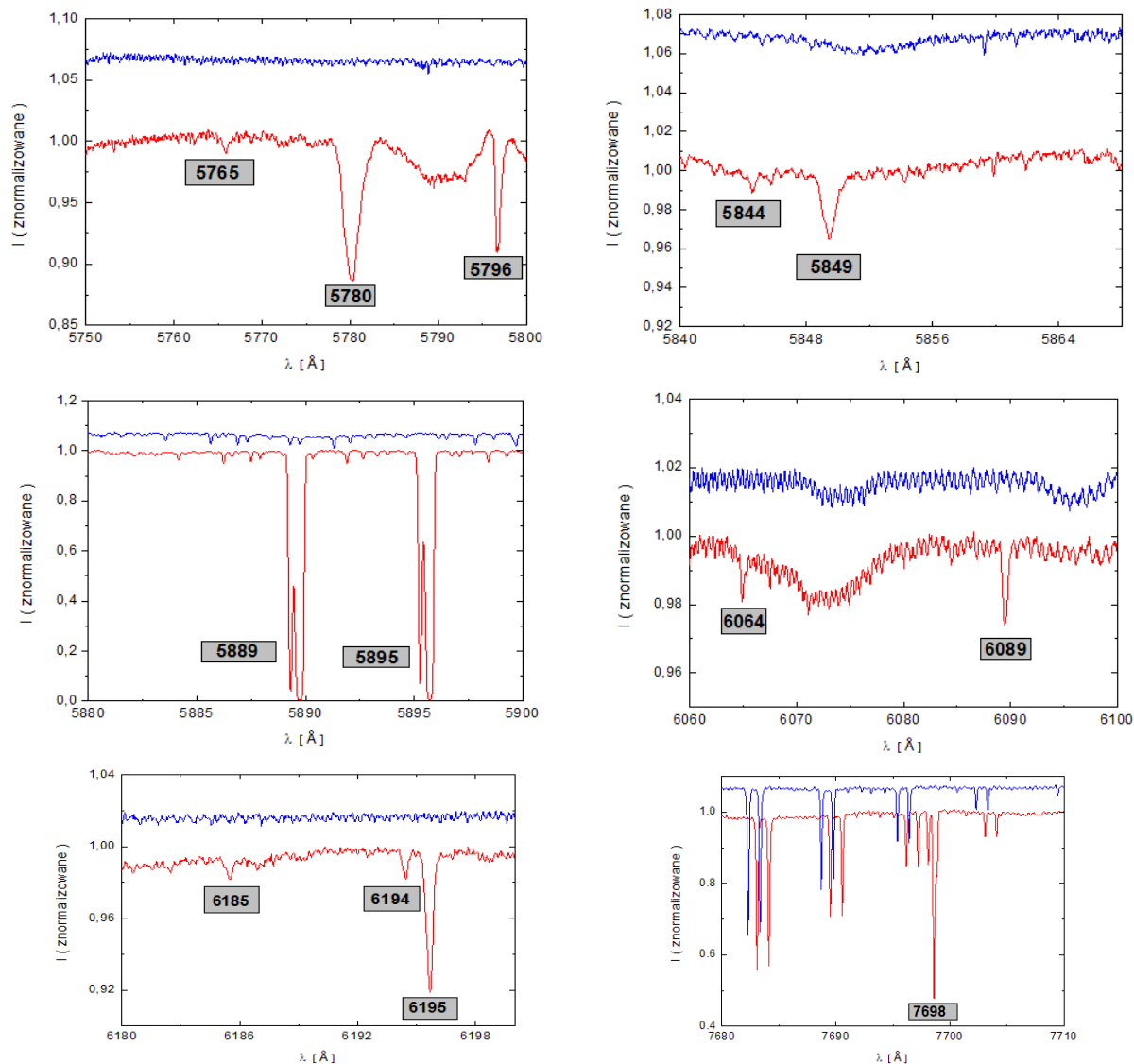
Tabela 2. Wyniki pomiarów struktur międzygwiazdowych w widmie gwiazdy HD210839. W pierwszej kolumnie podano rodzaj struktury. Oprócz nielicznych zidentyfikowanych linii absorpcyjnych mamy struktury z rodzaju niezidentyfikowanych MPR. W drugiej kolumnie podano przybliżone położenie struktur z dokładnością 0.1 Å. Pomierzone szerokości równoważne struktur EW oraz niepewności pomiarowe ΔEW , wyrażone w miliangstremach, podano w kolumnach 3 i 4. W ostatniej kolumnie są głębokości struktur w procentach poziomu continuum. U niektórych silnych linii dało się wyodrębnić dwie składowe dopplerowskie. W takich przypadkach w tabeli podano parametry dla obu składowych.

