

Częstochowski
Kalendarz Astronomiczny
2016

Rok XII

Redakcja
Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmich

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronie

www.astronomianova.org

Podstawową formą książki jest wersja drukowana

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2016

Redakcja

Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Ivan L. Andronov
Kateryna D. Andrych
Michele Armano
Patrycja Bagińska
Aleksandr R. Baransky
Karolina Bąkowska
Robert Betka
Leszek Błaszkiwicz
Vitalii V. Breus
Dorota Budzyń
Lidia L. Chinarova
Maksym S. Chyzhyk
Konrad Cyprych
Weronika Erdmann
Filip Ficek
Tomasz Fuchs
Włodzimierz Godłowski
Aleksander Gorgolewski
Jędrzej Górski
Radosław Groński
Konrad Gruber
Piotr Gruber
Szymon Gryś
Tibor Hegedüs
Maciej Jakimiec
Daniel Kaczmar
Mikołaj Karawacki
Daniel Karczmit
Yonggi Kim
Young-Hee Kim
Agata Kołodziejczyk
Jędrzej Kowalewski

Olaf Kowalski
Larisa S. Kudashkina
Adam Kurzak
Artur Leśniczek
Vladyslava I. Marsakova
Sylvia Miernik
Agata Mintus
Bartosz Moczala
Oldrich Motyka
Weronika Mrozińska
Adam Nawrot
Marek Nowak
Michał Olejarczyk
Leszek Orzechowski
Paulina Pajowska
Nikolaos Perakis
Karol Petrik
Joanna Popiela
Remigiusz Pospieszyski
Bartosz Postulka
Jakub Rachucki
Milena Ratajczak
Kristína Štrbová
Mariia G. Tkachenko
Virginia Trimble
Aleksander Tuzik
Łukasz Wilczyński
Bogdan Wszolek
Marcin Wygachiewicz
Joh-Na Yoon
Stanisław Zoła
Waldemar Zwierzchlejski



Stowarzyszenie Astronomia Nova

oraz

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Częstochowa 2015

Zespół recenzentów

Ivan L. Andronov, Marek Biesiada, Krzysztof Maślanka

Redakcja naukowa

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszolek

Redakcja techniczna

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, 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

Logo Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi
w Rzepienniku Biskupim

© Copyright by Astronomia Nova oraz Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978-83-7455-471-8

ISSN 1895-0787

Zamieszczone w książce fotografie, jeśli nie wskazano źródła,
pochodzą z archiwum Astronomii Novej

Wydanie niniejszego tomu było współfinansowane przez
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
i Dziekana WMP AJD w Częstochowie

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

42-200 Częstochowa, ul. Waszyngtona 4/8

tel. (34) 378-43-29, faks (34) 378-43-19

www.ajd.czyst.pl

e-mail: wydawnictwo@ajd.czyst.pl

Spis treści

| | |
|--|-----|
| Słowo wstępne (<i>B. Wszolek</i>) | 7 |
| Część pierwsza (tabelaryczna) | |
| Kalendarz na rok 2016 (<i>A. Kuźmich</i>) | 9 |
| W roku 2016 (<i>A. Kuźmich, B. Wszolek</i>) | 21 |
| VIII Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova” | 23 |
| III Konferencja „Astronomia – nauka i wiara” | 24 |
| XIII Konkurs Astronomiczny „Urania” | 25 |
| VI Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica” | 26 |
| V Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii | 27 |
| 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) | |
| Одесское отделение Астрономии Новой – 2015 (<i>I. Andronov</i>) | 53 |
| AGH Space Systems – autoprezentacja (<i>T. Fuchs i in.</i>) | 61 |
| Sześćdziesiąty Szósty Międzynarodowy Kongres Astronautyczny (<i>A. Kołodziejczyk</i>) | 63 |
| Roje meteorów (<i>A. Leśniczek</i>) | 65 |
| Wybrane częstochowskie obserwacje astrofotograficzne (<i>M. Nowak</i>) | 69 |
| Kronika Astronomii Novej za rok 2015 (<i>B. Wszolek</i>) | 77 |
| Relacja z dni otwarcia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim (<i>B. Wszolek</i>) | 101 |
| Część trzecia (artykuły popularnonaukowe) | |
| LOFAR - teleskop z przyszłości (<i>L. Błaszkiwicz</i>) | 147 |
| Astrobiologiczna misja stratosferyczna (<i>A. Kołodziejczyk</i>) | 155 |
| Tranzyty Merkurego (<i>A. Leśniczek</i>) | 161 |
| Joseph Weber (<i>V. Trimble</i>) | 165 |
| New Horizons – wyprawa ku krańcom Układu Słonecznego (<i>W. Zwierzchlejski</i>) | 171 |
| Część czwarta (przyczynki naukowe) | |
| Newly discovered eclipsing binary 2MASS J18024395+4003309 (VSX J180243.9+400331): two-color photometry vs phenomenological modeling (<i>I. Andronov i in.</i>) | 189 |
| The size of the emitting region in the magnetic eclipsing cataclysmic variable stars (<i>K. Andrych, I. Andronov</i>) | 195 |
| LISA Pathfinder: the gravity explorer (<i>M. Armano</i>) | 201 |
| Analysis of photometric observations of an eclipsing dwarf nova – IY UMa (<i>K. Bąkowska, R. Pospieszynski</i>) | 205 |
| On the orbital period of the intermediate polar V2306 Cygni (<i>V. Breus i in.</i>) ... | 211 |
| Astronomia aksjonowa (<i>F. Ficek</i>) | 217 |
| Nowa metoda badania orientacji galaktyk w gromadach (<i>W. Godłowski i in.</i>) .. | 223 |
| Mosses as candidates for stratospheric biomarkers (<i>A. Kołodziejczyk i in.</i>) | 253 |

| | |
|--|-----|
| 3D diagrams for the photometrical characteristics of the Mira-type variable stars (<i>L. Kudashkina</i>) | 265 |
| Impact of pulsation activity on the light curves of symbiotic variables (<i>V. Marsakova i in.</i>) | 269 |
| The Etherington relation in the observational cosmology (<i>S. Miernik</i>) | 279 |
| Planetary atmospheric entry vehicle for Cansat Competition 2015 in Texas (<i>B. Postulka i in.</i>) | 289 |
| Atmosfery egzoplanet (<i>M. Ratajczak</i>) | 291 |
| Exoplanets and the multiverses (<i>V. Trimble</i>) | 297 |
| 3rd International Space Science and Technology Conference „Meet The Space” (<i>A. Kołodziejczyk i in.</i>) | 309 |

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 ku studiowaniu zarówno nauk ścisłych, jak i humanistycznych. Wiedza o dawnych i dzisiejszych zdobyczach astronomii jest szeroko dostępna, ale społeczna jej przyswajalność jest niewielka. Braki edukacyjne w dziedzinie astronomii, niezależnie od tego co je powoduje, świadczą o zaniedbaniach ze strony środowisk kulturotwórczych. Coroczne wydawanie Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego ma zaniedbania takie umniejszać.

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

W części pierwszej kalendarza czytelnik znajdzie wiele informacji szczegółowych, dotyczących różnych zjawisk astronomicznych, oraz informacje o konkursach i konferencjach astronomicznych w roku 2016. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Zawiera siedem artykułów, w tym kronikę zdarzeń o wydźwięku astronomicznym i astronautycznym za rok 2015, oraz relacje ważniejszych wydarzeń, w których uczestniczyli członkowie Astronomii Novej lub częstochowscy miłośnicy astronomii. Część trzecia zawiera pięć przyczynków popularnonaukowych. Część czwarta zawiera piętnaście przyczynków naukowych, prezentowanych w większości podczas VII Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova” oraz podczas III Konferencji „Meet The Space”.

Bogdan Wszolek

* * *

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

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

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

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

Czas letni w roku 2016 obowiązuje od 27 marca do 29 października

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

Kalendarz na rok 2016

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

| Styczeń | | | |
|--|--------------|-----------|--|
| Do światła Ignąc nabierajmy sprawności ku poprawie świata | | | |
| Bogdan Wszolek | | | |
| DM | DT | DR | Uwagi (Zjawiska/święta/rocznice/zdarzenia) godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT) |
| 1 | piątek | 1 | |
| 2 | sobota | 2 | Ostatnia kwadra Księżyca (6), Księżyc w apogeum (12), Ziemia w peryhelium (23) |
| 3 | niedziela | 3 | Mars 1. [°] 5 S od Księżyca (19) |
| 4 | poniedziałek | 4 | |
| 5 | wtorek | 5 | |
| 6 | środa | 6 | Pluton w koniunkcji ze Słońcem (3), Wenus 6° N od Antaresa (17) |
| 7 | czwartek | 7 | Wenus 3° S od Księżyca (00), Saturn 3° S od Księżyca (5) |
| 8 | piątek | 8 | |
| 9 | sobota | 9 | Wenus 0. [°] 09 N od Saturna (4) |
| 10 | niedziela | 10 | Nów Księżyca (2) |
| 11 | poniedziałek | 11 | |
| 12 | wtorek | 12 | |
| 13 | środa | 13 | Neptun 2° S od Księżyca (15) |
| 14 | czwartek | 14 | Dolna koniunkcja Merkurego (14) |
| 15 | piątek | 15 | Księżyc w perygeum (2) |
| 16 | sobota | 16 | Uran 1. [°] 5 N od Księżyca (6), pierwsza kwadra Księżyca (23) |
| 17 | niedziela | 17 | |
| 18 | poniedziałek | 18 | |
| 19 | wtorek | 19 | Pallas w koniunkcji ze Słońcem (10) |
| 20 | środa | 20 | Aldebaran 0. [°] 5 S od Księżyca (3) |
| 21 | czwartek | 21 | |
| 22 | piątek | 22 | |
| 23 | sobota | 23 | |
| 24 | niedziela | 24 | Pełnia Księżyca (2) |
| 25 | poniedziałek | 25 | |
| 26 | wtorek | 26 | |
| 27 | środa | 27 | |
| 28 | czwartek | 28 | Jowisz 1. [°] 4 N od Księżyca (1) |
| 29 | piątek | 29 | |
| 30 | sobota | 30 | Księżyc w apogeum (9) |
| 31 | niedziela | 31 | |

Luty

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

Galileusz

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|----|---|
| 1 | poniedziałek | 32 | Ostatnia kwadra Księżyca (3), Mars 3° S od Księżyca (9) |
| 2 | wtorek | 33 | |
| 3 | środa | 34 | Saturn 3° S od Księżyca (19) |
| 4 | czwartek | 35 | |
| 5 | piątek | 36 | |
| 6 | sobota | 37 | Wenus 4° S od Księżyca (8), Merkury 4° S od Księżyca (17) |
| 7 | niedziela | 38 | Maksymalna (26° W) elongacja Merkurego (1) |
| 8 | poniedziałek | 39 | Nów Księżyca (15) |
| 9 | wtorek | 40 | |
| 10 | środa | 41 | Neptun 2° S od Księżyca (00), <i>Popielec</i> |
| 11 | czwartek | 42 | Księżyc w perygeum (3) |
| 12 | piątek | 43 | Uran 1.°7 N od Księżyca (14) |
| 13 | sobota | 44 | |
| 14 | niedziela | 45 | |
| 15 | poniedziałek | 46 | Pierwsza kwadra Księżyca (8) |
| 16 | wtorek | 47 | Aldebaran 0.°3 S od Księżyca (8) |
| 17 | środa | 48 | |
| 18 | czwartek | 49 | |
| 19 | piątek | 50 | |
| 20 | sobota | 51 | |
| 21 | niedziela | 52 | |
| 22 | poniedziałek | 53 | Pełnia Księżyca (18) |
| 23 | wtorek | 54 | |
| 24 | środa | 55 | Jowisz 1.°7 N od Księżyca (4) |
| 25 | czwartek | 56 | |
| 26 | piątek | 57 | |
| 27 | sobota | 58 | Księżyc w apogeum (3) |
| 28 | niedziela | 59 | Neptun w koniunkcji ze Słońcem (16) |
| 29 | poniedziałek | 60 | Mars 4° S od Księżyca (18) |

Marzec

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

Stephen Hawking

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|----|---|
| 1 | wtorek | 61 | Ostatnia kwadra Księżyca (23) |
| 2 | środa | 62 | Saturn 4° S od Księżyca (7) |
| 3 | czwartek | 63 | Ceres w koniunkcji ze Słońcem (22) |
| 4 | piątek | 64 | |
| 5 | sobota | 65 | |
| 6 | niedziela | 66 | |
| 7 | poniedziałek | 67 | Wenus 4° S od Księżyca (11) |
| 8 | wtorek | 68 | Opozycja Jowisza (11) |
| 9 | środa | 69 | Nów Księżyca (2), całkowite zaćmienie Słońca |
| 10 | czwartek | 70 | Księżyc w perygeum (7) |
| 11 | piątek | 71 | Uran 1.°9 N od Księżyca (1) |
| 12 | sobota | 72 | |
| 13 | niedziela | 73 | |
| 14 | poniedziałek | 74 | Aldebaran 0.°3 S od Księżyca (14) |
| 15 | wtorek | 75 | Pierwsza kwadra Księżyca (17) |
| 16 | środa | 76 | |
| 17 | czwartek | 77 | |
| 18 | piątek | 78 | |
| 19 | sobota | 79 | |
| 20 | niedziela | 80 | Początek astronomicznej wiosny (4:30), Wenus 0.°5 S od Neptuna (14) <i>Niedziela Palmowa</i> |
| 21 | poniedziałek | 81 | |
| 22 | wtorek | 82 | Jowisz 2° N od Księżyca (4) |
| 23 | środa | 83 | Pełnia Księżyca (12), częściowe zaćmienie Księżyca, górną koniunkcją Merkurego (20) |
| 24 | czwartek | 84 | |
| 25 | piątek | 85 | Księżyc w apogeum (14) |
| 26 | sobota | 86 | |
| 27 | niedziela | 87 | Wielkanoc |
| 28 | poniedziałek | 88 | Mars 4° S od Księżyca (19) |
| 29 | wtorek | 89 | Saturn 3° S od Księżyca (15) |
| 30 | środa | 90 | |
| 31 | czwartek | 91 | Ostatnia kwadra Księżyca (15) |

Kwiecień

Móglbym przemierzać kosmos bez końca

Jurij Gagarin

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | piątek | 92 | |
| 2 | sobota | 93 | |
| 3 | niedziela | 94 | |
| 4 | poniedziałek | 95 | |
| 5 | wtorek | 96 | Neptun 1.°9 S od Księżyca (1) |
| 6 | środa | 97 | Wenus 0.°7 S od Księżyca (8) |
| 7 | czwartek | 98 | Nów Księżyca (11), Księżyc w perygeum (18) |
| 8 | piątek | 99 | Merkury 5° N od Księżyca (11) |
| 9 | sobota | 100 | Westa 0.°02 S od Księżyca (4), Uran w koniunkcji ze Słońcem (21) |
| 10 | niedziela | 101 | Aldebaran 0.°3 S od Księżyca (22) |
| 11 | poniedziałek | 102 | |
| 12 | wtorek | 103 | |
| 13 | środa | 104 | |
| 14 | czwartek | 105 | Pierwsza kwadra Księżyca (4) |
| 15 | piątek | 106 | |
| 16 | sobota | 107 | |
| 17 | niedziela | 108 | |
| 18 | poniedziałek | 109 | Jowisz 2° N od Księżyca (5), maksymalna (20° E) elongacja Merkurego (14) |
| 19 | wtorek | 110 | |
| 20 | środa | 111 | |
| 21 | czwartek | 112 | Księżyc w apogeum (16) |
| 22 | piątek | 113 | Pełnia Księżyca (5) |
| 23 | sobota | 114 | |
| 24 | niedziela | 115 | |
| 25 | poniedziałek | 116 | Mars 5° S od Księżyca (4), Saturn 3° S od Księżyca (19) |
| 26 | wtorek | 117 | |
| 27 | środa | 118 | Opozycja Juno (3) |
| 28 | czwartek | 119 | |
| 29 | piątek | 120 | |
| 30 | sobota | 121 | Ostatnia kwadra Księżyca (3) |

Maj

Astronomia muzyką inteligencji

Juliusz Słowacki

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|---|
| 1 | niedziela | 122 | |
| 2 | poniedziałek | 123 | Neptun 1. ^o 7 S od Księżyca (11) |
| 3 | wtorek | 124 | |
| 4 | środa | 125 | |
| 5 | czwartek | 126 | Uran 2° N od Księżyca (3) |
| 6 | piątek | 127 | Księżyc w perygeum (4), nów Księżyca (19) |
| 7 | sobota | 128 | |
| 8 | niedziela | 129 | Aldebaran 0. ^o 5 S od Księżyca (9) |
| 9 | poniedziałek | 130 | Tranzyt Merkurego przez tarczę Słońca (15), dolna koniunkcja Merkurego (15) |
| 10 | wtorek | 131 | |
| 11 | środa | 132 | |
| 12 | czwartek | 133 | |
| 13 | piątek | 134 | Pierwsza kwadra Księżyca (17) |
| 14 | sobota | 135 | |
| 15 | niedziela | 136 | Jowisz 2° N od Księżyca (10) |
| 16 | poniedziałek | 137 | |
| 17 | wtorek | 138 | |
| 18 | środa | 139 | Księżyc w apogeum (22) |
| 19 | czwartek | 140 | |
| 20 | piątek | 141 | |
| 21 | sobota | 142 | Mars 6° S od Księżyca (20), pełnia Księżyca (21) |
| 22 | niedziela | 143 | Opozycja Marsa (11), Saturn 3° S od Księżyca (22) |
| 23 | poniedziałek | 144 | Westa w koniunkcji ze Słońcem (19) |
| 24 | wtorek | 145 | |
| 25 | środa | 146 | |
| 26 | czwartek | 147 | Boże Ciało |
| 27 | piątek | 148 | |
| 28 | sobota | 149 | |
| 29 | niedziela | 150 | Ostatnia kwadra Księżyca (12), Neptun 1. ^o 4 S od Księżyca (19) |
| 30 | poniedziałek | 151 | |
| 31 | wtorek | 152 | |

Czerwiec

Praca naukowa formą oddawania czci Bogu

Johannes Kepler

| DM | DT | DR | Uwagi |
|-----------|--------------|-----------|---|
| 1 | środa | 153 | Uran 2° N od Księżyca (14) |
| 2 | czwartek | 154 | |
| 3 | piątek | 155 | Opozycja Saturna (7), Merkury 0.°7 N od Księżyca (10), Księżyc w perygeum (11) |
| 4 | sobota | 156 | |
| 5 | niedziela | 157 | Nów Księżyca (3), maksymalna (24° W) elongacja Merkurego (9) |
| 6 | poniedziałek | 158 | Górna koniunkcja Wenus (22) |
| 7 | wtorek | 159 | |
| 8 | środa | 160 | |
| 9 | czwartek | 161 | |
| 10 | piątek | 162 | |
| 11 | sobota | 163 | Jowisz 1.°5 N od Księżyca (20) |
| 12 | niedziela | 164 | Pierwsza kwadra Księżyca (8) |
| 13 | poniedziałek | 165 | |
| 14 | wtorek | 166 | |
| 15 | środa | 167 | Księżyc w apogeum (12) |
| 16 | czwartek | 168 | |
| 17 | piątek | 169 | Mars 7° S od Księżyca (10) |
| 18 | sobota | 170 | |
| 19 | niedziela | 171 | Saturn 3° S od Księżyca (00), Merkury 4° N od Aldebarana (21) |
| 20 | poniedziałek | 172 | Pełnia Księżyca (11), pierwszy dzień astronomicznego lata (22:34) |
| 21 | wtorek | 173 | |
| 22 | środa | 174 | |
| 23 | czwartek | 175 | |
| 24 | piątek | 176 | |
| 25 | sobota | 177 | |
| 26 | niedziela | 178 | Neptun 1.°2 S od Księżyca (1) |
| 27 | poniedziałek | 179 | Ostatnia kwadra Księżyca (18) |
| 28 | wtorek | 180 | Uran 3° N od Księżyca (23) |
| 29 | środa | 181 | |
| 30 | czwartek | 182 | |

Lipiec

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

John F. Kennedy

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|---|
| 1 | piątek | 183 | Księżyc w perygeum (7) |
| 2 | sobota | 184 | Aldebaran 0.°4 S od Księżyca (4) |
| 3 | niedziela | 185 | |
| 4 | poniedziałek | 186 | Nów Księżyca (11), Ziemia w aphelium (16) |
| 5 | wtorek | 187 | |
| 6 | środa | 188 | |
| 7 | czwartek | 189 | Górna koniunkcja Merkurego (3) |
| 8 | piątek | 190 | |
| 9 | sobota | 191 | Jowisz 0.°9 N od Księżyca (10) |
| 10 | niedziela | 192 | |
| 11 | poniedziałek | 193 | |
| 12 | wtorek | 194 | Pierwsza kwadra Księżyca (1) |
| 13 | środa | 195 | Księżyc w apogeum (5) |
| 14 | czwartek | 196 | Mars 8° S od Księżyca (18) |
| 15 | piątek | 197 | |
| 16 | sobota | 198 | Saturn 3° S od Księżyca (5), Merkury 0.°5 N od Wenus (18) |
| 17 | niedziela | 199 | |
| 18 | poniedziałek | 200 | |
| 19 | wtorek | 201 | Pełnia Księżyca (23) |
| 20 | środa | 202 | |
| 21 | czwartek | 203 | |
| 22 | piątek | 204 | |
| 23 | sobota | 205 | Neptun 1.°1 S od Księżyca (6) |
| 24 | niedziela | 206 | |
| 25 | poniedziałek | 207 | |
| 26 | wtorek | 208 | Uran 3° N od Księżyca (4), ostatnia kwadra Księżyca (23) |
| 27 | środa | 209 | Księżyc w perygeum (12) |
| 28 | czwartek | 210 | |
| 29 | piątek | 211 | Aldebaran 0.°3 S od Księżyca (11) |
| 30 | sobota | 212 | |
| 31 | niedziela | 213 | Merkury 0.°3 N od Regulusa (17) |

Sierpień

Niebiosa opowiadają chwałę Boga, a dzieła rąk Jego oznajmia firmament

Ps . 19.