Nośnik	$\lambda[\text{\AA}]$	EW [mÅ]	$\Delta EW[\text{mÅ}]$	D [%]
CN	3873.80	2.9	0.3	2.6
CN	3874.42	9.6	0.1	10
CH	3886.20	5.5	0.1	5.5
CH	3890.03	25.5	2.0	3.5
Ca II K	3933.26	241	6.0	23
CH	3957.48	6.3	0.1	3
CH	3957.51	5.96	0.1	3.6
MPR	4043.94	1.2	0.1	1.3
CaI	4226.27	1.1	0.1	1
CaI	4226.54	9.9	0.2	5.4

CH ⁺	4232.38	10.8	0.3	5.6
CH ⁺	4232.37	13.7	0.4	5.8
CH	4299.82	9.8	0.1	0.98
CH	4300.09	20.2	2.0	12.6
MPR	4963.62	12.5	1.0	0.05
MPR	4968.74	3.1	0.1	0.6
MPR	4984.62	6.2	0.2	1.1
MPR	5404.23	16.1	1.0	2
MPR	5410.52	757.2	8.0	15
MPR	5418.54	6.2	0.1	1.8
MPR	5493.84	5.2	1.0	2.2
MPR	5505.85	40.1	2.0	1
MPR	5544.56	16.3	1.1	2.2
MPR	5719.13	23.7	0.3	0.9
MPR	5765.91	5.3	0.01	1.3
MPR	5780.31	242.1	2.3	11.7
MPR	5796.69	73.9	1.7	9.6
MPR	5844.54	3.9	0.1	0.93
MPR	5849.47	29	0.5	3.2
Na I D2	5889.32	680	4.5	3
Na I D2	5889.30	688.7	4.1	2.8
Na I D1	5895.26	602.2	3.0	2.9
Na I D1	5895.28	629.7	3.2	9.9
MPR	5982.44	0.4	0.01	0.3
MPR	6064.89	30.4	1.2	1.4
MPR	6089.49	14.9	1.2	2.5
MPR	6107.79	64.4	2.1	1.6
MPR	6112.95	15.3	0.8	2.6
MPR	6139.73	6.1	1.0	1.4
MPR	6161.57	4.6	0.7	1.4
MPR	6185.01	3.2	0.9	1.1
MPR	6194.46	57.7	1.3	1.73
MPR	6195.70	33	1.6	27.9
MPR	6202.75	39.6	1.2	4.2
MPR	6211.34	4.6	0.8	1.1
MPR	6194.49	5.8	0.8	2
MPR	6195.69	32.8	1.3	7.5
MPR	6202.95	46.8	1.2	4
MPR	6211.37	1.4	0.8	1.1
MPR	6225.96	4.2	0.6	1.2
MPR	6233.64	4.6	0.5	1.1

MPR	6269.33	43.7	2.1	4.4
MPR	6366.85	8.3	1.2	1.5
MPR	6375.60	16.9	1.8	4
MPR	6379.05	55.7	2.2	9.2
MPR	6396.22	7.79	1.2	1.6
MPR	6400.30	1.93	0.6	0.7
MPR	6367.01	9.7	0.8	2.1
MPR	6375.60	18.4	1.2	4
MPR	6378.88	56.8	3.1	8.7
MPR	6425.35	10.9	0.9	2.1
MPR	6439.26	13.8	1.2	2.1
MPR	6444.92	16.5	1.4	3.4
MPR	6449.05	7.7	0.6	0.9
MPR	6536.81	2.7	0.8	0.9
MPR	6597.06	8.6	1.1	1.8
MPR	6599.60	1.5	0.8	1.2
MPR	6612.96	153.9	3.2	12
MPR	6622.51	8.6	1.4	1.2
MPR	6660.40	31.4	2.0	4.9
MPR	6664.78	3	0.9	0.9
MPR	6699.06	16.9	1.5	2.7
MPR	6701.64	4.5	0.4	1.1
MPR	6707.57	3.5	0.3	1
MPR	6709.12	31.8	1.8	0.9
MPR	6769.80	7.3	0.9	1
MPR	6843.40	13.2	6.6	1.9
MPR	7366.87	18.7	1.2	4
KI	7664.06	51	2.1	24.5
KI	7698.06	153.9	4.0	86.5
MPR	8025.59	8.2	1.2	1.9

Rys.1 (seria). Graficzna ilustracja wybranych międzygwiazdowych linii absorpcyjnych w widmie gwiazdy HD210839 (czerwony kolor). Struktury zawarte w tabeli 2 są tu opisane przybliżonym położeniem w angstrmach. Widmo porównania (HD 120315) oznaczono kolorem niebieskim.



Bibliografia

- [1] Bryndal K., 2008, Praca magisterska, „Badanie międzygwiazdowych struktur absorpcyjnych w widmach gorących gwiazd”, Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
- [2] Debudej A., 2011, Praca licencjacka, „Oddzielanie gwiazdowych linii widmowych od linii pochodzenia międzygwiazdowego na przykładzie gwiazdy spektroskopowo podwójnej”, Instytut Fizyki Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
- [3] Fulara J., 2000, Pochodzenie rozmytych linii międzygwiazdowych, Wyd.Instytut Fizyki PAN, Warszawa
- [4] Herbig G.H., 1995, ARA&A, 33, 19
- [5] Hobbs L.M. i in., 2009, ApJ, 705, 32
- [6] Wszolek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990

Modelowanie krzywych zmian blasku układów typu Algola z dyskami akrecyjnymi

Stanisław Zoła^{1,2}

¹ Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

² Instytut Fizyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie

Abstract

In this paper I present a model used to solve multicolor light curves of eclipsing binary systems with accretion onto a Main Sequence star. Two models, having a circular and non-circular disks, are used to fit the light curves of two systems: WW And and KU Cyg. Effects, which such a configuration will produce in a light curve, will be discussed in detail.