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | poniedziałek | 214 | |
| 2 | wtorek | 215 | Nów Księżycy (21) |
| 3 | środa | 216 | |
| 4 | czwartek | 217 | Wenus 3° N od Księżycy (6), Merkury 0.°6 N od Księżycy (22) |
| 5 | piątek | 218 | Wenus 1.°1 N od Regulusa (9) |
| 6 | sobota | 219 | Jowisz 0.°2 N od Księżycy (4) |
| 7 | niedziela | 220 | |
| 8 | poniedziałek | 221 | |
| 9 | wtorek | 222 | |
| 10 | środa | 223 | Księżyc w apogeum (00), pierwsza kwadra Księżycy (18) |
| 11 | czwartek | 224 | Mars 8° S od Księżycy (22) |
| 12 | piątek | 225 | Saturn 4° S od Księżycy (12) |
| 13 | sobota | 226 | |
| 14 | niedziela | 227 | |
| 15 | poniedziałek | 228 | |
| 16 | wtorek | 229 | Maksymalna (27° E) elongacja Merkurego (21) |
| 17 | środa | 230 | |
| 18 | czwartek | 231 | Pełnia Księżycy (9), częściowe zaćmienie Księżycy |
| 19 | piątek | 232 | Neptun 1.°1 S od Księżycy (12) |
| 20 | sobota | 233 | Pallas w opozycji (12) |
| 21 | niedziela | 234 | |
| 22 | poniedziałek | 235 | Księżyc w perygeum (1), Uran 3° N od Księżycy (10) |
| 23 | wtorek | 236 | |
| 24 | środa | 237 | Mars 1.°8 N od Antaresa (4) |
| 25 | czwartek | 238 | Ostatnia kwadra Księżycy (4), Aldebaran 0.°2 S od Księżycy (17), Mars 4° S od Saturna (18) |
| 26 | piątek | 239 | |
| 27 | sobota | 240 | Merkury 5° S od Wenus (5), Wenus 0.°07 N od Jowisza (22) |
| 28 | niedziela | 241 | |
| 29 | poniedziałek | 242 | |
| 30 | wtorek | 243 | |
| 31 | środa | 244 | |

Wrzesień

Żaden pesymista nigdy nie odkrył tajemnic gwiazd ...

ani nie żeglował po nieznanym wodach ...

ani nie otworzył przed człowiekiem nowego raję

Helen Keller

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | czwartek | 245 | Nów Księżyc (9), obrączkowe zaćmienie Słońca |
| 2 | piątek | 246 | Merkury 6° S od Księżyc (17), opozycja Neptuna (17), Jowisz 0.°4 S od Księżyc (22) |
| 3 | sobota | 247 | Wenus 1.°1 S od Księżyc (11) |
| 4 | niedziela | 248 | |
| 5 | poniedziałek | 249 | |
| 6 | wtorek | 250 | Księżyc w apogeum (19) |
| 7 | środa | 251 | |
| 8 | czwartek | 252 | Saturn 4° S od Księżyc (21) |
| 9 | piątek | 253 | Pierwsza kwadra Księżyc (12), Mars 8° S od Księżyc (14) |
| 10 | sobota | 254 | |
| 11 | niedziela | 255 | |
| 12 | poniedziałek | 256 | |
| 13 | wtorek | 257 | Dolna koniunkcja Merkurego (00) |
| 14 | środa | 258 | |
| 15 | czwartek | 259 | Neptun 1.°2 S od Księżyc (20) |
| 16 | piątek | 260 | Pełnia Księżyc (19), częściowe zaćmienie Księżyc |
| 17 | sobota | 261 | Wenus 3° N od Spiki (23) |
| 18 | niedziela | 262 | Księżyc w perygeum (17), Uran 3° N od Księżyc (17) |
| 19 | poniedziałek | 263 | |
| 20 | wtorek | 264 | |
| 21 | środa | 265 | Aldebaran 0.°2 S od Księżyc (23) |
| 22 | czwartek | 266 | Pierwszy dzień astronomicznej jesieni (14:21) |
| 23 | piątek | 267 | Ostatnia kwadra Księżyc (10) |
| 24 | sobota | 268 | |
| 25 | niedziela | 269 | |
| 26 | poniedziałek | 270 | Jowisz w koniunkcji ze Słońcem (7) |
| 27 | wtorek | 271 | |
| 28 | środa | 272 | Maksymalna (18° W) elongacja Merkurego (20) |
| 29 | czwartek | 273 | Merkury 0.°7 N od Księżyc (11) |
| 30 | piątek | 274 | |

Październik

Poszukiwanie jest esencją ludzkiego ducha

Frank Borman

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | sobota | 275 | Nów Księżyca (00) |
| 2 | niedziela | 276 | |
| 3 | poniedziałek | 277 | Wenus 5° S od Księżyca (17) |
| 4 | wtorek | 278 | Księżyc w apogeum (11) |
| 5 | środa | 279 | |
| 6 | czwartek | 280 | Saturn 4° S od Księżyca (8) |
| 7 | piątek | 281 | |
| 8 | sobota | 282 | Mars 7° S od Księżyca (12) |
| 9 | niedziela | 283 | Pierwsza kwadra Księżyca (5) |
| 10 | poniedziałek | 284 | |
| 11 | wtorek | 285 | Merkury 0.°9 N od Jowisza (4) |
| 12 | środa | 286 | |
| 13 | czwartek | 287 | Neptun 1.°2 S od Księżyca (6) |
| 14 | piątek | 288 | |
| 15 | sobota | 289 | Uran w opozycji (11) |
| 16 | niedziela | 290 | Uran 3° N od Księżyca (2), pełnia Księżyca (4) |
| 17 | poniedziałek | 291 | Księżyc w perygeum (00) |
| 18 | wtorek | 292 | |
| 19 | środa | 293 | Aldebaran 0.°3 S od Księżyca (7) |
| 20 | czwartek | 294 | |
| 21 | piątek | 295 | Ceres w opozycji (5) |
| 22 | sobota | 296 | Ostatnia kwadra Księżyca (19) |
| 23 | niedziela | 297 | |
| 24 | poniedziałek | 298 | |
| 25 | wtorek | 299 | |
| 26 | środa | 300 | Wenus 3° N od Antaresa (4) |
| 27 | czwartek | 301 | Górna koniunkcja Merkurego (16) |
| 28 | piątek | 302 | Jowisz 1.°4 S od Księżyca (10) |
| 29 | sobota | 303 | |
| 30 | niedziela | 304 | Wenus 3° S od Saturna (8), nów Księżyca (18) |
| 31 | poniedziałek | 305 | Księżyc w apogeum (18) |

Listopad

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

Jan Paweł II

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

Benedykt XVI

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | wtorek | 306 | |
| 2 | środa | 307 | Saturn 4° S od Księżyca (19) |
| 3 | czwartek | 308 | Wenus 7° S od Księżyca (4) |
| 4 | piątek | 309 | |
| 5 | sobota | 310 | |
| 6 | niedziela | 311 | Mars 5° S od Księżyca (12) |
| 7 | poniedziałek | 312 | Pierwsza kwadra Księżyca (20) |
| 8 | wtorek | 313 | |
| 9 | środa | 314 | Neptun 1° S od Księżyca (15) |
| 10 | czwartek | 315 | |
| 11 | piątek | 316 | |
| 12 | sobota | 317 | Uran 3° N od Księżyca (11) |
| 13 | niedziela | 318 | |
| 14 | poniedziałek | 319 | Księżyc w perygeum (11), pełnia Księżyca (14) |
| 15 | wtorek | 320 | Aldebaran 0.°4 S od Księżyca (17) |
| 16 | środa | 321 | |
| 17 | czwartek | 322 | |
| 18 | piątek | 323 | Merkury 3° N od Antaresa (21) |
| 19 | sobota | 324 | |
| 20 | niedziela | 325 | |
| 21 | poniedziałek | 326 | Ostatnia kwadra Księżyca (9) |
| 22 | wtorek | 327 | |
| 23 | środa | 328 | |
| 24 | czwartek | 329 | |
| 25 | piątek | 330 | Jowisz 1.°9 S od Księżyca (9) |
| 26 | sobota | 331 | |
| 27 | niedziela | 332 | Księżyc w apogeum (20) |
| 28 | poniedziałek | 333 | |
| 29 | wtorek | 334 | Nów Księżyca (12), Juno w koniunkcji ze Słońcem (20) |
| 30 | środa | 335 | |

Grudzień

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

Konstantyn Ciołkowski

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

R. Zaphiropoulos

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|--|
| 1 | czwartek | 336 | Merkury 7° S od Księżyca (4) |
| 2 | piątek | 337 | |
| 3 | sobota | 338 | Wenus 6° S od Księżyca (13) |
| 4 | niedziela | 339 | |
| 5 | poniedziałek | 340 | Mars 3° S od Księżyca (11) |
| 6 | wtorek | 341 | Neptun 0.°7 S od Księżyca (22) |
| 7 | środa | 342 | Pierwsza kwadra Księżyca (9) |
| 8 | czwartek | 343 | |
| 9 | piątek | 344 | Uran 3° N od Księżyca (20) |
| 10 | sobota | 345 | Saturn w koniunkcji ze Słońcem (12) |
| 11 | niedziela | 346 | Maksymalna (21° E) elongacja Merkurego (5) |
| 12 | poniedziałek | 347 | Księżyc w perygeum (23) |
| 13 | wtorek | 348 | Aldebaran 0.°5 S od Księżyca (5) |
| 14 | środa | 349 | Pełnia Księżyca (00) |
| 15 | czwartek | 350 | |
| 16 | piątek | 351 | |
| 17 | sobota | 352 | |
| 18 | niedziela | 353 | Regulus 1° N od Księżyca (19) |
| 19 | poniedziałek | 354 | |
| 20 | wtorek | 355 | |
| 21 | środa | 356 | Ostatnia kwadra Księżyca (2), początek astronomicznej zimy (10:44) |
| 22 | czwartek | 357 | Jowisz 2° S od Księżyca (17) |
| 23 | piątek | 358 | |
| 24 | sobota | 359 | |
| 25 | niedziela | 360 | Księżyc w apogeum (6) <i>Boże Narodzenie</i> |
| 26 | poniedziałek | 361 | |
| 27 | wtorek | 362 | Saturn 4° S od Księżyca (21) |
| 28 | środa | 363 | Dolna koniunkcja Merkurego (19) |
| 29 | czwartek | 364 | Nów Księżyca (7) |
| 30 | piątek | 365 | |
| 31 | sobota | 366 | |

W roku 2016

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

Ziemia w peryhelium: 2 styczeń (23)

Ziemia w aphelium: 4 lipiec (16)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (04:30)

Początek astronomicznego lata: 20 czerwiec (22:34)

Początek astronomicznej jesieni: 22 wrzesień (14:21)

Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (10:44)

Data juliańska (JD) = 2457387.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT
(d - kolejny dzień roku)

1 średnia doba słoneczna = 1.00273790935 średnich dób gwiazdowych
= 24^h03^m56^s.55537 średniego czasu gwiazdowego

1 średnia doba gwiazdowa = 0.99726956633 średnich dób słonecznych
= 23^h56^m04^s.09053 średniego czasu słonecznego

Średnie nachylenie ekliptyki do równika niebieskiego

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

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

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

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

Rok zaćmieniowy = 346^d.620080 = 346^d 14^h 52^m 55^s. 0

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

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

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

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

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

Zaćmienia:

8-9 III całkowite zaćmienie Słońca (Wsch. Azja, Pn. i Zach. Australia, Pn. Oceania)

23 III częściowe zaćmienie Księżyca (Pn. i Pd. Ameryka, Oceania, Australia, Azja)

9 V tranzyt Merkurego (Azja, Europa, Afryka, Grenlandia, Pn. i Pd. Ameryka)

- 18 VIII częściowe zaćmienie Księżyca (Pn. i Pd. Ameryka, Oceania, Australia, Wsch. Azja)
- 1 IX obrączkowe zaćmienie Słońca (Afryka, Madagaskar, Antarktyka)
- 16 IX częściowe zaćmienie Księżyca (Australia, Azja, Afryka, Europa Wsch. część Ameryki Pd.)

VIII Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Częstochowa, 6 – 7 maja 2016

Organizatorzy:

Stowarzyszenie Astronomia Nova
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD, AN)
Dr Agata Kołodziejczyk (ESTEC ESA, AN)
Dr Agnieszka Kuźmich (OA UJ, AN)

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

Nie będzie pobierana żadna opłata konferencyjna. Prosi się instytucje macierzyste uczestników konferencji o pokrycie kosztów ich udziału w ramach delegacji. Sugerowany czas na wygłoszenie referatu wynosi 10 minut. Przynki zostaną opublikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2017.

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 przynki, prosimy kierować na poniższy adres do dnia **20 kwietnia** 2016 roku.

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

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

III Konferencja „Astronomia – nauka i wiara” Rzepiennik Biskupi, 9 maja 2016

Organizatorzy:

Stowarzyszenie Astronomia Nova
Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD, AN, OAKJ)
Dr Agata Kołodziejczyk (ESTEC ESA, AN, OAKJ)
Dr Agnieszka Kuźmich (OA UJ, AN, OAKJ)

Konferencja dla uhonorowania ś.p. ks. prof. Konrada Rudnickiego w 90-tą rocznicę jego urodzin. Poza interdyscyplinarnymi wykładami, obejmującymi zagadnienia filozoficzne, teologiczne i astronomiczne, przewiduje się obserwacje teleskopowe rzadkiego zjawiska tranzytu Merkurego przed tarczą Słońca. Nie będzie pobierana żadna opłata konferencyjna. Sugerowany czas na wygłoszenie referatu wynosi 20 minut. Przynki zostaną opublikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2017.

Konferencja odbędzie się w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Zgłoszenia udziału, wraz z tematem, rodzajem (referat/plakat) i krótkim abstraktem przynku, prosimy kierować na poniższy adres do dnia **20 kwietnia** 2016 roku.

Dr Bogdan Wszolek
Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi
w Rzepienniku Biskupim
33-163 Rzepiennik Strzyżewski

bogdan.wszolek@gmail.com

Konkurs URANIA

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Instytut Fizyki AJD w Częstochowie organizują w roku 2016

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

Konkurs jest 2-etapowy. W etapie I uczniowie rozwiązują co najmniej dwa (najlepiej wszystkie) spośród zawartych w zestawie zadań o tematyce astronomicznej. Rozwiązania I etapu (parafowane pieczęcią szkoły, do której uczęszcza uczeń) należy dostarczyć do **30 kwietnia 2016** na adres:

Dr Bogdan Wszolek, IF AJD, Al. Armii Krajowej 13/15, pok. 4001
42-200 Częstochowa

II etap konkursu (dla wszystkich, którzy nadesłali zadania etapu I) zostanie przeprowadzony w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie w dniu **6.06.2016 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. Pomierzyć średnicę kątową Księżyca w pełni zaraz po jego wschodzie i kilka godzin później. Opisać metodę pomiaru.
2. Oblicz z jaką siłą Słońce przyciąga Ziemię, a z jaką człowieka o masie 60 kg.
3. Wykonać szkice położenia jasnych gwiazd w otoczeniu Księżyca w trzy kolejne noce. Spróbować określić z jaką prędkością kątową Księżyc przemieszcza się względem gwiazd. Opisać sposób wyznaczenia tej prędkości.
4. ISS porusza się z prędkością 7.66 km/s na wysokości 400 km. Oblicz w jakim czasie obiega ona Ziemię.
5. Sfotografować Oriona.

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

Propozycje literaturowe:

Zeszyty *Uranii–P A* na rok 2015 i 2016.

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

K.Rudnicki, *Astronomia, dawniejszy podręcznik dla klas maturalnych*, WSiP.

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.astronomianova.org

VI Międzynarodowy Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”

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

Prace należy dostarczyć **do końca kwietnia 2016** roku na adres:

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

Oficjalne ogłoszenie wyników konkursu, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się **6 czerwca 2016** roku o godzinie 15:00 w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie (Al. Armii Krajowej 13/15, pok. 4004). Wszystkich uczestników konkursu prosimy o przybycie, w szczególności tych, którzy zajęli czołowe miejsca. Nieoficjalne ogłoszenie wyników nastąpi dwa tygodnie wcześniej na stronie internetowej: www.astronomianova.org, tak by zainteresowani (zwłaszcza spoza Częstochowy) zdążyli zaplanować sobie podróż.

Organizatorzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i, przy braku sprzeciwu autorów, zostaną wykorzystane dla realizacji różnorodnych celów propagujących astronomię w społeczeństwie. Nie gwarantuje się wydania dyplomów i nagród osobom, które zgłoszą się po odbiór po 6 czerwca. W przypadku niemożności osobistego udziału w uroczystości ogłoszenia wyników należy wysłać kogoś w zastępstwie (nauczyciel, członek rodziny, kolega).

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

V Ogólnopolski Konkurs Astrofotografii

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

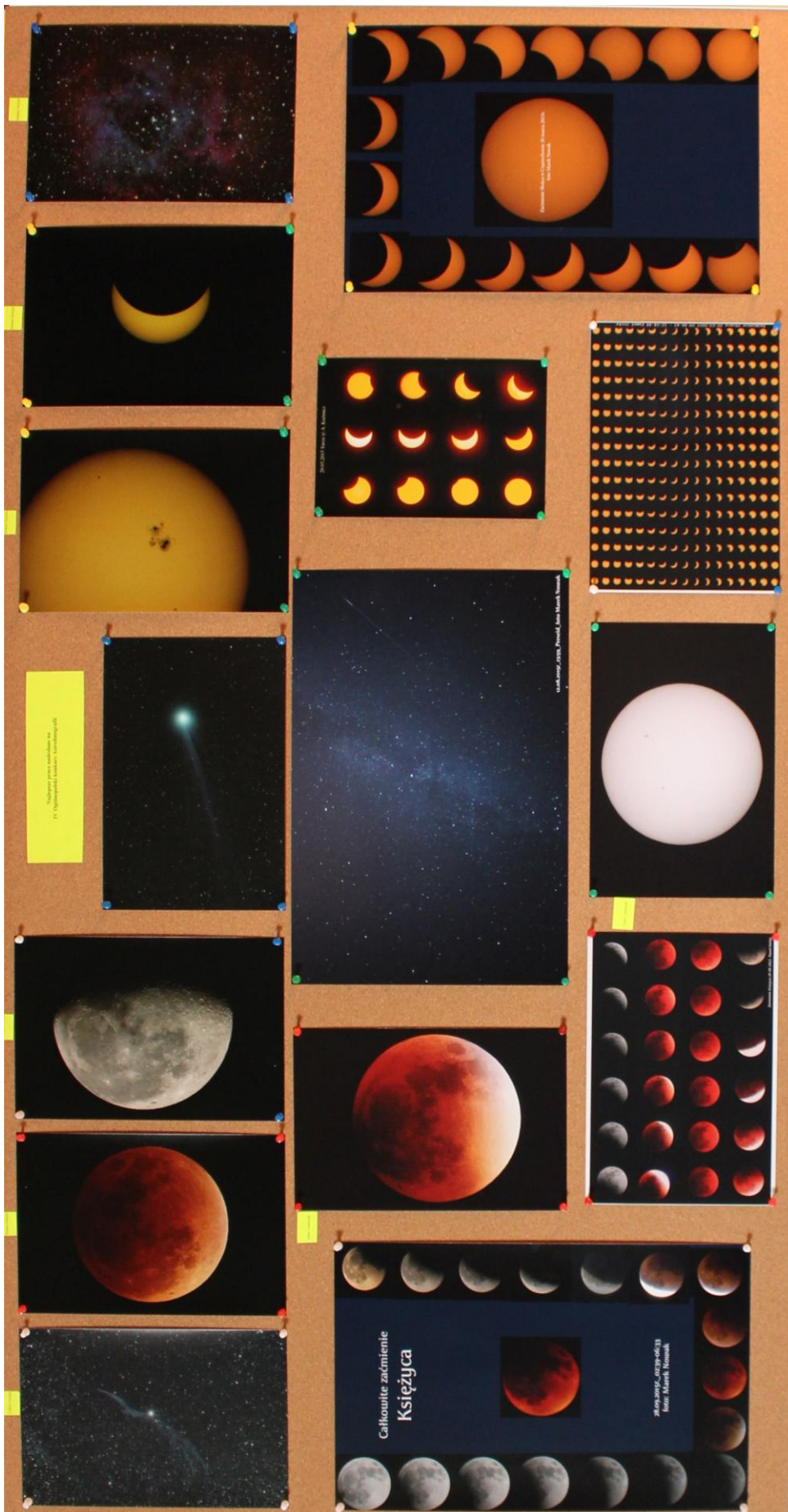
Prace, w postaci gotowej do wystawienia, tj. w wersji papierowej, wraz ze szczegółowym opisem dotyczącym sposobu wykonania zdjęcia oraz z danymi autora (imię i nazwisko, kontakt), należy przesłać **do końca października 2016** roku na adres:

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 przy braku sprzeciwu autorów zostaną wykorzystane dla realizacji różnorodnych celów propagujących astronomię w społeczeństwie.

Ogłoszenie wyników, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie w dniu **16 listopada 2016** o godzinie 17:00.

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



Wystawka najlepszych prac IV Konkursu Astrofotografii
na szlaku do planetarium w Częstochowie.

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 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 | | | | Luty | | | |
| 1 | 7 46 (127) | 11 47 (s16) | 15 48 (233) | 1 | 7 21 (117) | 11 57 (s22) | 16 34 (243) |
| 2 | 7 46 (127) | 11 47 (s16) | 15 49 (233) | 2 | 7 19 (116) | 11 57 (s22) | 16 36 (244) |
| 3 | 7 46 (127) | 11 48 (s16) | 15 50 (233) | 3 | 7 18 (116) | 11 57 (s23) | 16 38 (244) |
| 4 | 7 45 (126) | 11 48 (s16) | 15 51 (234) | 4 | 7 16 (115) | 11 57 (s23) | 16 39 (245) |
| 5 | 7 45 (126) | 11 49 (s17) | 15 52 (234) | 5 | 7 14 (115) | 11 57 (s23) | 16 41 (245) |
| 6 | 7 45 (126) | 11 49 (s17) | 15 54 (234) | 6 | 7 13 (114) | 11 58 (s24) | 16 43 (246) |
| 7 | 7 45 (126) | 11 50 (s17) | 15 55 (234) | 7 | 7 11 (114) | 11 58 (s24) | 16 45 (246) |
| 8 | 7 44 (126) | 11 50 (s17) | 15 56 (234) | 8 | 7 10 (113) | 11 58 (s24) | 16 47 (247) |
| 9 | 7 44 (125) | 11 50 (s17) | 15 57 (235) | 9 | 7 08 (113) | 11 58 (s24) | 16 48 (247) |
| 10 | 7 43 (125) | 11 51 (s17) | 15 59 (235) | 10 | 7 06 (112) | 11 58 (s25) | 16 50 (248) |
| 11 | 7 43 (125) | 11 51 (s17) | 16 00 (235) | 11 | 7 04 (112) | 11 58 (s25) | 16 52 (248) |
| 12 | 7 42 (125) | 11 52 (s18) | 16 01 (235) | 12 | 7 03 (111) | 11 58 (s25) | 16 54 (249) |
| 13 | 7 41 (124) | 11 52 (s18) | 16 03 (236) | 13 | 7 01 (111) | 11 58 (s26) | 16 55 (250) |
| 14 | 7 41 (124) | 11 52 (s18) | 16 04 (236) | 14 | 6 59 (110) | 11 58 (s26) | 16 57 (250) |
| 15 | 7 40 (124) | 11 53 (s18) | 16 06 (236) | 15 | 6 57 (110) | 11 58 (s26) | 16 59 (251) |
| 16 | 7 39 (123) | 11 53 (s18) | 16 07 (237) | 16 | 6 55 (109) | 11 58 (s27) | 17 01 (251) |
| 17 | 7 38 (123) | 11 53 (s18) | 16 09 (237) | 17 | 6 53 (108) | 11 58 (s27) | 17 03 (252) |
| 18 | 7 37 (123) | 11 54 (s19) | 16 10 (237) | 18 | 6 51 (108) | 11 57 (s27) | 17 04 (252) |
| 19 | 7 37 (122) | 11 54 (s19) | 16 12 (238) | 19 | 6 50 (107) | 11 57 (s28) | 17 06 (253) |
| 20 | 7 36 (122) | 11 54 (s19) | 16 14 (238) | 20 | 6 48 (107) | 11 57 (s28) | 17 08 (254) |
| 21 | 7 35 (122) | 11 55 (s19) | 16 15 (239) | 21 | 6 46 (106) | 11 57 (s29) | 17 10 (254) |
| 22 | 7 33 (121) | 11 55 (s19) | 16 17 (239) | 22 | 6 44 (106) | 11 57 (s29) | 17 11 (255) |
| 23 | 7 32 (121) | 11 55 (s20) | 16 19 (239) | 23 | 6 42 (105) | 11 57 (s29) | 17 13 (255) |
| 24 | 7 31 (120) | 11 55 (s20) | 16 20 (240) | 24 | 6 40 (104) | 11 57 (s30) | 17 15 (256) |
| 25 | 7 30 (120) | 11 56 (s20) | 16 22 (240) | 25 | 6 38 (104) | 11 57 (s30) | 17 17 (257) |
| 26 | 7 29 (120) | 11 56 (s20) | 16 24 (241) | 26 | 6 36 (103) | 11 56 (s30) | 17 18 (257) |
| 27 | 7 27 (119) | 11 56 (s21) | 16 25 (241) | 27 | 6 33 (103) | 11 56 (s31) | 17 20 (258) |
| 28 | 7 26 (119) | 11 56 (s21) | 16 27 (241) | 28 | 6 31 (102) | 11 56 (s31) | 17 22 (258) |
| 29 | 7 25 (118) | 11 57 (s21) | 16 29 (242) | 29 | 6 29 (101) | 11 56 (s31) | 17 23 (259) |
| 30 | 7 23 (118) | 11 57 (s21) | 16 31 (242) | | | | |
| 31 | 7 22 (117) | 11 57 (s22) | 16 32 (243) | | | | |

Marzec

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 6 27 (101) | 11 56 (s32) | 17 25 (260) |
| 2 | 6 25 (100) | 11 56 (s32) | 17 27 (260) |
| 3 | 6 23 (100) | 11 55 (s33) | 17 29 (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 34 (263) |
| 7 | 6 14 (97) | 11 54 (s34) | 17 35 (263) |
| 8 | 6 12 (96) | 11 54 (s35) | 17 37 (264) |
| 9 | 6 10 (96) | 11 54 (s35) | 17 39 (264) |
| 10 | 6 08 (95) | 11 54 (s35) | 17 40 (265) |
| 11 | 6 06 (95) | 11 53 (s36) | 17 42 (266) |
| 12 | 6 03 (94) | 11 53 (s36) | 17 44 (266) |
| 13 | 6 01 (93) | 11 53 (s37) | 17 46 (267) |
| 14 | 5 59 (93) | 11 53 (s37) | 17 47 (268) |
| 15 | 5 57 (92) | 11 52 (s37) | 17 49 (268) |
| 16 | 5 55 (91) | 11 52 (s38) | 17 50 (269) |
| 17 | 5 52 (91) | 11 52 (s38) | 17 52 (269) |
| 18 | 5 50 (90) | 11 51 (s38) | 17 54 (270) |
| 19 | 5 48 (90) | 11 51 (s39) | 17 55 (271) |
| 20 | 5 46 (89) | 11 51 (s39) | 17 57 (271) |
| 21 | 5 43 (88) | 11 51 (s40) | 17 59 (272) |
| 22 | 5 41 (88) | 11 50 (s40) | 18 00 (273) |
| 23 | 5 39 (87) | 11 50 (s40) | 18 02 (273) |
| 24 | 5 37 (86) | 11 50 (s41) | 18 04 (274) |
| 25 | 5 35 (86) | 11 49 (s41) | 18 05 (274) |
| 26 | 5 32 (85) | 11 49 (s42) | 18 07 (275) |
| 27 | 5 30 (85) | 11 49 (s42) | 18 09 (276) |
| 28 | 5 28 (84) | 11 48 (s42) | 18 10 (276) |
| 29 | 5 26 (83) | 11 48 (s43) | 18 12 (277) |
| 30 | 5 23 (83) | 11 48 (s43) | 18 13 (278) |
| 31 | 5 21 (82) | 11 48 (s44) | 18 15 (278) |

Kwiecień

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 5 19 (82) | 11 47 (s44) | 18 17 (279) |
| 2 | 5 17 (81) | 11 47 (s44) | 18 18 (279) |
| 3 | 5 15 (80) | 11 47 (s45) | 18 20 (280) |
| 4 | 5 12 (80) | 11 46 (s45) | 18 22 (281) |
| 5 | 5 10 (79) | 11 46 (s46) | 18 23 (281) |
| 6 | 5 08 (78) | 11 46 (s46) | 18 25 (282) |
| 7 | 5 06 (78) | 11 46 (s46) | 18 26 (282) |
| 8 | 5 04 (77) | 11 45 (s47) | 18 28 (283) |
| 9 | 5 01 (77) | 11 45 (s47) | 18 30 (284) |
| 10 | 4 59 (76) | 11 45 (s47) | 18 31 (284) |
| 11 | 4 57 (75) | 11 44 (s48) | 18 33 (285) |
| 12 | 4 55 (75) | 11 44 (s48) | 18 35 (285) |
| 13 | 4 53 (74) | 11 44 (s48) | 18 36 (286) |
| 14 | 4 51 (74) | 11 44 (s49) | 18 38 (287) |
| 15 | 4 49 (73) | 11 43 (s49) | 18 39 (287) |
| 16 | 4 47 (73) | 11 43 (s50) | 18 41 (288) |
| 17 | 4 44 (72) | 11 43 (s50) | 18 43 (288) |
| 18 | 4 42 (71) | 11 43 (s50) | 18 44 (289) |
| 19 | 4 40 (71) | 11 43 (s51) | 18 46 (289) |
| 20 | 4 38 (70) | 11 42 (s51) | 18 48 (290) |
| 21 | 4 36 (70) | 11 42 (s51) | 18 49 (291) |
| 22 | 4 34 (69) | 11 42 (s52) | 18 51 (291) |
| 23 | 4 32 (69) | 11 42 (s52) | 18 52 (292) |
| 24 | 4 30 (68) | 11 42 (s52) | 18 54 (292) |
| 25 | 4 28 (68) | 11 41 (s53) | 18 56 (293) |
| 26 | 4 26 (67) | 11 41 (s53) | 18 57 (293) |
| 27 | 4 24 (66) | 11 41 (s53) | 18 59 (294) |
| 28 | 4 23 (66) | 11 41 (s54) | 19 00 (294) |
| 29 | 4 21 (65) | 11 41 (s54) | 19 02 (295) |
| 30 | 4 19 (65) | 11 41 (s54) | 19 04 (295) |

Maj

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 4 17 (64) | 11 41 (s54) | 19 05 (296) |
| 2 | 4 15 (64) | 11 40 (s55) | 19 07 (296) |
| 3 | 4 13 (63) | 11 40 (s55) | 19 08 (297) |
| 4 | 4 12 (63) | 11 40 (s55) | 19 10 (297) |
| 5 | 4 10 (62) | 11 40 (s56) | 19 11 (298) |
| 6 | 4 08 (62) | 11 40 (s56) | 19 13 (298) |
| 7 | 4 07 (61) | 11 40 (s56) | 19 15 (299) |
| 8 | 4 05 (61) | 11 40 (s56) | 19 16 (299) |
| 9 | 4 03 (61) | 11 40 (s57) | 19 18 (300) |
| 10 | 4 02 (60) | 11 40 (s57) | 19 19 (300) |
| 11 | 4 00 (60) | 11 40 (s57) | 19 21 (301) |
| 12 | 3 59 (59) | 11 40 (s57) | 19 22 (301) |
| 13 | 3 57 (59) | 11 40 (s58) | 19 24 (302) |
| 14 | 3 56 (58) | 11 40 (s58) | 19 25 (302) |
| 15 | 3 54 (58) | 11 40 (s58) | 19 27 (302) |
| 16 | 3 53 (57) | 11 40 (s58) | 19 28 (303) |
| 17 | 3 51 (57) | 11 40 (s59) | 19 29 (303) |
| 18 | 3 50 (57) | 11 40 (s59) | 19 31 (304) |
| 19 | 3 49 (56) | 11 40 (s59) | 19 32 (304) |
| 20 | 3 47 (56) | 11 40 (s59) | 19 34 (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 38 (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 43 (307) |
| 28 | 3 39 (53) | 11 41 (s61) | 19 44 (307) |
| 29 | 3 38 (53) | 11 41 (s61) | 19 45 (307) |
| 30 | 3 37 (53) | 11 41 (s61) | 19 46 (307) |
| 31 | 3 36 (52) | 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 (51) | 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 54 (309) |
| 8 | 3 31 (51) | 11 43 (s62) | 19 54 (309) |
| 9 | 3 31 (51) | 11 43 (s62) | 19 55 (310) |
| 10 | 3 31 (50) | 11 43 (s62) | 19 56 (310) |
| 11 | 3 30 (50) | 11 43 (s62) | 19 57 (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 30 (50) | 11 45 (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 01 (310) |
| 21 | 3 30 (50) | 11 45 (s63) | 20 01 (310) |
| 22 | 3 30 (50) | 11 46 (s63) | 20 01 (310) |
| 23 | 3 31 (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 35 (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 38 (51) | 11 48 (s62) | 19 58 (309) |
| 6 | 3 38 (51) | 11 48 (s62) | 19 58 (309) |
| 7 | 3 39 (51) | 11 49 (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 54 (308) |
| 12 | 3 44 (53) | 11 49 (s61) | 19 53 (307) |
| 13 | 3 45 (53) | 11 49 (s61) | 19 53 (307) |
| 14 | 3 47 (53) | 11 49 (s61) | 19 52 (307) |
| 15 | 3 48 (53) | 11 50 (s61) | 19 51 (306) |
| 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 46 (305) |
| 20 | 3 54 (55) | 11 50 (s60) | 19 45 (305) |
| 21 | 3 55 (55) | 11 50 (s60) | 19 44 (304) |
| 22 | 3 56 (56) | 11 50 (s59) | 19 43 (304) |
| 23 | 3 58 (56) | 11 50 (s59) | 19 41 (304) |
| 24 | 3 59 (56) | 11 50 (s59) | 19 40 (303) |
| 25 | 4 00 (57) | 11 50 (s59) | 19 39 (303) |
| 26 | 4 02 (57) | 11 50 (s58) | 19 37 (303) |
| 27 | 4 03 (58) | 11 50 (s58) | 19 36 (302) |
| 28 | 4 05 (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 09 (59) | 11 50 (s57) | 19 30 (300) |

Sierpień

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 4 10 (60) | 11 50 (s57) | 19 28 (300) |
| 2 | 4 12 (60) | 11 50 (s57) | 19 27 (300) |
| 3 | 4 13 (61) | 11 50 (s57) | 19 25 (299) |
| 4 | 4 15 (61) | 11 50 (s56) | 19 23 (299) |
| 5 | 4 16 (62) | 11 49 (s56) | 19 22 (298) |
| 6 | 4 18 (62) | 11 49 (s56) | 19 20 (298) |
| 7 | 4 19 (62) | 11 49 (s55) | 19 18 (297) |
| 8 | 4 21 (63) | 11 49 (s55) | 19 16 (297) |
| 9 | 4 22 (63) | 11 49 (s55) | 19 15 (296) |
| 10 | 4 24 (64) | 11 49 (s55) | 19 13 (296) |
| 11 | 4 25 (64) | 11 49 (s54) | 19 11 (295) |
| 12 | 4 27 (65) | 11 48 (s54) | 19 09 (295) |
| 13 | 4 28 (65) | 11 48 (s54) | 19 07 (294) |
| 14 | 4 30 (66) | 11 48 (s53) | 19 05 (294) |
| 15 | 4 31 (66) | 11 48 (s53) | 19 03 (293) |
| 16 | 4 33 (67) | 11 48 (s53) | 19 01 (293) |
| 17 | 4 34 (68) | 11 47 (s52) | 18 59 (292) |
| 18 | 4 36 (68) | 11 47 (s52) | 18 57 (292) |
| 19 | 4 38 (69) | 11 47 (s52) | 18 55 (291) |
| 20 | 4 39 (69) | 11 47 (s51) | 18 53 (290) |
| 21 | 4 41 (70) | 11 47 (s51) | 18 51 (290) |
| 22 | 4 42 (70) | 11 46 (s51) | 18 49 (289) |
| 23 | 4 44 (71) | 11 46 (s50) | 18 47 (289) |
| 24 | 4 45 (71) | 11 46 (s50) | 18 45 (288) |
| 25 | 4 47 (72) | 11 45 (s50) | 18 43 (288) |
| 26 | 4 48 (73) | 11 45 (s49) | 18 41 (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 (285) |
| 30 | 4 55 (75) | 11 44 (s48) | 18 32 (285) |
| 31 | 4 56 (75) | 11 44 (s48) | 18 30 (284) |

Wrzesień

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 4 58 (76) | 11 43 (s47) | 18 28 (284) |
| 2 | 4 59 (77) | 11 43 (s47) | 18 26 (283) |
| 3 | 5 01 (77) | 11 43 (s46) | 18 24 (282) |
| 4 | 5 02 (78) | 11 42 (s46) | 18 21 (282) |
| 5 | 5 04 (78) | 11 42 (s46) | 18 19 (281) |
| 6 | 5 05 (79) | 11 42 (s45) | 18 17 (281) |
| 7 | 5 07 (80) | 11 41 (s45) | 18 15 (280) |
| 8 | 5 08 (80) | 11 41 (s45) | 18 13 (279) |
| 9 | 5 10 (81) | 11 41 (s44) | 18 10 (279) |
| 10 | 5 12 (81) | 11 40 (s44) | 18 08 (278) |
| 11 | 5 13 (82) | 11 40 (s43) | 18 06 (278) |
| 12 | 5 15 (83) | 11 40 (s43) | 18 04 (277) |
| 13 | 5 16 (83) | 11 39 (s43) | 18 01 (276) |
| 14 | 5 18 (84) | 11 39 (s42) | 17 59 (276) |
| 15 | 5 19 (84) | 11 39 (s42) | 17 57 (275) |
| 16 | 5 21 (85) | 11 38 (s42) | 17 55 (275) |
| 17 | 5 22 (86) | 11 38 (s41) | 17 52 (274) |
| 18 | 5 24 (86) | 11 38 (s41) | 17 50 (273) |
| 19 | 5 25 (87) | 11 37 (s40) | 17 48 (273) |
| 20 | 5 27 (87) | 11 37 (s40) | 17 46 (272) |
| 21 | 5 29 (88) | 11 36 (s40) | 17 43 (272) |
| 22 | 5 30 (89) | 11 36 (s39) | 17 41 (271) |
| 23 | 5 32 (89) | 11 36 (s39) | 17 39 (270) |
| 24 | 5 33 (90) | 11 35 (s38) | 17 37 (270) |
| 25 | 5 35 (91) | 11 35 (s38) | 17 34 (269) |
| 26 | 5 36 (91) | 11 35 (s38) | 17 32 (268) |
| 27 | 5 38 (92) | 11 34 (s37) | 17 30 (268) |
| 28 | 5 40 (92) | 11 34 (s37) | 17 28 (267) |
| 29 | 5 41 (93) | 11 34 (s37) | 17 25 (267) |
| 30 | 5 43 (94) | 11 33 (s36) | 17 23 (266) |