Streszczenie

Opracowany został model do wyznaczenia teoretycznych krzywych zmian blasku układów podwójnych zaćmieniowych z dyskami akrecyjnymi. W długookresowych układach typu Algola gwiazdą akreującą jest gwiazda Ciągu Głównego i wokół niej tworzy się dysk akrecyjny. Model ten uwzględnia kołowy i niekołowy kształt takiego dysku i został zastosowany do modelowania krzywych zmian blasku 2 układów: WW And i KU Cyg.

Okazało się, że niekołowa geometria dysku powoduje powstanie asymetrii w krzywych zmian blasku, niewidoczna gdy dysk ma idealnie kołowy kształt.

Wstęp

W astronomii pojęcie dysków akrecyjnych pojawiło się już w pierwszej połowie XX-go wieku, choć początkowo nazywane były ringami lub pierścieniami - określenia te wskazywały na charakterystyczną dla dysków strukturę: bardzo mocno spłaszczony obiekt, który tworzy się wokół przeróżnych obiektów astronomicznych, od początkowych etapów tworzenia się gwiazd (dyski protoplanetarne), poprzez młode gwiazdy, wyewoluowane układy podwójne aż po obiekty pozagalaktyczne – własności aktywnych jąder galaktyk również wymagają istnienia w nich dysków akrecyjnych.

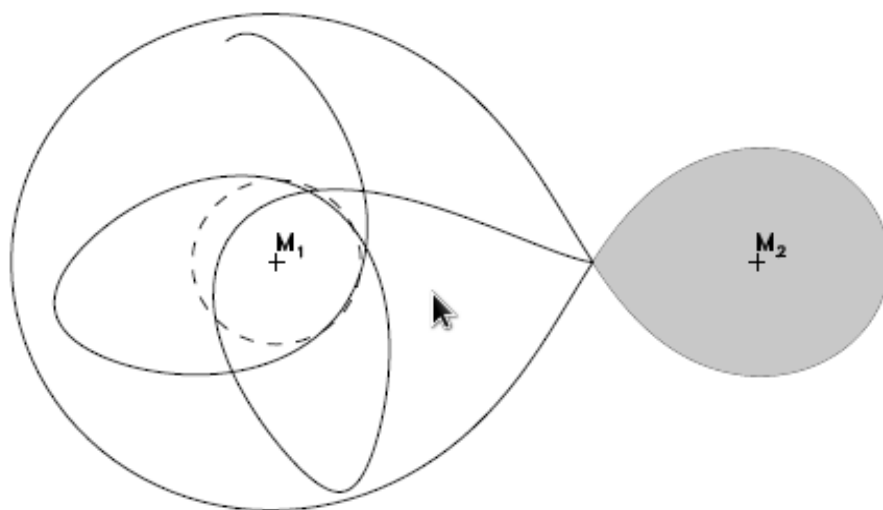
O tym, że w jakimś obiekcie jest dysk mogą wskazywać jego obserwacje wykonane różnymi technikami. Obserwacje spektroskopowe linii serii Balmera ukazujące charakterystycznie rozdwojone linie (np. $H\alpha$) jest interpretowane, jako pochodzące od rotującego dysku (Smak 1981). Gdy jedna jego część się do obserwatora przybliża, druga się oddala, co w efekcie powoduje przesunięcie linii ku części niebieskiej i czerwonej widma. Obserwacje rozkładu spektralnego w szerokim zakresie widma również mogą stanowić wskazówkę o istnieniu dysku, np. tak znaleziono dyski szczątkowe wokół białych karłów gdy okazało się, że w widmach niektórych z nich jest duża nadwyżka promieniowania podczerwonego. Dysk i przepływająca między składnikami materia spowoduje występowanie również efektów w krzywej zmian blasku, nieobserwowanych,

gdy takiego przepływu nie ma. Najważniejszym z nich to wyjaśnienie na krzywej zmian blasku w fazach, gdy widoczna jest „gorąca plama” - miejsce na dysku, w które uderza strumień materii z gwiazdy tracącej masę. O innych efektach będzie wspomniane w dalszej części tego tekstu.

Dyski akrecyjne w układach podwójnych

Układy kataklizmiczne

Są to układy podwójne składające się z gwiazdy Ciągu głównego i towarzysza bardziej zaawansowanego ewolucyjnie, białego karła. Gdy dochodzi do wypełnienia powierzchni Roche'a przez gwiazdę Ciągu Głównego materia jest przelewana przez punkt Lagrange'a L1 w kierunku białego karła. Ponieważ jego rozmiar jest niewielki, materia ta nie może zostać bezpośrednio zaakreowana, najpierw musi pozbyć się momentu pędu, który posiadała w punkcie L1. W układzie tworzy się dysk, w którym moment pędu gazu zmniejsza się, poprzez mechanizm lepkości. Schematycznie proces taki ukazuje rysunek 1. Właśnie w układach kataklizmicznych jako pierwszych rozpoznano istnienie struktur dyskowych, ich badanie przyniosło ogromny postęp w zrozumieniu procesów fizycznych zachodzących w układach podwójnych, mechanizmu promieniowania z dysków np. powstających w nich liniach emisyjnych czy samej akrecji.