Październik

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 5 44 (94) | 11 33 (s36) | 17 21 (265) |
| 2 | 5 46 (95) | 11 33 (s35) | 17 19 (265) |
| 3 | 5 47 (96) | 11 32 (s35) | 17 16 (264) |
| 4 | 5 49 (96) | 11 32 (s35) | 17 14 (264) |
| 5 | 5 51 (97) | 11 32 (s34) | 17 12 (263) |
| 6 | 5 52 (97) | 11 32 (s34) | 17 10 (262) |
| 7 | 5 54 (98) | 11 31 (s33) | 17 08 (262) |
| 8 | 5 56 (99) | 11 31 (s33) | 17 05 (261) |
| 9 | 5 57 (99) | 11 31 (s33) | 17 03 (261) |
| 10 | 5 59 (100) | 11 30 (s32) | 17 01 (260) |
| 11 | 6 00 (100) | 11 30 (s32) | 16 59 (259) |
| 12 | 6 02 (101) | 11 30 (s32) | 16 57 (259) |
| 13 | 6 04 (102) | 11 30 (s31) | 16 55 (258) |
| 14 | 6 05 (102) | 11 29 (s31) | 16 53 (258) |
| 15 | 6 07 (103) | 11 29 (s30) | 16 51 (257) |
| 16 | 6 09 (103) | 11 29 (s30) | 16 49 (256) |
| 17 | 6 10 (104) | 11 29 (s30) | 16 46 (256) |
| 18 | 6 12 (105) | 11 29 (s29) | 16 44 (255) |
| 19 | 6 14 (105) | 11 28 (s29) | 16 42 (255) |
| 20 | 6 15 (106) | 11 28 (s29) | 16 40 (254) |
| 21 | 6 17 (106) | 11 28 (s28) | 16 38 (253) |
| 22 | 6 19 (107) | 11 28 (s28) | 16 36 (253) |
| 23 | 6 20 (107) | 11 28 (s28) | 16 34 (252) |
| 24 | 6 22 (108) | 11 28 (s27) | 16 32 (252) |
| 25 | 6 24 (109) | 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 29 (110) | 11 27 (s26) | 16 25 (250) |
| 29 | 6 31 (111) | 11 27 (s26) | 16 23 (249) |
| 30 | 6 32 (111) | 11 27 (s25) | 16 21 (248) |
| 31 | 6 34 (112) | 11 27 (s25) | 16 20 (248) |

Listopad

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 6 36 (112) | 11 27 (s25) | 16 18 (247) |
| 2 | 6 37 (113) | 11 27 (s24) | 16 16 (247) |
| 3 | 6 39 (113) | 11 27 (s24) | 16 14 (246) |
| 4 | 6 41 (114) | 11 27 (s24) | 16 13 (246) |
| 5 | 6 43 (114) | 11 27 (s23) | 16 11 (245) |
| 6 | 6 44 (115) | 11 27 (s23) | 16 09 (245) |
| 7 | 6 46 (115) | 11 27 (s23) | 16 08 (244) |
| 8 | 6 48 (116) | 11 27 (s22) | 16 06 (244) |
| 9 | 6 49 (116) | 11 27 (s22) | 16 05 (243) |
| 10 | 6 51 (117) | 11 27 (s22) | 16 03 (243) |
| 11 | 6 53 (117) | 11 28 (s22) | 16 02 (242) |
| 12 | 6 55 (118) | 11 28 (s21) | 16 00 (242) |
| 13 | 6 56 (118) | 11 28 (s21) | 15 59 (242) |
| 14 | 6 58 (119) | 11 28 (s21) | 15 58 (241) |
| 15 | 7 00 (119) | 11 28 (s21) | 15 56 (241) |
| 16 | 7 01 (120) | 11 28 (s20) | 15 55 (240) |
| 17 | 7 03 (120) | 11 29 (s20) | 15 54 (240) |
| 18 | 7 05 (120) | 11 29 (s20) | 15 52 (239) |
| 19 | 7 06 (121) | 11 29 (s20) | 15 51 (239) |
| 20 | 7 08 (121) | 11 29 (s19) | 15 50 (239) |
| 21 | 7 09 (122) | 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 16 (123) | 11 31 (s18) | 15 45 (237) |
| 26 | 7 17 (123) | 11 31 (s18) | 15 44 (237) |
| 27 | 7 19 (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 23 (125) | 11 32 (s17) | 15 42 (235) |

Grudzień

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 7 24 (125) | 11 33 (s17) | 15 41 (235) |
| 2 | 7 25 (125) | 11 33 (s17) | 15 40 (235) |
| 3 | 7 27 (125) | 11 33 (s17) | 15 40 (235) |
| 4 | 7 28 (126) | 11 34 (s17) | 15 39 (234) |
| 5 | 7 29 (126) | 11 34 (s17) | 15 39 (234) |
| 6 | 7 31 (126) | 11 35 (s17) | 15 39 (234) |
| 7 | 7 32 (126) | 11 35 (s17) | 15 38 (234) |
| 8 | 7 33 (126) | 11 36 (s16) | 15 38 (233) |
| 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 39 (127) | 11 38 (s16) | 15 38 (233) |
| 15 | 7 40 (127) | 11 39 (s16) | 15 38 (233) |
| 16 | 7 40 (128) | 11 39 (s16) | 15 38 (232) |
| 17 | 7 41 (128) | 11 40 (s16) | 15 39 (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 41 (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 43 (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 47 (233) |
| 31 | 7 46 (127) | 11 47 (s16) | 15 48 (233) |

Tabela 2. Świty i zmierny 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. Zmierny rozpoczynają się o zachodzie Słońca. Zmierny 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 zmiernów.

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

Marzec

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

Kwiecień

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

Maj

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

Czerwiec

| | | | | | | |
|----|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 51 | 20 33 | 1 47 | 21 37 | // // | // // |
| 2 | 2 50 | 20 34 | 1 46 | 21 39 | // // | // // |
| 3 | 2 49 | 20 35 | 1 44 | 21 40 | // // | // // |
| 4 | 2 49 | 20 36 | 1 43 | 21 42 | // // | // // |
| 5 | 2 48 | 20 37 | 1 42 | 21 43 | // // | // // |
| 6 | 2 47 | 20 38 | 1 41 | 21 45 | // // | // // |
| 7 | 2 46 | 20 39 | 1 40 | 21 46 | // // | // // |
| 8 | 2 46 | 20 40 | 1 39 | 21 48 | // // | // // |
| 9 | 2 45 | 20 41 | 1 38 | 21 49 | // // | // // |
| 10 | 2 45 | 20 42 | 1 37 | 21 50 | // // | // // |
| 11 | 2 44 | 20 42 | 1 36 | 21 51 | // // | // // |
| 12 | 2 44 | 20 43 | 1 35 | 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 55 | // // | // // |
| 16 | 2 43 | 20 46 | 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 46 | 20 47 | 1 36 | 21 57 | // // | // // |
| 27 | 2 46 | 20 47 | 1 37 | 21 56 | // // | // // |
| 28 | 2 47 | 20 47 | 1 37 | 21 56 | // // | // // |
| 29 | 2 47 | 20 46 | 1 38 | 21 55 | // // | // // |
| 30 | 2 48 | 20 46 | 1 39 | 21 54 | // // | // // |

Lipiec

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

Sierpień

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

Wrzesień

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

Październik

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

Listopad

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

Grudzień

| | | | | | | |
|----|------|-------|------|-------|------|-------|
| 1 | 6 46 | 16 19 | 6 04 | 17 01 | 5 25 | 17 40 |
| 2 | 6 47 | 16 19 | 6 05 | 17 00 | 5 26 | 17 40 |
| 3 | 6 48 | 16 18 | 6 07 | 17 00 | 5 27 | 17 40 |
| 4 | 6 49 | 16 18 | 6 08 | 17 00 | 5 28 | 17 40 |
| 5 | 6 51 | 16 18 | 6 09 | 17 00 | 5 29 | 17 39 |
| 6 | 6 52 | 16 17 | 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 14 | 16 59 | 5 34 | 17 39 |
| 11 | 6 57 | 16 17 | 6 15 | 16 59 | 5 35 | 17 39 |
| 12 | 6 58 | 16 17 | 6 15 | 16 59 | 5 35 | 17 39 |
| 13 | 6 59 | 16 17 | 6 16 | 16 59 | 5 36 | 17 39 |
| 14 | 6 59 | 16 17 | 6 17 | 17 00 | 5 37 | 17 40 |
| 15 | 7 00 | 16 17 | 6 18 | 17 00 | 5 38 | 17 40 |
| 16 | 7 01 | 16 18 | 6 19 | 17 00 | 5 38 | 17 40 |
| 17 | 7 02 | 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 02 | 5 41 | 17 42 |
| 21 | 7 04 | 16 20 | 6 22 | 17 02 | 5 41 | 17 42 |
| 22 | 7 04 | 16 20 | 6 22 | 17 03 | 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 45 |
| 26 | 7 06 | 16 23 | 6 24 | 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 07 | 5 44 | 17 47 |
| 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 25 | 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 wschodzącego i zachodzącego Księżyca oraz wysokość Księżyca w czasie górowania. Azymut podano zgodnie z konwencją liczenia go od punktu kardynalnego horyzontu N w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Literką *p* oznaczono przypadki, kiedy wschód odbywa się przed północą (zatem dnia poprzedniego). Z kolei, literką *f* oznaczono przypadki, gdy zachód odbywa się po północy (zatem dnia następnego).

| | wschód | | | górowanie | | | zachód | | |
|----------------|--------|----------|--------------|--------------|--|--|--------|--|--|
| | h m ° | | | h m ° | | | h m ° | | |
| Styczeń | | | | | | | | | |
| 1 | p22 | 39 (87) | 4 58 (s40) | 11 07 (270) | | | | | |
| 2 | p23 | 41 (93) | 5 40 (s36) | 11 31 (264) | | | | | |
| 3 | 0 | 43 (99) | 6 23 (s32) | 11 55 (258) | | | | | |
| 4 | 1 | 45 (105) | 7 07 (s29) | 12 21 (253) | | | | | |
| 5 | 2 | 47 (110) | 7 52 (s26) | 12 50 (248) | | | | | |
| 6 | 3 | 49 (115) | 8 39 (s24) | 13 25 (244) | | | | | |
| 7 | 4 | 49 (118) | 9 29 (s22) | 14 05 (241) | | | | | |
| 8 | 5 | 48 (120) | 10 21 (s21) | 14 53 (240) | | | | | |
| 9 | 6 | 41 (120) | 11 14 (s21) | 15 49 (240) | | | | | |
| 10 | 7 | 29 (118) | 12 09 (s22) | 16 53 (243) | | | | | |
| 11 | 8 | 11 (115) | 13 04 (s25) | 18 03 (247) | | | | | |
| 12 | 8 | 48 (109) | 13 58 (s28) | 19 16 (253) | | | | | |
| 13 | 9 | 21 (103) | 14 51 (s32) | 20 31 (260) | | | | | |
| 14 | 9 | 51 (96) | 15 43 (s36) | 21 47 (267) | | | | | |
| 15 | 10 | 20 (89) | 16 35 (s41) | 23 02 (275) | | | | | |
| 16 | 10 | 49 (82) | 17 27 (s46) | f 0 18 (282) | | | | | |
| 17 | 11 | 19 (75) | 18 20 (s50) | f 1 32 (288) | | | | | |
| 18 | 11 | 53 (69) | 19 13 (s53) | f 2 44 (294) | | | | | |
| 19 | 12 | 31 (65) | 20 08 (s56) | f 3 53 (297) | | | | | |
| 20 | 13 | 15 (62) | 21 03 (s57) | f 4 55 (299) | | | | | |
| 21 | 14 | 06 (60) | 21 59 (s58) | f 5 50 (300) | | | | | |
| 22 | 15 | 03 (61) | 22 53 (s57) | f 6 38 (298) | | | | | |
| 24 | p16 | 05 (63) | p23 45 (s55) | 7 18 (294) | | | | | |
| 25 | p17 | 10 (67) | 0 35 (s52) | 7 51 (290) | | | | | |
| 26 | p18 | 15 (72) | 1 23 (s49) | 8 21 (284) | | | | | |
| 27 | p19 | 20 (78) | 2 09 (s46) | 8 47 (279) | | | | | |
| 28 | p20 | 24 (84) | 2 52 (s42) | 9 11 (273) | | | | | |
| 29 | p21 | 26 (90) | 3 35 (s38) | 9 35 (267) | | | | | |
| 30 | p22 | 29 (97) | 4 18 (s34) | 9 58 (261) | | | | | |
| 31 | p23 | 30 (102) | 5 01 (s31) | 10 23 (255) | | | | | |
| Luty | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 32 (108) | 5 45 (s27) | 10 51 (250) | | | | | |
| 2 | 1 | 33 (113) | 6 30 (s25) | 11 22 (246) | | | | | |
| 3 | 2 | 33 (116) | 7 18 (s23) | 11 59 (242) | | | | | |
| 4 | 3 | 32 (119) | 8 08 (s21) | 12 42 (240) | | | | | |
| 5 | 4 | 28 (120) | 9 01 (s21) | 13 34 (240) | | | | | |
| 6 | 5 | 18 (119) | 9 55 (s22) | 14 34 (242) | | | | | |
| 7 | 6 | 04 (116) | 10 50 (s23) | 15 41 (245) | | | | | |
| 8 | 6 | 44 (112) | 11 45 (s26) | 16 54 (250) | | | | | |
| 9 | 7 | 20 (106) | 12 40 (s30) | 18 11 (257) | | | | | |
| 10 | 7 | 52 (99) | 13 35 (s34) | 19 29 (264) | | | | | |
| 11 | 8 | 22 (92) | 14 29 (s39) | 20 47 (272) | | | | | |
| 12 | 8 | 52 (85) | 15 22 (s44) | 22 05 (279) | | | | | |
| 13 | 9 | 23 (78) | 16 16 (s48) | 23 21 (286) | | | | | |
| 14 | 9 | 56 (71) | 17 10 (s52) | f 0 35 (292) | | | | | |
| 15 | 10 | 33 (66) | 18 04 (s55) | f 1 44 (296) | | | | | |
| 16 | 11 | 15 (63) | 18 59 (s57) | f 2 48 (299) | | | | | |
| 17 | 12 | 03 (61) | 19 54 (s57) | f 3 45 (300) | | | | | |
| 18 | 12 | 57 (61) | 20 47 (s57) | f 4 34 (298) | | | | | |
| 19 | 13 | 56 (62) | 21 39 (s56) | f 5 16 (296) | | | | | |
| 20 | 14 | 58 (66) | 22 29 (s53) | f 5 51 (292) | | | | | |
| 21 | 16 | 02 (70) | 23 17 (s51) | f 6 22 (287) | | | | | |
| 23 | p17 | 06 (76) | 0 03 (s47) | 6 49 (281) | | | | | |
| 24 | p18 | 10 (82) | 0 48 (s43) | 7 14 (275) | | | | | |
| 25 | p19 | 14 (88) | 1 31 (s40) | 7 38 (269) | | | | | |
| 26 | p20 | 16 (94) | 2 14 (s36) | 8 02 (263) | | | | | |
| 27 | p21 | 18 (100) | 2 56 (s32) | 8 26 (257) | | | | | |
| 28 | p22 | 19 (106) | 3 40 (s29) | 8 53 (252) | | | | | |
| 29 | p23 | 20 (111) | 4 24 (s26) | 9 22 (248) | | | | | |

Marzec

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 0 20 (115) | 5 10 (s24) | 9 56 (244) |
| 2 | 1 19 (118) | 5 58 (s22) | 10 35 (241) |
| 3 | 2 14 (120) | 6 48 (s21) | 11 22 (240) |
| 4 | 3 06 (120) | 7 40 (s21) | 12 16 (241) |
| 5 | 3 53 (118) | 8 34 (s22) | 13 19 (243) |
| 6 | 4 36 (114) | 9 29 (s25) | 14 28 (247) |
| 7 | 5 13 (109) | 10 24 (s28) | 15 43 (253) |
| 8 | 5 48 (103) | 11 19 (s32) | 17 01 (260) |
| 9 | 6 20 (96) | 12 14 (s37) | 18 21 (268) |
| 10 | 6 50 (88) | 13 10 (s42) | 19 42 (276) |
| 11 | 7 22 (81) | 14 05 (s46) | 21 02 (283) |
| 12 | 7 55 (74) | 15 01 (s51) | 22 19 (290) |
| 13 | 8 32 (68) | 15 58 (s54) | 23 33 (295) |
| 14 | 9 13 (64) | 16 54 (s56) | f 0 41 (298) |
| 15 | 10 00 (61) | 17 49 (s57) | f 1 41 (299) |
| 16 | 10 53 (61) | 18 44 (s57) | f 2 32 (299) |
| 17 | 11 50 (62) | 19 36 (s56) | f 3 16 (297) |
| 18 | 12 51 (65) | 20 26 (s54) | f 3 53 (293) |
| 19 | 13 54 (69) | 21 14 (s52) | f 4 25 (288) |
| 20 | 14 58 (74) | 22 00 (s48) | f 4 53 (283) |
| 21 | 16 01 (80) | 22 45 (s45) | f 5 18 (277) |
| 22 | 17 04 (86) | 23 28 (s41) | f 5 42 (271) |
| 24 | p18 07 (92) | 0 11 (s37) | 6 06 (265) |
| 25 | p19 09 (98) | 0 54 (s33) | 6 30 (259) |
| 26 | p20 10 (104) | 1 37 (s30) | 6 55 (254) |
| 27 | p21 11 (109) | 2 21 (s27) | 7 24 (249) |
| 28 | p22 11 (113) | 3 06 (s24) | 7 55 (245) |
| 29 | p23 10 (117) | 3 53 (s22) | 8 32 (242) |
| 30 | 0 06 (119) | 4 41 (s21) | 9 15 (240) |
| 31 | 0 58 (120) | 5 31 (s21) | 10 05 (240) |

Kwiecień

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 1 46 (119) | 6 23 (s22) | 11 02 (242) |
| 2 | 2 29 (116) | 7 15 (s24) | 12 06 (245) |
| 3 | 3 07 (112) | 8 08 (s26) | 13 17 (250) |
| 4 | 3 42 (106) | 9 02 (s30) | 14 31 (256) |
| 5 | 4 15 (100) | 9 57 (s34) | 15 50 (264) |
| 6 | 4 46 (92) | 10 52 (s39) | 17 10 (272) |
| 7 | 5 17 (85) | 11 48 (s44) | 18 32 (279) |
| 8 | 5 50 (77) | 12 45 (s49) | 19 53 (287) |
| 9 | 6 25 (71) | 13 43 (s52) | 21 12 (293) |
| 10 | 7 06 (65) | 14 42 (s55) | 22 25 (297) |
| 11 | 7 52 (62) | 15 40 (s57) | 23 31 (299) |
| 12 | 8 44 (60) | 16 36 (s57) | f 0 28 (299) |
| 13 | 9 42 (61) | 17 31 (s57) | f 1 15 (298) |
| 14 | 10 43 (63) | 18 23 (s55) | f 1 55 (294) |
| 15 | 11 46 (67) | 19 12 (s53) | f 2 29 (290) |
| 16 | 12 50 (72) | 19 59 (s49) | f 2 57 (285) |
| 17 | 13 54 (78) | 20 44 (s46) | f 3 23 (279) |
| 18 | 14 56 (84) | 21 27 (s42) | f 3 47 (273) |
| 19 | 15 59 (90) | 22 10 (s38) | f 4 11 (267) |
| 20 | 17 01 (96) | 22 52 (s35) | f 4 34 (261) |
| 21 | 18 02 (102) | 23 35 (s31) | f 4 59 (256) |
| 23 | p19 04 (107) | 0 19 (s28) | 5 26 (251) |
| 24 | p20 05 (112) | 1 03 (s25) | 5 57 (246) |
| 25 | p21 04 (116) | 1 50 (s23) | 6 32 (243) |
| 26 | p22 01 (119) | 2 38 (s21) | 7 12 (241) |
| 27 | p22 55 (120) | 3 27 (s21) | 7 59 (240) |
| 28 | p23 44 (120) | 4 17 (s21) | 8 53 (241) |
| 29 | 0 27 (118) | 5 08 (s23) | 9 53 (244) |
| 30 | 1 06 (114) | 6 00 (s25) | 10 59 (248) |