Rys.1. Schematyczne pokazanie mechanizmu tworzenia się dysku akrecyjnego.

Układy z akrecją na gwiazdę Ciągu Głównego

Aby dysk akrecyjny mógł się w układzie podwójnym utworzyć, niekoniecznie jednym ze składników musi być obiekt zwarty. Gdy spełniony jest warunek, że gwiazda akreująca materię jest odpowiednio mała w porównaniu z jej powierzchnią Roche'a, a materia przepływa z towarzysza, również w tym przypadku, akrecja musi zachodzić poprzez dysk akrecyjny. Taki stacjonarny dysk akrecyjny wokół gwiazdy Ciągu Głównego lub niewiele bardziej

wywoluowanej tworzy się w układach typu Algola o okresie orbitalnym większym niż kilkanaście dni.

Fenomenologiczny model dysku

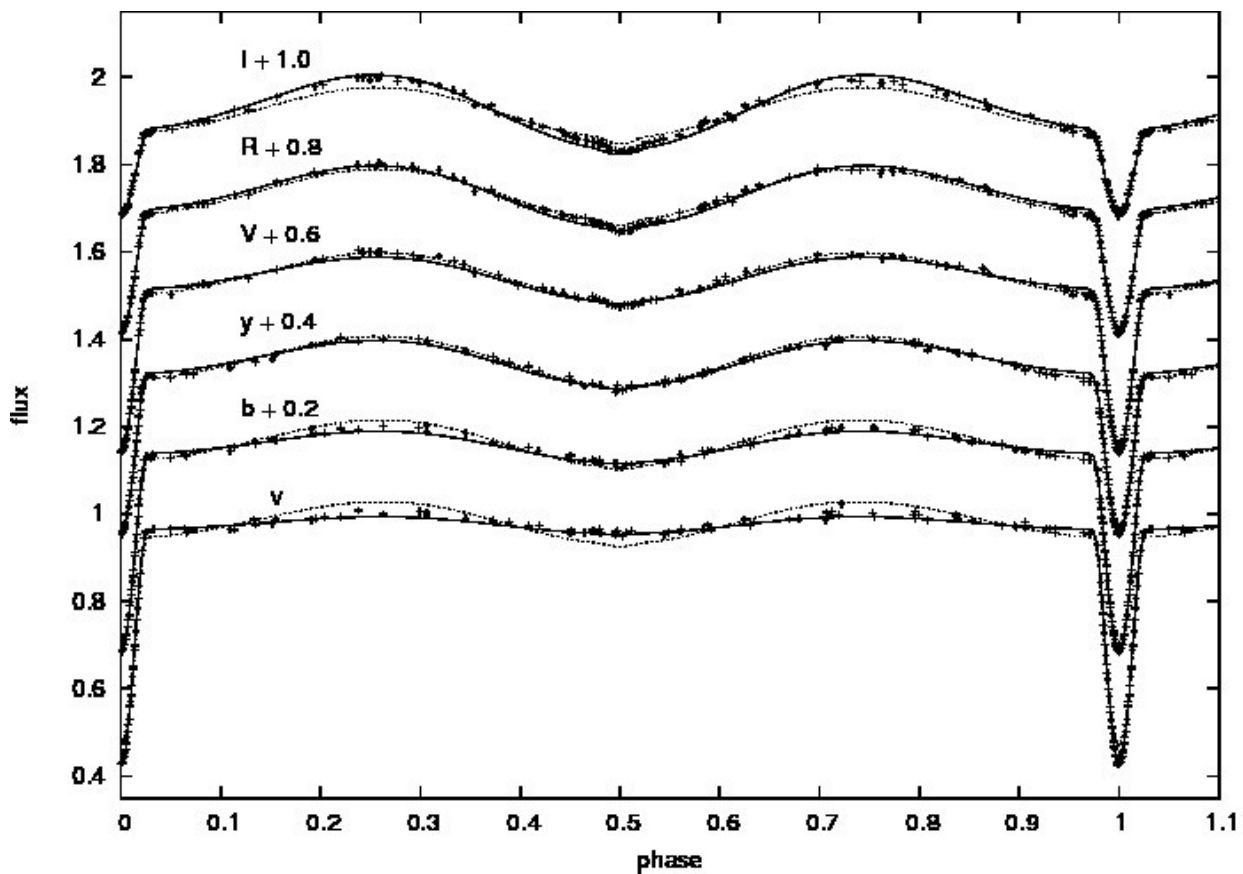
Aby wygenerować krzywą zmian blasku układu podwójnego zawierającego dysk akrecyjny wokół jednego ze składników potrzeba opracować model takiego układu. Taki model musi uwzględniać wszystkie efekty, które w takim układzie mogą być zaobserwowane: zakrycia gwiazd, nierównomierny rozkład temperatur na powierzchniach gwiazd czy zmianę powierzchni rzutowanej na sferę niebieską spowodowaną ruchem orbitalnym i kształtem powierzchni gwiazd odbiegającym od sferycznego a spowodowanym obecnością towarzysza. Obecność dysku wprowadzi dodatkowe zaburzenia w krzywej zmian blasku i zależne od tego, jaki model dysku jest uwzględniany, w szczególności to, jaki dysk ma kształt.