Maj

| | | | |
|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 41 (109) | 6 51 (s28) | 12 10 (253) |
| 2 | 2 13 (103) | 7 43 (s32) | 13 24 (260) |
| 3 | 2 43 (96) | 8 36 (s37) | 14 41 (268) |
| 4 | 3 13 (89) | 9 30 (s41) | 16 01 (275) |
| 5 | 3 44 (81) | 10 26 (s46) | 17 22 (283) |
| 6 | 4 17 (74) | 11 24 (s51) | 18 43 (290) |
| 7 | 4 55 (68) | 12 23 (s54) | 20 01 (295) |
| 8 | 5 39 (63) | 13 23 (s56) | 21 13 (299) |
| 9 | 6 30 (61) | 14 22 (s58) | 22 16 (300) |
| 10 | 7 27 (60) | 15 20 (s57) | 23 10 (299) |
| 11 | 8 29 (62) | 16 15 (s56) | 23 54 (296) |
| 12 | 9 34 (65) | 17 07 (s54) | f 0 31 (292) |
| 13 | 10 39 (70) | 17 55 (s51) | f 1 01 (287) |
| 14 | 11 44 (76) | 18 41 (s47) | f 1 28 (281) |
| 15 | 12 47 (81) | 19 25 (s44) | f 1 53 (275) |
| 16 | 13 50 (88) | 20 08 (s40) | f 2 16 (269) |
| 17 | 14 52 (94) | 20 51 (s36) | f 2 39 (263) |
| 18 | 15 54 (100) | 21 33 (s32) | f 3 04 (258) |
| 19 | 16 56 (106) | 22 16 (s29) | f 3 30 (252) |
| 20 | 17 57 (111) | 23 01 (s26) | f 3 59 (247) |
| 22 | p18 58 (115) | p23 47 (s23) | 4 32 (244) |
| 23 | p19 56 (118) | 0 35 (s22) | 5 10 (241) |
| 24 | p20 52 (120) | 1 24 (s21) | 5 55 (240) |
| 25 | p21 43 (120) | 2 14 (s21) | 6 47 (240) |
| 26 | p22 28 (119) | 3 05 (s22) | 7 46 (242) |
| 27 | p23 09 (116) | 3 56 (s24) | 8 49 (246) |
| 28 | p23 44 (111) | 4 47 (s27) | 9 57 (251) |
| 29 | 0 16 (106) | 5 38 (s30) | 11 09 (257) |
| 30 | 0 45 (99) | 6 29 (s35) | 12 22 (264) |
| 31 | 1 14 (92) | 7 20 (s39) | 13 38 (272) |

Czerwiec

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 1 43 (85) | 8 13 (s44) | 14 56 (279) |
| 2 | 2 14 (77) | 9 08 (s48) | 16 15 (286) |
| 3 | 2 48 (71) | 10 05 (s52) | 17 33 (293) |
| 4 | 3 28 (65) | 11 04 (s55) | 18 49 (297) |
| 5 | 4 14 (62) | 12 04 (s57) | 19 58 (300) |
| 6 | 5 08 (60) | 13 03 (s58) | 20 57 (300) |
| 7 | 6 09 (61) | 14 01 (s57) | 21 47 (298) |
| 8 | 7 15 (63) | 14 56 (s55) | 22 29 (294) |
| 9 | 8 22 (68) | 15 47 (s52) | 23 03 (289) |
| 10 | 9 29 (73) | 16 36 (s49) | 23 32 (284) |
| 11 | 10 34 (79) | 17 21 (s45) | 23 58 (278) |
| 12 | 11 39 (85) | 18 05 (s41) | f 0 22 (272) |
| 13 | 12 42 (91) | 18 48 (s38) | f 0 45 (266) |
| 14 | 13 44 (97) | 19 30 (s34) | f 1 08 (260) |
| 15 | 14 46 (103) | 20 13 (s30) | f 1 33 (254) |
| 16 | 15 47 (109) | 20 57 (s27) | f 2 01 (249) |
| 17 | 16 48 (113) | 21 43 (s24) | f 2 32 (245) |
| 18 | 17 48 (117) | 22 30 (s22) | f 3 09 (242) |
| 19 | 18 46 (120) | 23 20 (s21) | f 3 52 (240) |
| 21 | p19 39 (120) | 0 10 (s21) | 4 41 (240) |
| 22 | p20 28 (120) | 1 01 (s21) | 5 38 (241) |
| 23 | p21 10 (117) | 1 53 (s23) | 6 41 (244) |
| 24 | p21 48 (113) | 2 45 (s26) | 7 48 (249) |
| 25 | p22 21 (108) | 3 35 (s29) | 8 59 (255) |
| 26 | p22 51 (102) | 4 26 (s33) | 10 11 (262) |
| 27 | p23 19 (95) | 5 16 (s37) | 11 25 (269) |
| 28 | p23 47 (87) | 6 08 (s42) | 12 40 (276) |
| 29 | 0 16 (80) | 7 00 (s47) | 13 57 (283) |
| 30 | 0 47 (74) | 7 54 (s51) | 15 13 (290) |

Lipiec

| | | | |
|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 23 (68) | 8 50 (s54) | 16 28 (295) |
| 2 | 2 05 (63) | 9 48 (s56) | 17 38 (299) |
| 3 | 2 54 (60) | 10 47 (s58) | 18 42 (300) |
| 4 | 3 51 (60) | 11 46 (s58) | 19 37 (299) |
| 5 | 4 54 (62) | 12 42 (s56) | 20 23 (296) |
| 6 | 6 01 (65) | 13 36 (s54) | 21 01 (292) |
| 7 | 7 09 (70) | 14 27 (s51) | 21 33 (287) |
| 8 | 8 17 (76) | 15 14 (s47) | 22 01 (281) |
| 9 | 9 23 (82) | 16 00 (s43) | 22 26 (275) |
| 10 | 10 28 (88) | 16 43 (s39) | 22 49 (269) |
| 11 | 11 31 (95) | 17 26 (s35) | 23 13 (262) |
| 12 | 12 33 (101) | 18 09 (s32) | 23 37 (257) |
| 13 | 13 35 (106) | 18 53 (s28) | f 0 03 (251) |
| 14 | 14 36 (111) | 19 37 (s25) | f 0 33 (247) |
| 15 | 15 36 (116) | 20 24 (s23) | f 1 07 (243) |
| 16 | 16 35 (119) | 21 12 (s21) | f 1 47 (241) |
| 17 | 17 31 (120) | 22 02 (s21) | f 2 34 (240) |
| 18 | 18 22 (120) | 22 54 (s21) | f 3 28 (240) |
| 20 | p19 08 (118) | p23 46 (s22) | 4 29 (243) |
| 21 | p19 48 (115) | 0 39 (s24) | 5 36 (247) |
| 22 | p20 23 (110) | 1 31 (s28) | 6 47 (253) |
| 23 | p20 55 (104) | 2 23 (s32) | 8 00 (259) |
| 24 | p21 24 (97) | 3 14 (s36) | 9 15 (266) |
| 25 | p21 53 (90) | 4 05 (s41) | 10 30 (274) |
| 26 | p22 21 (83) | 4 57 (s45) | 11 45 (281) |
| 27 | p22 51 (76) | 5 50 (s49) | 13 00 (288) |
| 28 | p23 25 (70) | 6 44 (s53) | 14 14 (293) |
| 29 | 0 03 (65) | 7 40 (s56) | 15 25 (297) |
| 30 | 0 48 (61) | 8 37 (s57) | 16 30 (300) |
| 31 | 1 40 (60) | 9 34 (s58) | 17 27 (300) |

Sierpień

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 2 39 (61) | 10 30 (s57) | 18 16 (298) |
| 2 | 3 43 (63) | 11 25 (s55) | 18 57 (294) |
| 3 | 4 51 (68) | 12 16 (s52) | 19 32 (289) |
| 4 | 5 59 (73) | 13 06 (s49) | 20 01 (284) |
| 5 | 7 06 (79) | 13 52 (s45) | 20 28 (278) |
| 6 | 8 12 (85) | 14 37 (s41) | 20 52 (271) |
| 7 | 9 16 (92) | 15 21 (s37) | 21 16 (265) |
| 8 | 10 19 (98) | 16 04 (s33) | 21 40 (259) |
| 9 | 11 21 (104) | 16 47 (s30) | 22 06 (254) |
| 10 | 12 23 (109) | 17 31 (s27) | 22 33 (249) |
| 11 | 13 23 (114) | 18 17 (s24) | 23 05 (245) |
| 12 | 14 22 (117) | 19 04 (s22) | 23 42 (242) |
| 13 | 15 19 (120) | 19 53 (s21) | f 0 25 (240) |
| 14 | 16 12 (120) | 20 43 (s21) | f 1 16 (240) |
| 15 | 17 00 (119) | 21 35 (s22) | f 2 14 (242) |
| 16 | 17 43 (116) | 22 28 (s23) | f 3 19 (245) |
| 17 | 18 21 (112) | 23 21 (s26) | f 4 29 (250) |
| 19 | p18 55 (106) | 0 14 (s30) | 5 43 (256) |
| 20 | p19 26 (100) | 1 07 (s34) | 6 59 (264) |
| 21 | p19 56 (93) | 2 00 (s39) | 8 16 (271) |
| 22 | p20 25 (85) | 2 53 (s44) | 9 33 (279) |
| 23 | p20 55 (78) | 3 46 (s48) | 10 50 (286) |
| 24 | p21 27 (72) | 4 40 (s52) | 12 05 (292) |
| 25 | p22 04 (66) | 5 36 (s55) | 13 16 (296) |
| 26 | p22 46 (62) | 6 32 (s57) | 14 22 (299) |
| 27 | p23 35 (60) | 7 28 (s58) | 15 21 (300) |
| 28 | 0 31 (60) | 8 23 (s57) | 16 12 (299) |
| 29 | 1 32 (62) | 9 17 (s56) | 16 55 (296) |
| 30 | 2 38 (66) | 10 09 (s53) | 17 31 (291) |
| 31 | 3 44 (71) | 10 59 (s50) | 18 02 (286) |

Wrzesień

| | | | |
|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 4 51 (77) | 11 46 (s47) | 18 30 (280) |
| 2 | 5 57 (83) | 12 32 (s43) | 18 55 (274) |
| 3 | 7 02 (89) | 13 16 (s39) | 19 19 (268) |
| 4 | 8 06 (95) | 13 59 (s35) | 19 43 (262) |
| 5 | 9 09 (102) | 14 42 (s31) | 20 08 (256) |
| 6 | 10 10 (107) | 15 26 (s28) | 20 34 (251) |
| 7 | 11 11 (112) | 16 11 (s25) | 21 04 (246) |
| 8 | 12 10 (116) | 16 56 (s23) | 21 38 (243) |
| 9 | 13 07 (119) | 17 44 (s21) | 22 18 (241) |
| 10 | 14 01 (120) | 18 33 (s21) | 23 05 (240) |
| 11 | 14 50 (120) | 19 23 (s21) | 23 58 (241) |
| 12 | 15 35 (118) | 20 15 (s22) | f 0 59 (243) |
| 13 | 16 15 (114) | 21 08 (s25) | f 2 07 (247) |
| 14 | 16 51 (109) | 22 01 (s28) | f 3 19 (253) |
| 15 | 17 24 (103) | 22 54 (s32) | f 4 35 (260) |
| 17 | p17 54 (96) | p23 48 (s37) | 5 53 (268) |
| 18 | p18 24 (88) | 0 42 (s42) | 7 13 (275) |
| 19 | p18 54 (81) | 1 37 (s46) | 8 32 (283) |
| 20 | p19 27 (74) | 2 33 (s50) | 9 51 (290) |
| 21 | p20 03 (68) | 3 29 (s54) | 11 06 (295) |
| 22 | p20 45 (63) | 4 27 (s56) | 12 15 (298) |
| 23 | p21 32 (61) | 5 24 (s58) | 13 17 (300) |
| 24 | p22 26 (60) | 6 20 (s58) | 14 10 (299) |
| 25 | p23 26 (61) | 7 14 (s56) | 14 55 (297) |
| 26 | 0 29 (65) | 8 06 (s54) | 15 33 (293) |
| 27 | 1 35 (69) | 8 55 (s51) | 16 05 (288) |
| 28 | 2 41 (74) | 9 42 (s48) | 16 33 (282) |
| 29 | 3 47 (81) | 10 28 (s44) | 16 59 (276) |
| 30 | 4 51 (87) | 11 12 (s40) | 17 23 (270) |

Październik

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 5 55 (93) | 11 55 (s36) | 17 46 (264) |
| 2 | 6 58 (99) | 12 39 (s32) | 18 11 (258) |
| 3 | 8 00 (105) | 13 22 (s29) | 18 36 (253) |
| 4 | 9 02 (110) | 14 06 (s26) | 19 05 (248) |
| 5 | 10 01 (115) | 14 51 (s24) | 19 37 (244) |
| 6 | 10 59 (118) | 15 38 (s22) | 20 14 (241) |
| 7 | 11 53 (120) | 16 26 (s21) | 20 57 (240) |
| 8 | 12 43 (120) | 17 15 (s21) | 21 47 (240) |
| 9 | 13 29 (119) | 18 05 (s22) | 22 43 (242) |
| 10 | 14 10 (116) | 18 55 (s23) | 23 46 (245) |
| 11 | 14 46 (112) | 19 47 (s26) | f 0 54 (250) |
| 12 | 15 20 (106) | 20 39 (s30) | f 2 07 (256) |
| 13 | 15 50 (100) | 21 32 (s34) | f 3 24 (264) |
| 14 | 16 20 (92) | 22 25 (s39) | f 4 43 (271) |
| 15 | 16 50 (85) | 23 21 (s44) | f 6 04 (279) |
| 17 | p17 22 (77) | 0 17 (s49) | 7 25 (287) |
| 18 | p17 58 (71) | 1 15 (s53) | 8 45 (293) |
| 19 | p18 38 (65) | 2 15 (s56) | 10 01 (297) |
| 20 | p19 24 (61) | 3 14 (s57) | 11 08 (300) |
| 21 | p20 18 (60) | 4 13 (s58) | 12 07 (300) |
| 22 | p21 17 (61) | 5 09 (s57) | 12 55 (298) |
| 23 | p22 21 (63) | 6 03 (s55) | 13 35 (294) |
| 24 | p23 27 (67) | 6 53 (s52) | 14 09 (290) |
| 25 | 0 33 (73) | 7 41 (s49) | 14 38 (284) |
| 26 | 1 39 (78) | 8 27 (s45) | 15 04 (278) |
| 27 | 2 43 (85) | 9 11 (s42) | 15 28 (272) |
| 28 | 3 47 (91) | 9 54 (s38) | 15 51 (266) |
| 29 | 4 50 (97) | 10 37 (s34) | 16 15 (260) |
| 30 | 5 52 (103) | 11 20 (s30) | 16 40 (254) |
| 31 | 6 54 (109) | 12 04 (s27) | 17 07 (249) |

Listopad

| | | | |
|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 7 54 (114) | 12 49 (s24) | 17 37 (245) |
| 2 | 8 53 (117) | 13 35 (s22) | 18 13 (242) |
| 3 | 9 49 (120) | 14 22 (s21) | 18 53 (240) |
| 4 | 10 40 (121) | 15 10 (s20) | 19 40 (239) |
| 5 | 11 27 (120) | 15 59 (s21) | 20 33 (241) |
| 6 | 12 09 (118) | 16 48 (s22) | 21 32 (243) |
| 7 | 12 46 (114) | 17 38 (s25) | 22 36 (248) |
| 8 | 13 19 (109) | 18 28 (s28) | 23 45 (253) |
| 9 | 13 49 (103) | 19 18 (s32) | f 0 58 (260) |
| 10 | 14 18 (96) | 20 10 (s36) | f 2 13 (267) |
| 11 | 14 47 (89) | 21 03 (s41) | f 3 32 (275) |
| 12 | 15 17 (81) | 21 58 (s46) | f 4 53 (283) |
| 13 | 15 49 (74) | 22 55 (s50) | f 6 14 (290) |
| 15 | p16 27 (68) | p23 55 (s54) | 7 34 (295) |
| 16 | p17 11 (63) | 0 56 (s57) | 8 49 (299) |
| 17 | p18 02 (60) | 1 57 (s58) | 9 54 (300) |
| 18 | p19 01 (60) | 2 57 (s58) | 10 49 (299) |
| 19 | p20 06 (62) | 3 54 (s56) | 11 35 (296) |
| 20 | p21 14 (65) | 4 48 (s54) | 12 12 (292) |
| 21 | p22 22 (70) | 5 38 (s51) | 12 43 (286) |
| 22 | p23 29 (76) | 6 25 (s47) | 13 10 (281) |
| 23 | 0 34 (82) | 7 10 (s43) | 13 34 (274) |
| 24 | 1 39 (89) | 7 53 (s39) | 13 57 (268) |
| 25 | 2 42 (95) | 8 36 (s35) | 14 20 (262) |
| 26 | 3 44 (101) | 9 18 (s31) | 14 44 (256) |
| 27 | 4 46 (107) | 10 02 (s28) | 15 10 (251) |
| 28 | 5 47 (112) | 10 46 (s25) | 15 39 (246) |
| 29 | 6 47 (116) | 11 32 (s23) | 16 13 (242) |
| 30 | 7 44 (119) | 12 19 (s21) | 16 51 (240) |

Grudzień

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 8 38 (121) | 13 07 (s20) | 17 36 (239) |
| 2 | 9 27 (121) | 13 56 (s21) | 18 27 (240) |
| 3 | 10 10 (119) | 14 45 (s22) | 19 24 (242) |
| 4 | 10 48 (116) | 15 35 (s24) | 20 26 (246) |
| 5 | 11 22 (112) | 16 24 (s27) | 21 32 (251) |
| 6 | 11 52 (106) | 17 12 (s30) | 22 41 (257) |
| 7 | 12 21 (100) | 18 02 (s34) | 23 53 (264) |
| 8 | 12 48 (93) | 18 52 (s39) | f 1 08 (271) |
| 9 | 13 16 (85) | 19 43 (s44) | f 2 24 (279) |
| 10 | 13 45 (78) | 20 38 (s48) | f 3 43 (286) |
| 11 | 14 19 (71) | 21 34 (s52) | f 5 03 (292) |
| 12 | 14 58 (65) | 22 34 (s55) | f 6 20 (297) |
| 13 | 15 44 (61) | 23 36 (s58) | f 7 32 (300) |
| 15 | p16 40 (59) | 0 37 (s58) | 8 34 (300) |
| 16 | p17 43 (60) | 1 38 (s57) | 9 27 (298) |
| 17 | p18 51 (63) | 2 35 (s55) | 10 09 (294) |
| 18 | p20 02 (68) | 3 29 (s52) | 10 44 (289) |
| 19 | p21 12 (73) | 4 19 (s49) | 11 13 (283) |
| 20 | p22 21 (79) | 5 06 (s45) | 11 39 (277) |
| 21 | p23 27 (86) | 5 50 (s41) | 12 03 (271) |
| 22 | 0 31 (93) | 6 34 (s37) | 12 26 (264) |
| 23 | 1 34 (99) | 7 16 (s33) | 12 50 (258) |
| 24 | 2 37 (105) | 7 59 (s29) | 13 15 (253) |
| 25 | 3 38 (110) | 8 43 (s26) | 13 42 (248) |
| 26 | 4 38 (115) | 9 29 (s24) | 14 14 (244) |
| 27 | 5 37 (118) | 10 15 (s22) | 14 50 (241) |
| 28 | 6 33 (120) | 11 03 (s21) | 15 33 (239) |
| 29 | 7 24 (121) | 11 53 (s20) | 16 22 (239) |
| 30 | 8 10 (120) | 12 42 (s21) | 17 17 (241) |
| 31 | 8 51 (117) | 13 32 (s23) | 18 19 (244) |