Model z dyskiem kołowym

Najprostszym założeniem wprowadzanym do modeli numerycznych pozwalających wygenerować syntetyczne krzywe zmian blasku jest przyjęcie, że dysk jest stacjonarny, optycznie gruby i ma kształt kołowy. Upraszcza to znakomicie sam model i minimalizuje wykonywane przez program obliczenia. Obecność takiego dysku wokół jednej z gwiazd układu zmodyfikuje krzywą zmian blasku o 2 podstawowe efekty: obydwie minima, w porównaniu z takim samym układem, ale bez dysku, staną się głębsze (poprzez zaćmienie dysku w jednym i zakrycie gwiazdy tracącej masę w drugim) oraz minimum gdy zachodzi tranzyt tejże gwiazdy na tle drugiej i dysku będzie zaczynać się wcześniej, gdyż najpierw rozpocznie się zakrycie większego dysku, a dopiero później otoczonej nim gwiazdy.

Zastosowanie modelu z dyskiem kołowym do opracowania modelu układu WW And

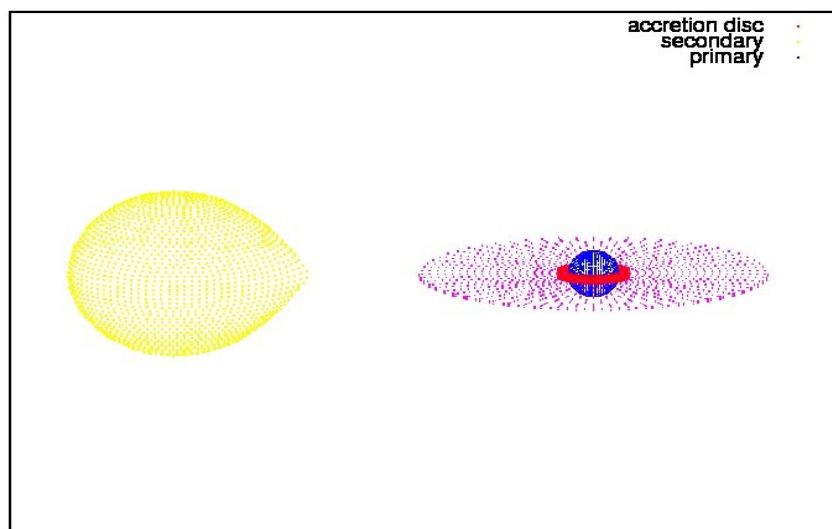
Model z dyskiem kołowym został zastosowany do otrzymania parametrów fizycznych składników układu zaćmieniowego WW And. Jest to układ o okresie orbitalnym ponad 23 dni a był badany od lat 30-tych ubiegłego wieku gdyż pierwsze obserwacje spektroskopowe wykonane zostały przez Wyse (1934) i Struve (1946) a potwierdziły one to, że z układu obserwowana jest linia H α w emisji. Dokładniejsze obserwacje i także wyniki uzyskane zostały znacznie później przez Olsona i Etzela (1993), którzy zebrali kompletne pięciokolorowe krzywe zmian blasku oraz obserwacje spektroskopowe m.in. linii H α . Obserwacje tej linii, podwójnej i widocznej przez cały okres orbitalny w emisji, potwierdziły, że w układzie jest dysk akrecyjny natomiast w wyniku modelowania krzywych zmian blasku otrzymano, że żaden ze składników układu nie wypełnia swej powierzchni Rocha, co z kolei implikuje brak możliwości przepływu gazu przez punkt L1.



Rys.2. Historyczne i najnowsze krzywe zmian blasku układu WW And uzyskane w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Liniami ciągłymi i przerywanymi narysowane zostały również krzywe teoretyczne odpowiednio dla modelu z dyskiem i bez dysku.

Zakładając, że wynik otrzymany przez Olsona i Etzela może być następstwem tego, że do modelowania zastosowali oni model, który nie uwzględnia dysku w układzie, wykonane zostało ponowne modelowanie dla tych historycznych i nowo zebranych krzywych zmian blasku. Dla porównania wykonane zostało dopasowanie do obserwacji modelami bez dysku oraz z kołowym dyskiem, który otacza gorętszy składnik układu.