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

| h m s | | | | | | | | | | | |
|---------|---|----|---------|--------|----|----|---------|----|----|----|---------|
| Styczeń | | | Luty | Marzec | | | | | | | |
| 1 | 7 | 56 | 49.8715 | 1 | 9 | 59 | 03.1005 | 1 | 11 | 53 | 23.1498 |
| 2 | 8 | 00 | 46.4235 | 2 | 10 | 02 | 59.6547 | 2 | 11 | 57 | 19.7044 |
| 3 | 8 | 04 | 42.9761 | 3 | 10 | 06 | 56.2108 | 3 | 12 | 01 | 16.2604 |
| 4 | 8 | 08 | 39.5297 | 4 | 10 | 10 | 52.7687 | 4 | 12 | 05 | 12.8173 |
| 5 | 8 | 12 | 36.0851 | 5 | 10 | 14 | 49.3278 | 5 | 12 | 09 | 09.3740 |
| 6 | 8 | 16 | 32.6424 | 6 | 10 | 18 | 45.8874 | 6 | 12 | 13 | 05.9296 |
| 7 | 8 | 20 | 29.2017 | 7 | 10 | 22 | 42.4463 | 7 | 12 | 17 | 02.4830 |
| 8 | 8 | 24 | 25.7628 | 8 | 10 | 26 | 39.0034 | 8 | 12 | 20 | 59.0336 |
| 9 | 8 | 28 | 22.3248 | 9 | 10 | 30 | 35.5578 | 9 | 12 | 24 | 55.5817 |
| 10 | 8 | 32 | 18.8868 | 10 | 10 | 34 | 32.1093 | 10 | 12 | 28 | 52.1282 |
| 11 | 8 | 36 | 15.4475 | 11 | 10 | 38 | 28.6586 | 11 | 12 | 32 | 48.6750 |
| 12 | 8 | 40 | 12.0060 | 12 | 10 | 42 | 25.2070 | 12 | 12 | 36 | 45.2235 |
| 13 | 8 | 44 | 08.5617 | 13 | 10 | 46 | 21.7562 | 13 | 12 | 40 | 41.7748 |
| 14 | 8 | 48 | 05.1149 | 14 | 10 | 50 | 18.3073 | 14 | 12 | 44 | 38.3290 |
| 15 | 8 | 52 | 01.6664 | 15 | 10 | 54 | 14.8611 | 15 | 12 | 48 | 34.8853 |
| 16 | 8 | 55 | 58.2176 | 16 | 10 | 58 | 11.4173 | 16 | 12 | 52 | 31.4425 |
| 17 | 8 | 59 | 54.7698 | 17 | 11 | 02 | 07.9753 | 17 | 12 | 56 | 27.9994 |
| 18 | 9 | 03 | 51.3243 | 18 | 11 | 06 | 04.5339 | 18 | 13 | 00 | 24.5550 |
| 19 | 9 | 07 | 47.8813 | 19 | 11 | 10 | 01.0920 | 19 | 13 | 04 | 21.1086 |
| 20 | 9 | 11 | 44.4408 | 20 | 11 | 13 | 57.6486 | 20 | 13 | 08 | 17.6600 |
| 21 | 9 | 15 | 41.0020 | 21 | 11 | 17 | 54.2031 | 21 | 13 | 12 | 14.2093 |
| 22 | 9 | 19 | 37.5636 | 22 | 11 | 21 | 50.7553 | 22 | 13 | 16 | 10.7569 |
| 23 | 9 | 23 | 34.1243 | 23 | 11 | 25 | 47.3053 | 23 | 13 | 20 | 07.3036 |
| 24 | 9 | 27 | 30.6833 | 24 | 11 | 29 | 43.8536 | 24 | 13 | 24 | 03.8500 |
| 25 | 9 | 31 | 27.2399 | 25 | 11 | 33 | 40.4011 | 25 | 13 | 28 | 00.3970 |
| 26 | 9 | 35 | 23.7941 | 26 | 11 | 37 | 36.9486 | 26 | 13 | 31 | 56.9451 |
| 27 | 9 | 39 | 20.3462 | 27 | 11 | 41 | 33.4966 | 27 | 13 | 35 | 53.4949 |
| 28 | 9 | 43 | 16.8969 | 28 | 11 | 45 | 30.0460 | 28 | 13 | 39 | 50.0466 |
| 29 | 9 | 47 | 13.4469 | 29 | 11 | 49 | 26.5969 | 29 | 13 | 43 | 46.6001 |
| 30 | 9 | 51 | 09.9971 | | | | | 30 | 13 | 47 | 43.1552 |
| 31 | 9 | 55 | 06.5481 | | | | | 31 | 13 | 51 | 39.7113 |

Kwiecień

1 13 55 36.2675
2 13 59 32.8232
3 14 03 29.3772
4 14 07 25.9290
5 14 11 22.4782
6 14 15 19.0255
7 14 19 15.5722
8 14 23 12.1202
9 14 27 08.6708
10 14 31 05.2248
11 14 35 01.7816
12 14 38 58.3399
13 14 42 54.8983
14 14 46 51.4556
15 14 50 48.0110
16 14 54 44.5641
17 14 58 41.1150
18 15 02 37.6642
19 15 06 34.2122
20 15 10 30.7600
21 15 14 27.3082
22 15 18 23.8574
23 15 22 20.4083
24 15 26 16.9611
25 15 30 13.5159
26 15 34 10.0723
27 15 38 06.6299
28 15 42 03.1879
29 15 45 59.7454
30 15 49 56.3017

Maj

1 15 53 52.8560
2 15 57 49.4080
3 16 01 45.9580
4 16 05 42.5069
5 16 09 39.0562
6 16 13 35.6076
7 16 17 32.1623
8 16 21 28.7204
9 16 25 25.2810
10 16 29 21.8424
11 16 33 18.4030
12 16 37 14.9618
13 16 41 11.5182
14 16 45 08.0722
15 16 49 04.6243
16 16 53 01.1749
17 16 56 57.7250
18 17 00 54.2753
19 17 04 50.8266
20 17 08 47.3794
21 17 12 43.9340
22 17 16 40.4906
23 17 20 37.0491
24 17 24 33.6088
25 17 28 30.1691
26 17 32 26.7291
27 17 36 23.2880
28 17 40 19.8450
29 17 44 16.3997
30 17 48 12.9523
31 17 52 09.5036

Czerwiec

1 17 56 06.0547
2 18 00 02.6071
3 18 03 59.1623
4 18 07 55.7208
5 18 11 52.2823
6 18 15 48.8455
7 18 19 45.4088
8 18 23 41.9706
9 18 27 38.5300
10 18 31 35.0868
11 18 35 31.6412
12 18 39 28.1939
13 18 43 24.7456
14 18 47 21.2972
15 18 51 17.8495
16 18 55 14.4031
17 18 59 10.9584
18 19 03 07.5157
19 19 07 04.0749
20 19 11 00.6355
21 19 14 57.1969
22 19 18 53.7582
23 19 22 50.3184
24 19 26 46.8768
25 19 30 43.4328
26 19 34 39.9866
27 19 38 36.5386
28 19 42 33.0901
29 19 46 29.6424
30 19 50 26.1968

Lipiec

1 19 54 22.7541
 2 19 58 19.3145
 3 20 02 15.8770
 4 20 06 12.4404
 5 20 10 09.0029
 6 20 14 05.5633
 7 20 18 02.1211
 8 20 21 58.6762
 9 20 25 55.2291
 10 20 29 51.7807
 11 20 33 48.3318
 12 20 37 44.8832
 13 20 41 41.4357
 14 20 45 37.9898
 15 20 49 34.5456
 16 20 53 31.1033
 17 20 57 27.6626
 18 21 01 24.2230
 19 21 05 20.7835
 20 21 09 17.3432
 21 21 13 13.9012
 22 21 17 10.4568
 23 21 21 07.0099
 24 21 25 03.5610
 25 21 29 00.1110
 26 21 32 56.6615
 27 21 36 53.2137
 28 21 40 49.7685
 29 21 44 46.3261
 30 21 48 42.8860
 31 21 52 39.4471

Sierpień

1 21 56 36.0080
 2 22 00 32.5672
 3 22 04 29.1240
 4 22 08 25.6781
 5 22 12 22.2298
 6 22 16 18.7797
 7 22 20 15.3289
 8 22 24 11.8780
 9 22 28 08.4280
 10 22 32 04.9793
 11 22 36 01.5323
 12 22 39 58.0871
 13 22 43 54.6436
 14 22 47 51.2013
 15 22 51 47.7595
 16 22 55 44.3174
 17 22 59 40.8740
 18 23 03 37.4283
 19 23 07 33.9800
 20 23 11 30.5293
 21 23 15 27.0773
 22 23 19 23.6252
 23 23 23 20.1745
 24 23 27 16.7264
 25 23 31 13.2811
 26 23 35 09.8381
 27 23 39 06.3966
 28 23 43 02.9550
 29 23 46 59.5123
 30 23 50 56.0675
 31 23 54 52.6201

Wrzesień

1 23 58 49.1702
 2 0 02 45.7185
 3 0 06 42.2657
 4 0 10 38.8126
 5 0 14 35.3602
 6 0 18 31.9090
 7 0 22 28.4594
 8 0 26 25.0116
 9 0 30 21.5655
 10 0 34 18.1208
 11 0 38 14.6770
 12 0 42 11.2332
 13 0 46 07.7885
 14 0 50 04.3421
 15 0 54 00.8933
 16 0 57 57.4421
 17 1 01 53.9889
 18 1 05 50.5352
 19 1 09 47.0826
 20 1 13 43.6325
 21 1 17 40.1855
 22 1 21 36.7412
 23 1 25 33.2985
 24 1 29 29.8562
 25 1 33 26.4130
 26 1 37 22.9678
 27 1 41 19.5202
 28 1 45 16.0702
 29 1 49 12.6183
 30 1 53 09.1651

Październik

1 1 57 05.7116
 2 2 01 02.2585
 3 2 04 58.8066
 4 2 08 55.3562
 5 2 12 51.9077
 6 2 16 48.4611
 7 2 20 45.0159
 8 2 24 41.5718
 9 2 28 38.1281
 10 2 32 34.6839
 11 2 36 31.2384
 12 2 40 27.7910
 13 2 44 24.3412
 14 2 48 20.8894
 15 2 52 17.4364
 16 2 56 13.9839
 17 3 00 10.5336
 18 3 04 07.0865
 19 3 08 03.6429
 20 3 12 00.2016
 21 3 15 56.7612
 22 3 19 53.3200
 23 3 23 49.8770
 24 3 27 46.4316
 25 3 31 42.9837
 26 3 35 39.5338
 27 3 39 36.0825
 28 3 43 32.6307
 29 3 47 29.1792
 30 3 51 25.7287
 31 3 55 22.2799

Listopad

1 3 59 18.8329
 2 4 03 15.3878
 3 4 07 11.9444
 4 4 11 08.5022
 5 4 15 05.0605
 6 4 19 01.6186
 7 4 22 58.1757
 8 4 26 54.7312
 9 4 30 51.2845
 10 4 34 47.8359
 11 4 38 44.3857
 12 4 42 40.9353
 13 4 46 37.4863
 14 4 50 34.0402
 15 4 54 30.5978
 16 4 58 27.1586
 17 5 02 23.7213
 18 5 06 20.2840
 19 5 10 16.8450
 20 5 14 13.4034
 21 5 18 09.9592
 22 5 22 06.5125
 23 5 26 03.0642
 24 5 29 59.6151
 25 5 33 56.1661
 26 5 37 52.7180
 27 5 41 49.2713
 28 5 45 45.8265
 29 5 49 42.3836
 30 5 53 38.9424

Grudzień

1 5 57 35.5026
 2 6 01 32.0634
 3 6 05 28.6241
 4 6 09 25.1839
 5 6 13 21.7422
 6 6 17 18.2984
 7 6 21 14.8526
 8 6 25 11.4051
 9 6 29 07.9569
 10 6 33 04.5093
 11 6 37 01.0638
 12 6 40 57.6215
 13 6 44 54.1828
 14 6 48 50.7468
 15 6 52 47.3119
 16 6 56 43.8760
 17 7 00 40.4378
 18 7 04 36.9965
 19 7 08 33.5524
 20 7 12 30.1061
 21 7 16 26.6585
 22 7 20 23.2107
 23 7 24 19.7635
 24 7 28 16.3175
 25 7 32 12.8731
 26 7 36 09.4306
 27 7 40 05.9899
 28 7 44 02.5506
 29 7 47 59.1121
 30 7 51 55.6736
 31 7 55 52.2343

Część druga
(dydaktyczno–informacyjna)

Одесское отделение Астрономии Новой – 2015

Ivan L. Andronov

Академик АН Высшей Школы Украины, руководитель Одесского отделения “Astroponia Nova”, научный руководитель секции астрономии Одесского отделения Малой Академии Наук

В Одесское отделение «Новой Астрономии» входят преподаватели, сотрудники, аспиранты и студенты кафедры «Высшая и прикладная математика» Одесского Национального Морского Университета (ОНМУ), кафедры астрономии и астрономической обсерватории Одесского Национального Университета им. И.И.Мечникова (ОНУ). Не говоря о преподавательской деятельности, отметим, что научными интересами являются, в основном, переменные звезды разных типов (катаклизмические, пульсирующие, затменные), математическое моделирование астрономических сигналов. Кроме того, проводится активная работа по популяризации астрономии – чтение популярных лекций, подготовка статей, в том числе, и в «Большую украинскую энциклопедию», выступления на телевидении, проведение астрономических конкурсов и олимпиад.



Владислава Игоревна Марсакова - доцент кафедры астрономии физического факультета Одесского Национального Университета (ОНУ) им. И.И.Мечникова. Исследует пульсирующие переменные звезды и родственные объекты, активно занимается педагогической, научной и популяризаторской деятельностью. В 2015 г. Указом Президента Украины ей присвоено почетное звание «Заслуженный деятель образования Украины».

В Одессе в помещении кафедры астрономии работает школьный астрономический кружок «Одесского областного гуманитарного центра внешкольного образования и воспитания». С 1999г. им руководит Владислава Марсакова. Будучи яркой "звездой" в ярком созвездии

одесской астрономии на всемирном небосводе, она с энтузиазмом "несет свой свет" юным поколениям талантливых студентов и школьников, «стремящихся к звездам». Она – автор двух коллективных учебников для любителей астрономии и нескольких методичек. Возглавляет жюри астрономических олимпиад, руководит школьными научными работами.

После теоретических занятий, если погода хорошая, можно провести на телескопе наблюдения Луны и планет. Под ее руководством успешно готовятся научные работы на конференцию Малой Академии Наук, конкурсы «Мирный Космос», компьютерные презентации и статьи во "взрослых" научных журналах.

А решение задач по физике и астрономии позволяет не только успешно учиться в школе и потом университете, но и выступать на всеукраинских и даже международных олимпиадах, конференциях и школах.

Конечно, не все кружковцы становятся астрономами, но «первые шаги» в кружке помогают не только научиться решать задачи, но и проводить расчеты и оформлять на компьютере свои работы, делать презентации высокого уровня, работать в команде и развивать ораторское искусство. А это важно для личностного роста при любом выборе специальности.

В 2015 году ученики кружка добились замечательных успехов, победив в трех номинациях на всеукраинском уровне. Дмитрий Твардовский, 9-классник Ришельевского лицея, победил на конференции – конкурсе секции астрономии Малой Академии Наук, он же награжден дипломом второй степени на школьной астрономической олимпиаде (а первое место занял тоже ученик кружка - 9-классник Ришельевского лицея Роман Солецкий).



Семинар «Переменные звезды» в Мальборке 24.10.2015. Vladyslava Marsakova, Mieczysław Janusz Jagła, Dmytro Tvardovskii, Ivan Andronov.

А вот на всеукраинской студенческой астрономической олимпиаде победил кружковец Олег Бобров, ныне студент 1 курса астрономического отделения ОНУ. Катерина Андрич, также первокурсница, получила диплом "за лучший научный дебют" на международной астрономической конференции "Astrophisica Nova" в Ченстохове. И насколько приятно наблюдать, как недавняя школьница, ныне студентка, с энтузиазмом помогает своей наставнице в проведении занятий в кружке.

И Катерина, и Олег уже имеют статьи на английском языке в научных журналах, и продолжают заниматься научной работой. Надеюсь, что ими тоже будет гордиться одесская и мировая астрономия.



У 80-см телескопа НИИ «Астрономическая обсерватория» Одесского Национального Университета. Таисия Шакун, Юлия Станкевич, Дмитрий Твардовский.



Катерина Андрич приучает живущего в Одесской обсерватории ежика к астрономическим наблюдениям ☺. Теперь «даже ёжику понятно», как интересна астрономия!

В 2015 году Катерина Андрич выступала на конференции “Astrophisica Nova”, отмечена дипломом. Ее статья опубликована в этом же номере СКА. Она и Дмитрий Твардовский, под руководством В.И.Марсаковой, принимали участие в летней школе “Variable” в обсерватории Lubomir, организованной Dr. Igor Kudzej, Pavol Dubovsky (Словакия) и проводимой ежегодно поочередно в Kolonica, Roztoky (Словакия) и Lubomir (Польша), были соавторами докладов на семинаре "Переменные звезды" в Мальборке.



Дмитрий Твардовский наблюдает фазы Венеры на историческом телескопе Соок.
Павел Коноплев ждет наблюдений Юпитера.



В.И. Марсакова, О.А. Бобров, К.Д. Андрич, И.Л. Андронов
после студенческой конференции в ОНМУ.

Они продолжили работу в нашей группе, отлично зарекомендовали себя на международном уровне.

Начав готовить эту статью, я попросил отзывы некоторых бывших учеников, которые уехали в другие города и даже страны. Приятно отметить теплые воспоминания и добрые пожелания, во многом повторяющиеся. Вот только некоторые из них:

«Дорогая Владислава Игоревна! Я уже несколько месяцев не хожу в астрономическую школу, но все еще с любовью вспоминаю субботние вечера, проведенные в вашем обществе. Вместе с вами мы смотрели через огромный телескоп на ночное небо и наблюдали Венеру. Вместе с вами мы решали задачи на законы Кеплера. Благодаря вам ночью, глядя ввысь, я могу различить очертания Кассиопеи, Большой и Малой Медведицы, Большого Пса и найти самую яркую звезду на небосводе – Сириус. Без вашей помощи мы никогда бы не написали научную работу и не защитили ее на высший балл. Вы вложили в нас всех столько сил и заботы, что, наверное, никаких слов и поступков не хватит, чтобы отблагодарить вас. Вы сделали одно из самых важных в моей жизни открытий – вы открыли мне новый путь, путь к звездам и за это я вам от души благодарна.

С любовью, Ваша ученица Смоленченко Александра».



Победитель областных и всеукраинских астрономических олимпиад Роман Солецкий (фото 2011г.). В 2015 году награжден дипломом 3 степени на международной астрономической олимпиаде в Индонезии.



Одесситы – дипломанты всеукраинской олимпиады Оксана Столярик, Елена Лукьянова, Дмитрий Твардовский, а также члены жюри Владислава Игоревна Марсакова, Виталий Витальевич Бреус и Александр Анатольевич Базей.



У главного входа в астрономическую обсерваторию.



Ученицы кружка Мария Бессонова, Анастасия Савченко и Александра Смоленченко.



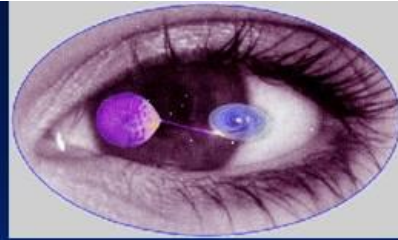
Успехи в этом году были не только в астрономии. Школьница Анна Андропова получила серебряную «майскую нотку» на международном фестивале песни и танца "Majowa Nutka - Międzynarodowy Festiwal Piosenki i Tańca" в Ченстохове, который регулярно организывает замечательный энтузиаст Stanisław Zieliński. Аня исполнила четыре песни в номинациях «народная» и «эстрада», в том числе, «почти астрономическую» «Три звезды».

Konferencja „Gwiazdy zmiennie”
Malbork, Polska, 24 października 2015 r. 14:30

MAGNETYSM GWIAZD PODWÓJNYCH

Ivan L. Andronov¹,
Lidia L. Chinarova²,
Anna I. Andronova³,
Mariia G. Tkachenko¹,
A.V. Kusakin⁴,
Kateryna D. Andrych³

¹ Odesski Narodowy Uniwersytet Morski (ONMU),
Odessa, Ukraina
² Odesski Narodowy Uniwersytet im. I.I. Mecznikowa
(ONU), Odessa, Ukraina
³ Szkoła 101, Odessa, Ukraina
⁴ Astrofizyczny Instytut im. W.G.Fesenkowa (AphI),
Almaty, Kazachstan



А результаты ее измерений блеска переменной звезды V1092 Cas по CCD изображениям блеска, которые получил А.В.Кусакин в Казахстане, вошли в доклад на семинаре «Переменные звезды» в Мальборке 24 октября 2015.

А завершить хочу стихотворением, которые специально для своей Учительницы с Большой Буквы написала Анастасия Савченко:

*Звездное небо — прекрасное чудо,
Сколько загадок заложено в нем!
Мы изучать астрономию будем,
Чтобы отправиться в Космос потом!*

*Мы вам здоровья и счастья желаем,
Вы нам сумели привить интерес,
Ведь астрономию мы изучаем,
Чтобы вовлечься в научный прогресс!*

AGH Space Systems - autoprezentacja

Tomasz Fuchs, Bartosz Postulka, Jakub Rachucki, Robert Betka,
Adam Kurzak, Bartosz Moczala, Weronika Mrozińska

AGH, Kraków

Nazywamy się AGH Space Systems i jesteśmy drużyną zrzeszającą studentów i studentki Akademii Górniczo Hutniczej, których połączyło zamiłowanie do inżynierii kosmicznej. Nasz zespół został powołany do życia w październiku 2014, a jego głównym celem było wzięcie udziału w międzynarodowym konkursie „CanSat Competition” organizowanym między innymi przez takie organizacje jak Amerykańskie Towarzystwo Astronautyczne (AAS), Amerykański Instytut Lotnictwa i Astronautyki (AIAA) oraz NASA. Pokonując wszystkie przeciwności, cel został zrealizowany oraz, co więcej, konkurs ten wygraliśmy, pozostawiając za sobą około 60 drużyn z uczelni wyższych z całego świata.

Konkurs „CanSat Competition” postawił przed uczestnikami zadanie zaprojektowania i skonstruowania sondy planetarnej, która po wyniesieniu na odpowiedni pułap miała by opaść, ustabilizować lot, zebrać kompleksowe dane telemetryczne i informacje o atmosferze, przenieść delikatny ładunek oraz oczywiście bezpiecznie wylądować. Na zrealizowanie projektu wszystkie zespoły biorące udział w konkursie otrzymały rok czasu, a całość została podzielona na 3 etapy. W pierwszym etapie podczas telekonferencji, gdzie przedstawiliśmy sędziom wstępny projekt naszej sondy, otrzymaliśmy 97.6% punktów możliwych do uzyskania. W drugim etapie po kolejnej telekonferencji i jeszcze surowszej ocenie projektu zdobyliśmy 99.2% punktów. Ostatnim etapem był już środowiskowy test oraz sam lot sondy podczas trzydniowej, faktycznej części konkursu, która odbyła się w czerwcu 2015 w Burkett w stanie Texas w Stanach Zjednoczonych, gdzie nasza drużyna zdobyła pierwsze miejsce.

Udział w konkursie pozwolił nam poszerzyć wiedzę na temat inżynierii kosmicznej, a sama wizyta w Stanach Zjednoczonych, oprócz wzięcia udziału w konkursie, dała nam także możliwość odwiedzenia światowej sławy miejsc związanych z kosmosem, takich jak np. Centrum Kosmiczne imienia Johna F. Kennedy’ego, czyli Mekkę wszystkich, których myśli ciągną do gwiazd. Zdobytą wiedzę i doświadczenia przywieźliśmy do Polski, gdzie nie osiedliśmy na laurach, tylko rozpoczęliśmy nowe projekty ze zdwojonym wysiłkiem podczas wakacji. W tej chwili kończymy już projekt naszej własnej rakiety, w której testujemy innowacyjne technologie, a nowa sonda stratosferyczna ma już za sobą pierwsze loty.

Osoby chcące dowiedzieć się więcej, zapraszamy na nasz profil na portalu facebook www.facebook.com/aghspace .



Członkowie AGH Space Systems. Od lewej: (stoją) Bartosz Postulka, Adam Kurzak, Bartosz Moczala, Jakub Rachucki i Robert Betka, (kucający) Tomasz Fuchs oraz dr hab. inż. Tomasz Buratowski

Sześćdziesiąty Szósty Międzynarodowy Kongres Astronautyczny

Agata Kołodziejczyk

¹Europejska Agencja Kosmiczna, Holandia

²Astronomia Nova, fichbio@gmail.com

³Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi, Rzepiennik Biskupi, Polska

Po uroczystym otwarciu w dniach 12-16 października 2015 roku w Jerozolimie odbywał się Międzynarodowy Kongres Astronautyczny (IAC) - największe światowe forum wymiany myśli dla reprezentantów instytucji rządowych, naukowców, inżynierów, przedsiębiorców i innych aktywistów sektora kosmicznego. Hasło przewodnie kongresu nawiązywało do mistycznego charakteru Jerozolimy: „Kosmos - brama do przyszłości ludzkości”. Na spotkanie przybyło ponad dwa tysiące delegatów, przedstawicieli mediów i wystawców. Najważniejsze informacje dotyczące nowości w sektorze kosmicznym prezentowane były na sesjach plenarnych, podczas gdy w mniejszych salach odbywały się specjalistyczne sesje tematyczne. W ogromnym centrum kongresowym na parterze i piętrze prezentowano stanowiska firm oraz instytucji, np. Space X, firmy z drukiem 3D, czujnikami, elektroniką kosmiczną, strojami astronautów, DLR, YAXA, itp., które ukazywały rozwój branży kosmicznej. W tym roku po raz pierwszy pojawiło się stoisko polskiego sektora kosmicznego dzięki firmie Blue Dot Solutions/Kosmonauta.net. Możemy być dumni, że Polska została zauważona na tak ważnym spotkaniu.

Pomimo napiętej sytuacji w Świątym Mieście i kilkunastu zamachów, kongres przebiegał spokojnie i nikt z uczestników spotkania nie ucierpiał, nawet w czasie długich nocnych spacerów w celu zwiedzenia najważniejszych miejsc biblijnych. Izrael wyszedł pokojowo naprzeciw innym agencjom kosmicznym, a sam Minister Nauki i Technologii Ofir Akunis wprowadził zarządzenie w celu wzmocnienia więzi ISA z innymi agencjami. Izrael jest otwarty na współpracę oraz zamierza pokojowo wykorzystywać przestrzeń kosmiczną. Co ciekawe, przewodniczący Israel Aerospace Industries zaznaczył, że wynoszenie ładunków kosmicznych w kraju zostało zapewnione przy niewielkim budżecie.

Kierownicy Agencji Kosmicznych przekazali informacje o najnowszych osiągnięciach oraz kierunkach rozwoju NASA, ESA, Roskosmos, JAXA, ISA, ISRO oraz CNSA: Izraelska Agencja Lotów Kosmicznych podpisała umowę na wystrzelenie ładownika księżycowego w ramach Google Lunar X Prize, wyrażono obawę o kwestie bezpieczeństwa i cyber-bezpieczeństwa, jako jednej z ważnych kwestii także dla sektora kosmicznego. Indyjska Organizacja Badań Kosmicznych odniosła wiele sukcesów na polu startów na orbity geostacjonarne oraz polarne, wyrażono chęć zwiększenia udziału technologii kosmicznych do polepszenia jakości życia w Indiach. Chińska Narodowa Agencja Kosmiczna kontynuuje rozwój programu księżycowego.

Misja Chang'e 5 przywiezie próbki gruntu Księżyca w 2017 roku. Lądowanie po niewidocznej stronie Księżyca planowane jest na rok 2018. Dodatkowo Chińczycy rozpoczną budowę nowej stacji kosmicznej w 2018 roku. Budowa ma trwać dwa lata. Misja na Marsa z lądowikiem i łazikiem planowana jest na 2020. Chiński rząd zatwierdził również budowę i wystrzelenie 100 satelitów do końca 2025 roku. Obecnie Chińczycy skupiają się na rozwoju przyjaznych środowisku rakiet nośnych, które mogą być wykorzystane w rozwoju technologii satelitarnych dla celów społecznych.



Polska drużyna na Kongresie w Jerozolimie. (fot. K. Kanawka)

Aby wygłosić prezentację w trakcie kongresu trzeba było pół roku wcześniej przesłać abstrakt wystąpienia do akceptacji. Mój temat dotyczył wyników badań z dwóch misji stratosferycznych odnośnie zastosowania mchów w badaniach astrobiologicznych. Wspólnie z Dr Oldrichem Motyką oraz Jędrzejem Górskim otrzymaliśmy zgodę na przedstawienie tematu. Na sesji technicznej dotyczącej astrobiologii miałam nadzieję, że spotkam osobiście jedną z najbardziej wyspecjalizowanych astrobiologów, prof. Pascale Ehrenfreund. Niestety z obawy przed sytuacją w Izraelu, Pani Pascale nie uczestniczyła w kongresie. Pomimo to moja prezentacja pt. "Exposure of Two Ecologically Contrasted Moss Species to Stratospheric Conditions: Stress Tolerance as a Key to Survival" spotkała się z dużym zainteresowaniem, a na koniec sesji podeszli do mnie profesorowie i przedstawili dwie oferty pracy: jedna w Niemczech, druga w Chinach. Propozycji nie przyjąłem ze względu na wcześniej ustalony angaż w ESA.

Kongres był bardzo wartościowym wydarzeniem, w szczególności dla osób, które chcą się zapoznać ze światem branży kosmicznej, jej głównymi aktorami i trendami oraz planami na przyszłość. Kolejny kongres IAC odbędzie się w Meksyku w Guadalajara 26-30 września 2016 roku. Więcej informacji można znaleźć na stronie www.iafastro.org

Roje meteorów

Artur Leśniczek

Częstochowski Oddział PTMA im. ks. Bonawentury Metlera

W przestrzeni międzyplanetarnej występuje wiele obiektów o zróżnicowanych masach, od ułamków grama do kilogramów, a nawet więcej. Poruszają się po różnych, często przypadkowych orbitach. Niektóre z nich mają orbity bardzo podobne do orbit kometarnych. Te właśnie pochodzą od komet, które gubiąc część swojej masy, zostawiły je na swojej drodze wokół Słońca. Jeśli taka orbita przecina orbitę ziemską, niektóre z obiektów trafiają na naszą planetę. Drobinę tę, inaczej meteoroidy, wchodząc w atmosferę, są przez nią gwałtownie wyhamowywane, rozgrzewając i jonizując ją wokół siebie oraz wywołując jej świecenie. Takie zjawisko świetlne nazywamy meteorem. Zaczyna się ono już od wysokości około 120 km. Same meteoroidy w znacznej części wyparowują. Prędkości z jakimi meteoroidy wpadają w atmosferę mieszczą się w przedziale od 12 do 72 km/s. Drobinę tę poruszają się równolegle względem siebie i z tego powodu meteory zdają się wybiegać z jednego miejsca na niebie zwanego radiantem. Nazwy rojów meteorów biorą się od nazw gwiazdozbiorów, w których leży radiant. Wszystkie meteoroidy z danego roju mają tę samą prędkość. Aktywność roju jest charakteryzowana przez parametr zwany ZHR (Zenithal Hourly Rate). Jest to ilość meteorów, jaką zobaczyłby nieuzbrojonym okiem obserwator przy widoczności granicznej 6.5 mag dla radiantu położonego w zenicie. Wysokość radiantu w dużym stopniu przekłada się na ilość obserwowanych zjawisk. Również duże zaświecenie nieba, czy to przez światła miejskie, czy blask Księżyca znacznie obniża tę liczbę. Meteory obserwują przede wszystkim amatorzy. W wielu krajach działają organizacje koordynujące i analizujące ich obserwacje. W Polsce jest to Pracownia Komet i Meteorów PKiM. Organizacją międzynarodową jest International Meteor Organization IMO.

Kwadrantydy QUA

Kwadrantydy występują między 28 grudnia a 12 stycznia. Ich cechą charakterystyczną jest średnio biorąc niska aktywność i bardzo wyróżniające się na tym tle ostre tzn. krótkotrwałe, kilkugodzinne i intensywne maksimum, przypadające w tym roku 4 stycznia o godz. 9:00. Krótkotrwałość maksimum sprawia, że wystarczy kilka godzin pochmurnej zimowej pogody, aby umknęło ono obserwatorom. Według niektórych modeli największa aktywność może się pojawić wcześniej, tj. między 3 stycznia godz. 23:00 a 4 stycznia godz. 3:00. Radiant w naszych szerokościach geograficznych nie zachodzi i znajduje się w północnej części gwiazdozbioru Wolarza, wznosząc się najwyżej o świcie. Rój wziął nazwę od nieistniejącej obecnie konstelacji Kwadrantu Ściennego (Quadrans Muralis). Księżyc 2 stycznia znajdzie się w ostatniej kwadrze,

co daje dość korzystne warunki obserwacyjne. W maksimum może występować około 120 zjawisk na godzinę. Meteoroidy wchodząc w atmosferę, poruszają się z prędkością 41 km/s.

Lirydy Lyr

Rój ten jest aktywny od 16 do 25 kwietnia. W tym roku maksimum wypada 22 kwietnia około godz. 8:00, co zgrywa się niestety z pełnią Księżyca, która skutecznie obniża ilość obserwowanych meteorów. Radiant znajduje się w konstelacji Lutni (Lyra) i wznosi się najwyżej o świcie. W idealnych warunkach obserwacyjnych można się spodziewać 18 meteorów w ciągu godziny. Prędkość roju wynosi 49 km/s.

η -Akwarydy ETA

Rój ten, związany z kometą Halleya, obserwowany jest głównie z półkuli południowej. Radiant tego roju jest położony w konstelacji Wodnika (Aquarius) i w naszych szerokościach geograficznych wznosi się ponad horyzont dopiero o świcie. Meteory pojawiają się od 19 kwietnia do 28 maja. Maksimum przewidywane jest 5 maja około godziny 22:00. W idealnych warunkach można by się spodziewać 40 zjawisk w ciągu godziny. Maksimum jest dość szerokie i w okresie od 3 do 10 maja pojawia się powyżej 30 meteorów na godzinę. Wchodząc w atmosferę z prędkością 66 km/s, meteory te należą do szybkich. Wiele spośród nich jest jasnych i pozostawia świecące ślady.

Botydy czerwcowe JBO

Rój ten charakteryzuje się bardzo zmienną aktywnością, sięgającą chwilami powyżej 100 zjawisk na godzinę. Przez szereg lat w ogóle nie występował. Spodziewany czas maksimum to 27 czerwca godz. 5:00. Jest on jednak niepewny i maksimum może wystąpić już po 20 czerwca. W tym czasie Księżyc przechodzi od pełni do ostatniej kwadry, dając tylko częściowo korzystne warunki obserwacyjne. Radiant znajduje się w gwiazdozbiórze Wolarza (Bootes). Meteory roju należą do wolnych. Poruszają się z prędkością 18 km/s.

Południowe δ -Akwarydy SDA

Radiant tego roju, położony w konstelacji Wodnika (Aquarius), wschodzi około północy, osiągając nad ranem największą, choć i tak niedużą wysokość. Meteory można obserwować od 12 lipca do 23 sierpnia. Maksimum przewidywane jest 30 lipca na dwa dni przed nowiem Księżyca. W idealnych warunkach można wtedy zaobserwować 16 meteorów w ciągu godziny. Maksimum

jest raczej rozciągle i podobnej do podanej aktywności można się spodziewać od 26 do 31 lipca. Meteory wchodzą w atmosferę z prędkością 41 km/s.

Perseidy PER

Meteory z tego roju występują od 17 lipca do 24 sierpnia. Maksimum spodziewane jest 12 sierpnia między godz. 15:00 a 17:30. Jak dotychczas jego czas był jednak zmienny i niewykluczone jest, że pojawi się ono między 12 sierpnia godz. 10:00 a 13 sierpnia godz. 0:00. Niektóre wyliczenia podają możliwość zwiększenia się aktywności słabszych meteorów 12 sierpnia o godz. 0:34 i jaśniejszych o godz. 1:23. Inne sugerują dużą aktywność 12 sierpnia od 2:00 do 6:00. W czasie maksimum można się spodziewać w idealnych warunkach 150 meteorów w ciągu godziny. Znajdujący się w gwiazdozbiorze Perseusza (Perseus) radiant, w naszych szerokościach geograficznych nie zachodzi i najwyżej wznosi się nad ranem. Księżyc w pierwszej kwadrze znajdzie się 10 sierpnia i tylko częściowo będzie przeszkadzał w obserwacjach, pozostawiając drugą część nocy bez swojego wpływu. Prędkość tego roju wynosi 59 km/s.

Draconidy DRA

Drakonidy wykazują się zmienną aktywnością. W przeszłości rój ten potrafił wystąpić z bardzo dużym natężeniem. Jego meteory występują od 6 do 10 października z maksimum 8 października. Będący dzień przed pierwszą kwadrą Księżyca, tylko częściowo przeszkodzi obserwacjom. Radiant znajduje się w gwiazdozbiorze Smoka (Draco) i najwyżej znajduje się w godzinach wieczornych. Drakonidy z prędkością 20 km/s należą do wolnych rojów.

Południowe Taurydy STA

Południowe Taurydy pojawiają się w okresie od 10 września do 20 listopada, z maksimum występującym 10 października. W idealnych warunkach w ciągu godziny można zobaczyć 5 meteorów, spośród których wiele wykazuje się dużą jasnością. Meteoroidy tego roju wpadają w atmosferę z prędkością 27 km/s, zaliczamy je zatem do wolnych. Maksimum przypada dzień po pierwszej kwadrze Księżyca, co w połączeniu z radiantem, położonym w konstelacji Byka (Taurus) i wznoszącym się najwyżej w drugiej połowie nocy, daje dość korzystne warunki obserwacyjne.

Orionidy ORI

Rój ten występuje od 2 października do 7 listopada. Maksimum spodziewane jest 21 października czyli dzień przed ostatnią kwadrą Księżyca, który w tym czasie będzie widniał blisko znajdującego się w Orionie (Orion) radiantu, co utrudni obserwacje. Radiant najwyżej wznosi się w drugiej połowie nocy.

W idealnych warunkach można zobaczyć 15 meteorów w ciągu godziny. Prędkość roju jest duża i wynosi 66 km/s.

Północne Taurydy NTA

Meteory z tego roju występują od 20 października do 10 grudnia. W czasie maksimum, przypadającego 12 listopada, można się spodziewać 5 meteorów na godzinę, obserwując w idealnych warunkach. Księżyc będzie w tym czasie 2 dni przed pełnią i skutecznie utrudni obserwacje. Radiant znajduje się w konstelacji Byka (Taurus) i najwyżej na niebie jest położony w drugiej połowie nocy. Prędkość Północnych Taurydów jest nieduża i wynosi 29 km/s.

Leonidy LEO

Radiant tego roju położony jest w gwiazdozbiornie Lwa (Leo). Rój ten można obserwować od 6 do 30 listopada. Maksimum wypada w niekorzystnych warunkach 3 dni po pełni Księżyca tzn. 17 listopada. W idealnych warunkach można się spodziewać 15 zjawisk na godzinę. Radiant najwyżej wznosi się nad ranem. Leonidy z prędkością 71 km/s należą do najszybszych rojów.