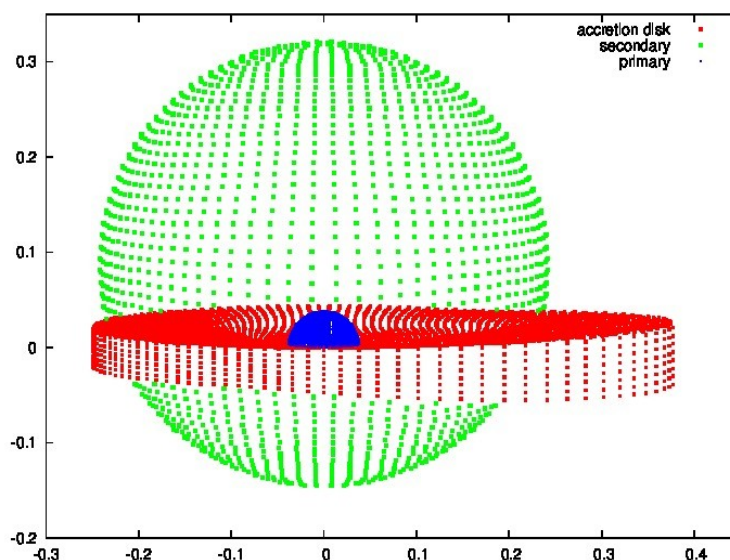
Wynik pokazano na rysunku 2, gdzie widać, że zdecydowanie lepsze dopasowanie daje model z dyskiem i jednocześnie składnik chłodniejszy wypełnia swą powierzchnię Rocha i tracąc materię dostarcza ją do dysku. Niespodziewanym wynikiem jest to, że tylko najbardziej wewnętrzne części dysku są grube optycznie. Znacznie większa, zewnętrzna część dysku musi być cienka optycznie, by dobrze odwzorować obserwowany we wszystkich filtrach kształt krzywej zmian blasku układu. Model układu WW And przedstawiony został na rysunku 3. Bardziej szczegółowe informacje na temat tego układu można znaleźć w pracy Siwak i inni (2012).



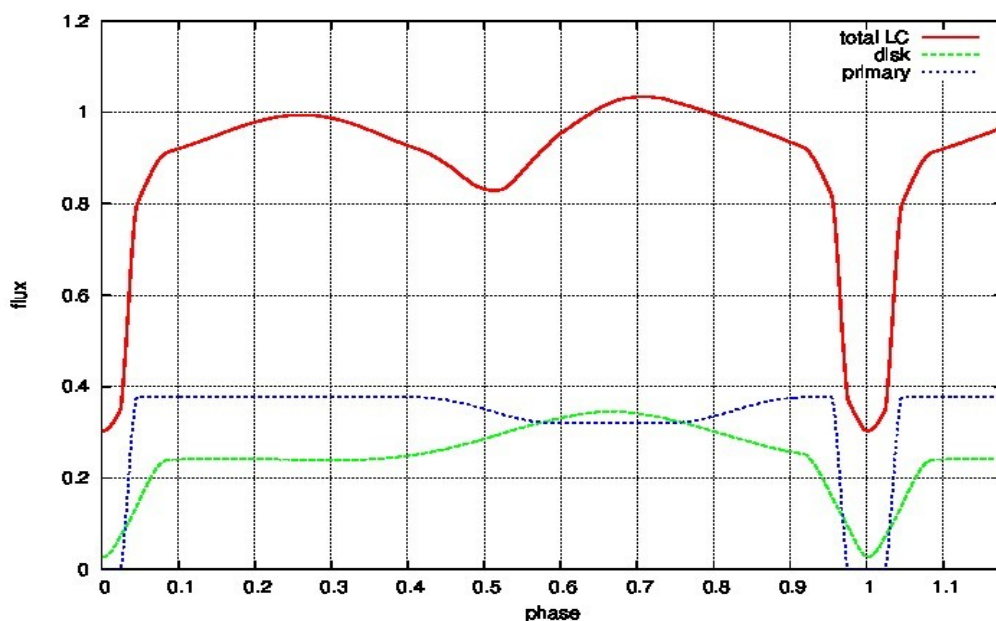
Rys.3. Model układu WW And. Chłodniejszy składnik (po lewej) wypełnia swą powierzchnie Rocha i dostarcza materii do dysku, którego tylko najbardziej wewnętrzne części (zaznaczone na czerwono) są grube optycznie.

Model z dyskiem niekołowym

Ten model jest oparty o poprzedni (dysk kołowy), ale został zmodyfikowany tak by uwzględnić niekołowy kształt dysku (Rys. 3). Taka geometria wprowadza asymetrie do krzywej zmian blasku, nieobecne w przypadku dysku kołowego.



Rys. 3. Model układu podwójnego z niekołowym dyskiem akrecyjnym.

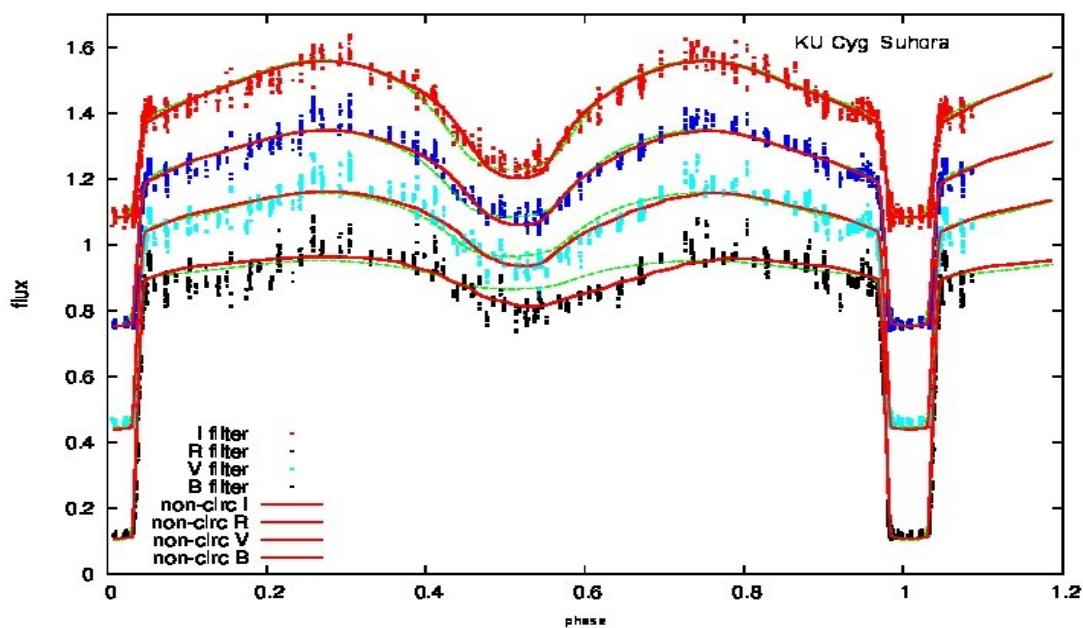


Rys.4. Teoretyczne krzywe zmian blasku uzyskane w przypadku układu podwójnego z niekołowym dyskiem akrecyjnym. Pokazano całkowity blask z układu (linia czerwona) oraz składowe pochodzące od dysku (zielona) i gwiazdy akreującej (niebieska linia przerywana).

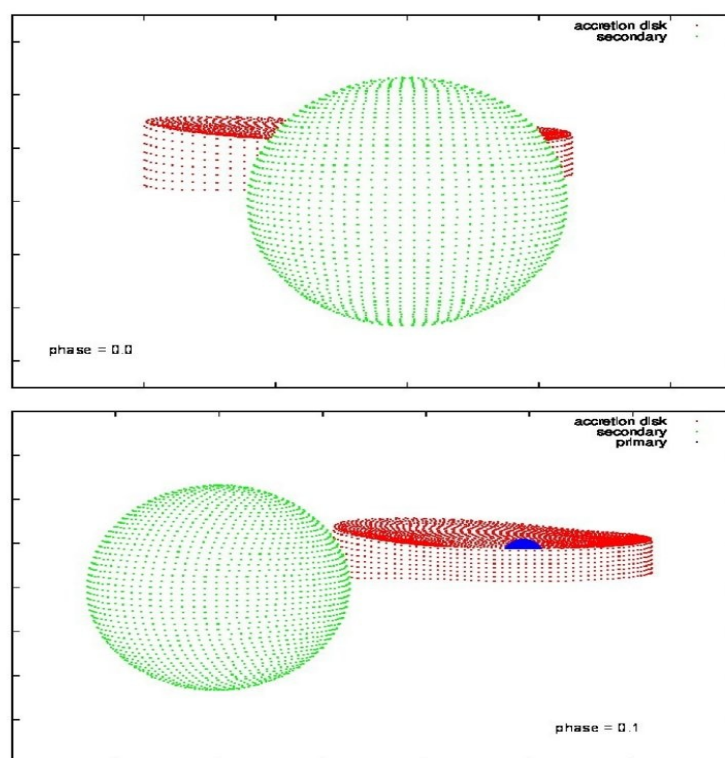
Jak widać na rysunku 4, niekołowy dysk może powodować asymetrię obu minimów, a także różną wysokość maksimów krzywej zmian blasku. Ten drugi efekt często jest obserwowany w ciasnych układach podwójnych, jednak w nich spowodowany jest występowaniem na ich powierzchni plam.

Modelowanie krzywych zmian blasku układu KU Cyg z użyciem modelu z niekołowym dyskiem akrecyjnym

KU Cyg jest układem o jeszcze dłuższym okresie orbitalnym: około 38.4 dni. Dostępne są 2 zestawy danych fotometrycznych: Olsona z lat osiemdziesiątych oraz nowsze zaobserwowane w latach 90-tych w obserwatorium na Suhorze. Układ ten był intensywnie badany przez Poppera (1964, 1965) i Olsona (1988, 1991), autora tego tekstu (Zoła 1992). Wszystkie te prace jednoznacznie sugerowały, że musi on zawierać dysk akrecyjny, który w znaczącej części przesłania składnik gorący. Własności KU Cyg zostały oszacowane przez Smaka i Plavec'a (1997) w oparciu o analizę profilu linii H α (w emisji) i dostępne w literaturze obserwacje fotometryczne. Autorzy wywnioskowali, że dysk w KU Cyg nie jest kołowy i co więcej, może podlegać niestabilności i zmieniać swój kształt na bardziej lub mniej odkształcony od kołowego oraz swój rozmiar. Celem naszej pracy (Szymański, Zoła – praca w przygotowaniu) jest sprawdzenie hipotezy niestabilności dysku w tym układzie z wykorzystaniem 2 zestawów danych oraz modelu układu z dyskiem niekołowym. Aby to zrobić, wykonane zostało modelowanie obu zestawów danych fotometrycznych niezależnie, ustalając jednocześnie najważniejsze parametry orbitalne składników wyznaczone przez Smaka i Plavec'a. Wyniki dla obserwacji wykonanych na Suhorze pokazano na rysunku 5.



Rys.5. Obserwacje fotometryczne KU Cyg zebrane na Suhorze i krzywe teoretyczne dla modelu dysku kołowego (linie przerywane) i niekołowego (ciągłe).



Rys. 6. Zobrazowanie modelu układu KU Cyg w fazach 0 (minimum główne) i 0.1.

Otrzymano, że w przypadku obu zestawów danych model z dyskiem niekołowym opisuje obserwacje znacznie lepiej – widać to wyraźnie dla krzywych zmian blasku wykonanych w filtrach o krótszych długościach fali

(B z Suhory, v w danych Olsona). Pokazano także, że odkształcenie dysku od kształtu kołowego jest inne dla tych zestawów danych, inna też jest pozycja części dysku o większym promieniu. Świadczy to o możliwości precesji dysku i zmianie jego wielkości w skali czasowej niecałych 10 lat a w konsekwencji o tym, że także w tym przypadku możemy mieć do czynienia z mechanizmem niestabilności termiczno-pływowej, obserwowanej w kataklizmicznych układach.

Bibliografia

- Olson E.C., 1988, AJ, 96, 1439
Olson E. C., Etzel, P.B., 1993, AJ, 106, 2
Popper D.M., 1964, ApJ, 139, 143
Popper D.M., 1965, ApJ, 141, 314
Siwak M., Zoła S., Szymański T., Kurpińska-Winiarska M., Winiarski M.,
Kozieł-Wierzbowska D., Waniak W., Drahus M., 2012, New Astronomy,
17, 691
Smak J.I., 1981, Acta Astronomica, 31, 395
Smak J.I., 1997, Acta Astronomica, 47, 345
Struve O., 1946, ApJ, 103, 76
Wyse A.B., 1934, Lick Observatory Bulletin, 17, 37
Zoła S., 1992, Acta Astronomica, 42, 355

Новогодние пожелания (Życzenia noworoczne)

Проходит год, трудами полный,
И снова - новый горизонт.
Что принесет, какие волны?
Куда ведет нас жизни мост?

С большим хочу я оптимизмом
Смотреть в грядущие года,
И пожелать: что б в нашей жизни
Исчезли беды навсегда;

Что бы здоровье было крепким;
Успехов длинным ряд, статей;
Поездок новых интересных
И плодотворнейших идей;

Учителей нам добрых, мудрых,
Что в мир откроют Знания дверь;
Учеников упорных, чудных,
Что превзойдут нас - ты поверь!

Коль были б все открыты двери,
То было б сложно выбрать путь.
Но ураганные метели
Придется все же обогнуть!

В большой флотилии плывущий
На малом судне капитан
Что б обеспечить хлеб насущный,
Что б повидать побольше стран,

Что б сохранить корабль целым,
Что б дать возможность процветать
Команде должен быть примером,
И от невзгод оберегать.

Горит огонь энтузиазма-
Его столь важно поддержать
И из идей довольно разных
Нам оптимальную создать!

Вся жизнь идет в сплошном движении,
Так пусть без кочек будет путь!
И пусть успехи в восхищенье
Друзей всех наших приведут!

Путь каждый, как звезда в созвездье
Сияет ярко и легко!
К Прогрессу путь проходим вместе,
Хотелось бы, что б далеко!

Пусть личность будет многогранной,
Взойти на личный Эверест
Помогут пусть друзья команды,
Что лишь усиливают блеск!

Пускай находится в движении
Корабль каждый, вдаль несет
Задора, Счастья и Уменья
И Процветания полет!

Студенты пусть гранит науки
Успешно в модулях грызут,
Не оставляя время скуке,
К вершинам Знания идут!

Желаю радостного смеха,
Что б жизнь была повеселей;
И что бы жизни нашей вехи
Добром светили для людей!



Иван Андронов, Odessa

Osoby zainteresowane astronomią i/lub astronautyką zapraszamy do działających w Częstochowie organizacji astronomicznych. Oto one:

*

**Sekcja Astronomiczna Koła Naukowego Studentów Wydziału
Matematyczno Przyrodniczego AJD (w skrócie: SA przyrodników)**

Opiekun Sekcji: dr Bogdan Wszolek (bogdan@ajd.czyst.pl)

Przewodnicząca Sekcji: Agnieszka Debudej

Siedziba: Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, pok. 4002

Regularne spotkania: środy, godz. 19–20:30 (w planetarium, pok. 4004)

Członkowie: głównie studenci AJD, ale również studenci innych uczelni częstochowskich, a nawet zainteresowana młodzież częstochowskich szkół średnich.

**PTMA – Oddział w Częstochowie im. Księdza Bonawentury Metlera
(w skrócie: „Metlerowcy”)**



Bliższe szczegóły na stronie: www.ptma.ajd.czyst.pl

Stowarzyszenie Astronomia Nova



Bliższe szczegóły na stronie: www.astronomianova.org