Geminidy GEM

Rój ten występuje od 4 do 17 grudnia. Maksimum spodziewane jest 14 grudnia, w tym samym czasie co pełnia Księżyca, co znacząco utrudnia obserwacje. W idealnych warunkach można zobaczyć 120 meteorów w ciągu godziny. Radiant, znajdujący się w konstelacji Bliźniąt (Gemini), najwyżej swoje położenie osiąga po północy. Prędkość meteorów tego roju wynosi 35 km/s.

Ursydy URS

Meteory z tego roju występują od 17 do 26 grudnia. Maksimum przewidywane jest 22 grudnia o godz. 10:00, czyli dzień po ostatniej kwadrze Księżyca, co daje dobre warunki obserwacyjne na pierwszą część nocy. Radiant najwyżej wznosi się nad ranem. Jest położony w Małej Niedźwiedzicy (Ursa Minor), dzięki czemu w naszych szerokościach geograficznych nigdy nie zachodzi. W idealnych warunkach można się spodziewać 10 meteorów w ciągu godziny. Prędkość roju wynosi 33 km/s.

Wybrane częstochowskie obserwacje astrofotograficzne

Marek Nowak^{1,2,3}

¹Częstochowskie Towarzystwo Naukowe

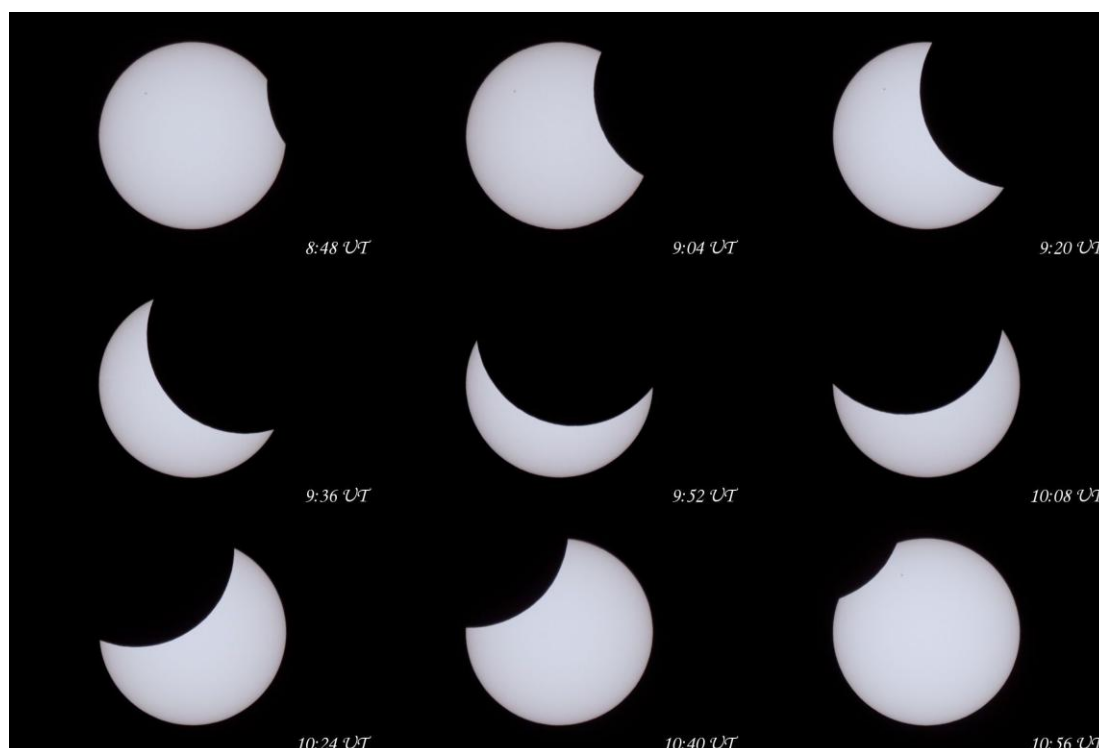
²Stowarzyszenie Astronomia Nova

³Stowarzyszenie SENIOR TUR

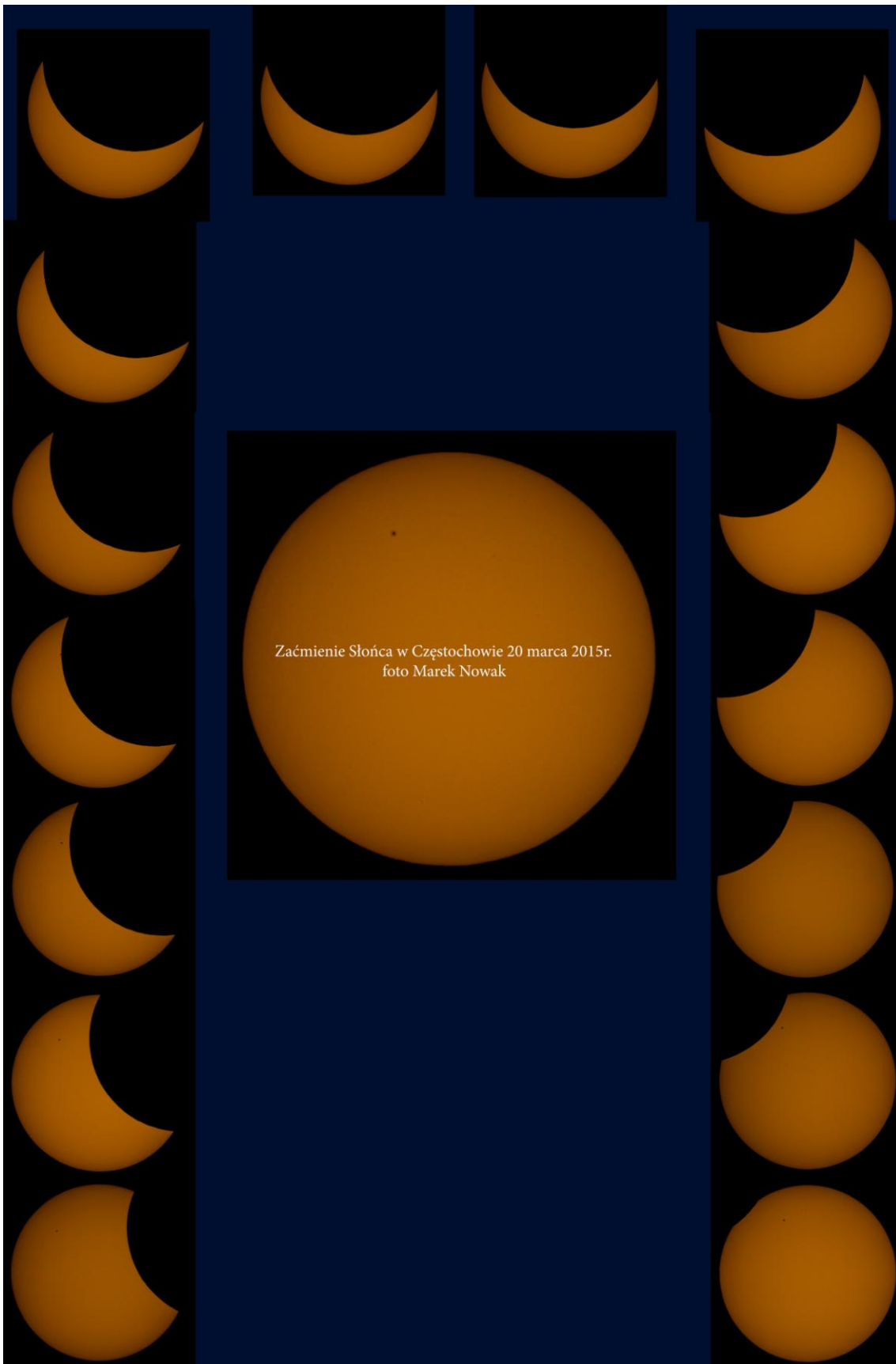
W 2015 roku, wraz z Grzegorzem Czepiczkiem i Arturem Leńniczkim, zarejestrowaliśmy fotograficznie kilka zjawisk astronomicznych. Poniżej je wyszczególniam i przedstawiam ważniejsze rezultaty obserwacyjne.

Zaćmienie Słońca

20 marca 2015 miało miejsce częściowe zaćmienie Słońca. Wraz z wieloma częstochowskimi miłośnikami astronomii obserwowaliśmy to zaćmienie z tarasu przy Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Zostało tam utworzone kilka stanowisk obserwacyjnych. Wystawiono historyczną lunetę Metlera z dorobionym filtrem mylarowym, teleskop Zeissa Meniskas 150 z firmowym filtrem słonecznym oraz zeissowski refraktor Telementor wyposażony w ekran słoneczny do projekcji okularowej. Nadto, zainstalowaliśmy dwa stanowiska astrofotograficzne, wykorzystujące głowicę panoramiczną i Canona 600D z obiektywem 70-300mm i filtrem mylarowym (Grzegorz) oraz Nikon D800 + MTO 10/1000mm z dedykowanym filtrem słonecznym (Marek Nowak).



Fot. 1. Seria zdjęć wykonanych przez Grzegorza Czepiczka.



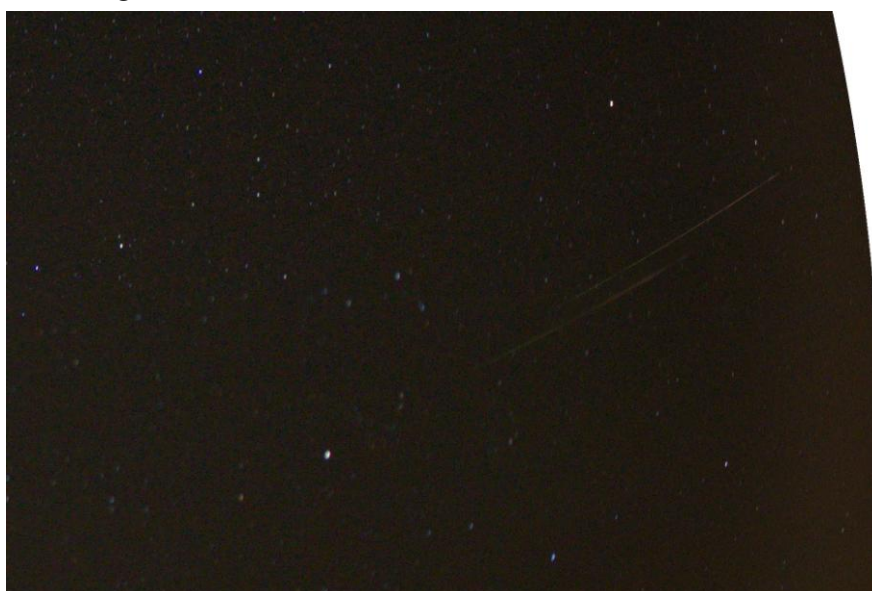
Fot. 2. Seria zdjęć wykonanych przez autora.

Noc Perseidów

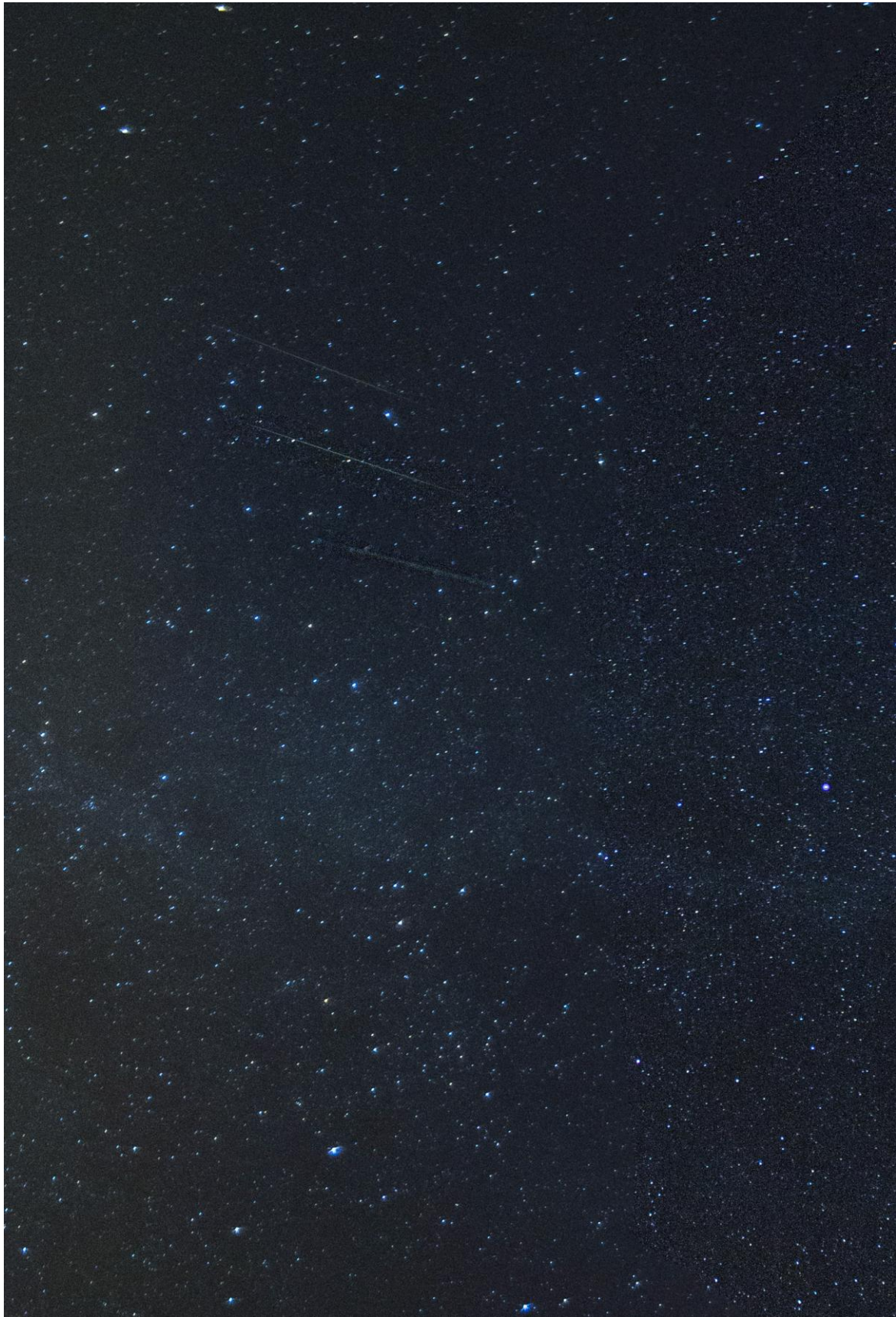
W nocy z 12 na 13 sierpnia spodziewaliśmy się maksimum roju Perseidów. Artur zasugerował i zaplanował wspólne obserwacje poza miastem. Zgodnie z przyjętą strategią obserwacyjną, każdy z nas udał się w inne miejsce. Chcieliśmy sfotografować te same meteory, ale widziane z różnych miejsc. Artur obserwował w Górach Towarnych (N50.768055; E19.271111), Grzegorz w Biskupicach (N50.694829; E19.289429), a ja na Przepróskiej Górze (N50.818893; E19.235777). Przez 2.5 godziny, jakie spędziłem na obserwacjach, naliczyłem prawie 50 meteorów, z czego tylko 5 udało mi się utrwalić na zdjęciach. Grzegorzowi i Arturowi udało się sfotografować po 9 meteorów. Meteor widoczny 13 sierpnia o godzinie 0:03 został jednocześnie zarejestrowany na ich dwóch stanowiskach obserwacyjnych. Zjawisko z godziny 0:52 udało się sfotografować całej naszej trójce. Przybliżone odległości między stanowiskami były następujące: Marek/Artur – 6 km, Artur/Grzegorz – 8 km, Marek/Grzegorz – 14 km.

Korzystając z zasad geometrii Artur wyliczył wysokość początkowego i końcowego punktu zarejestrowanych wspólnie meteorów oraz ich drogę nad Ziemią. Poniżej zamieszczono fotografie obydwu zjawisk, utworzone poprzez nałożenie na siebie poszczególnych zdjęć za pomocą programu PtGui. Widać na nich doskonale, jak jeden meteor obserwowany z różnych miejsc na ziemi, jest widoczny w różnych częściach nieba. W tabeli podano szczegóły obserwacji.

| Perseid: | Wysokość | Zdjęcia: |
|-----------------------|----------------|----------|
| Meteor 1 z godz. 0:03 | 107 km - 80 km | Fot. 3 |
| Meteor 2 z godz. 0:52 | 111 km - 97 km | Fot. 4 |



Fot. 3. Meteor 1 sfotografowany jednocześnie z dwóch miejsc.

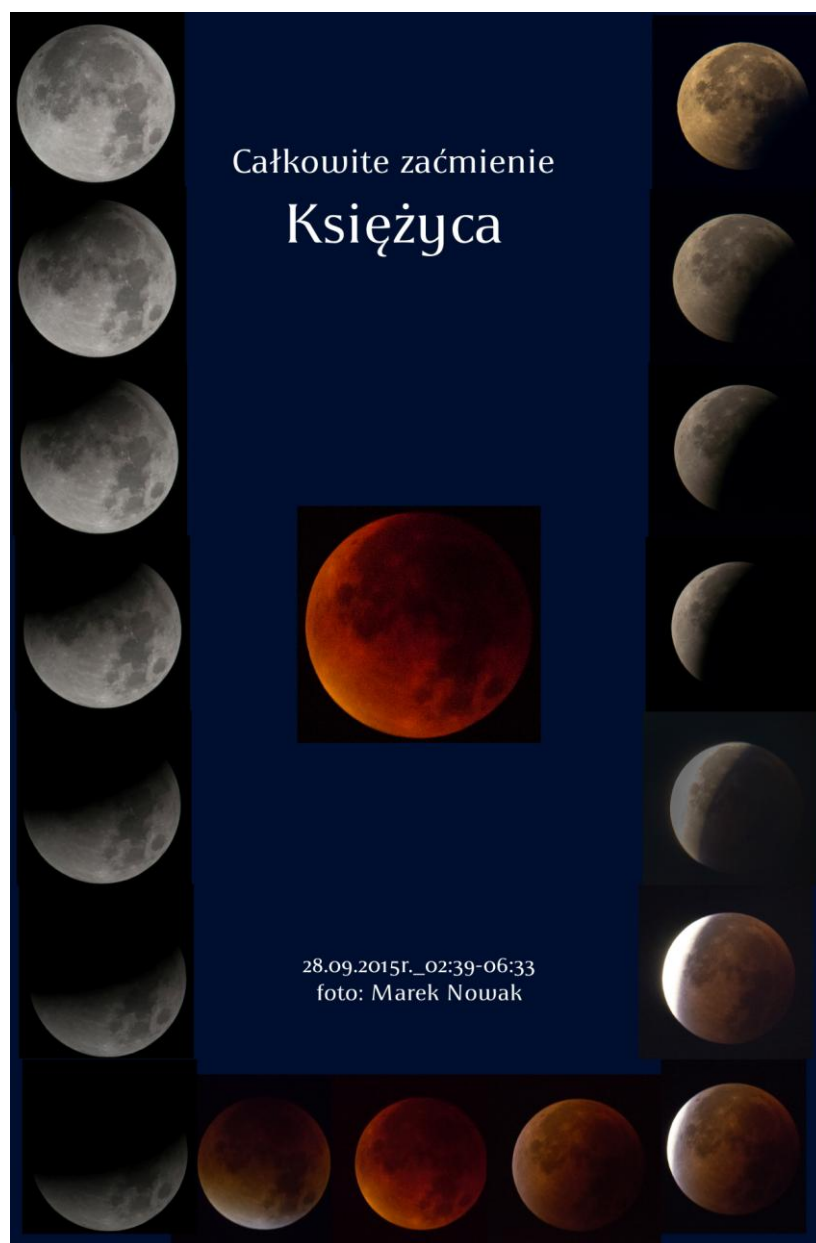


Fot. 4. Meteor 2 sfotografowany jednocześnie z trzech miejsc.
Od dołu: Grzegorza, Artura i Marka.

Korzystaliśmy z następującego sprzętu: Artur – Canon 450D + obiektyw 18 - 55mm, Grzegorz – Canon 600D + obiektyw 18 - 55mm, Marek – Nikon D800 + obiektyw Tokina 3.5/17mm, przy ISO 1600 dla wszystkich aparatów.

Zaćmienie Księżyca

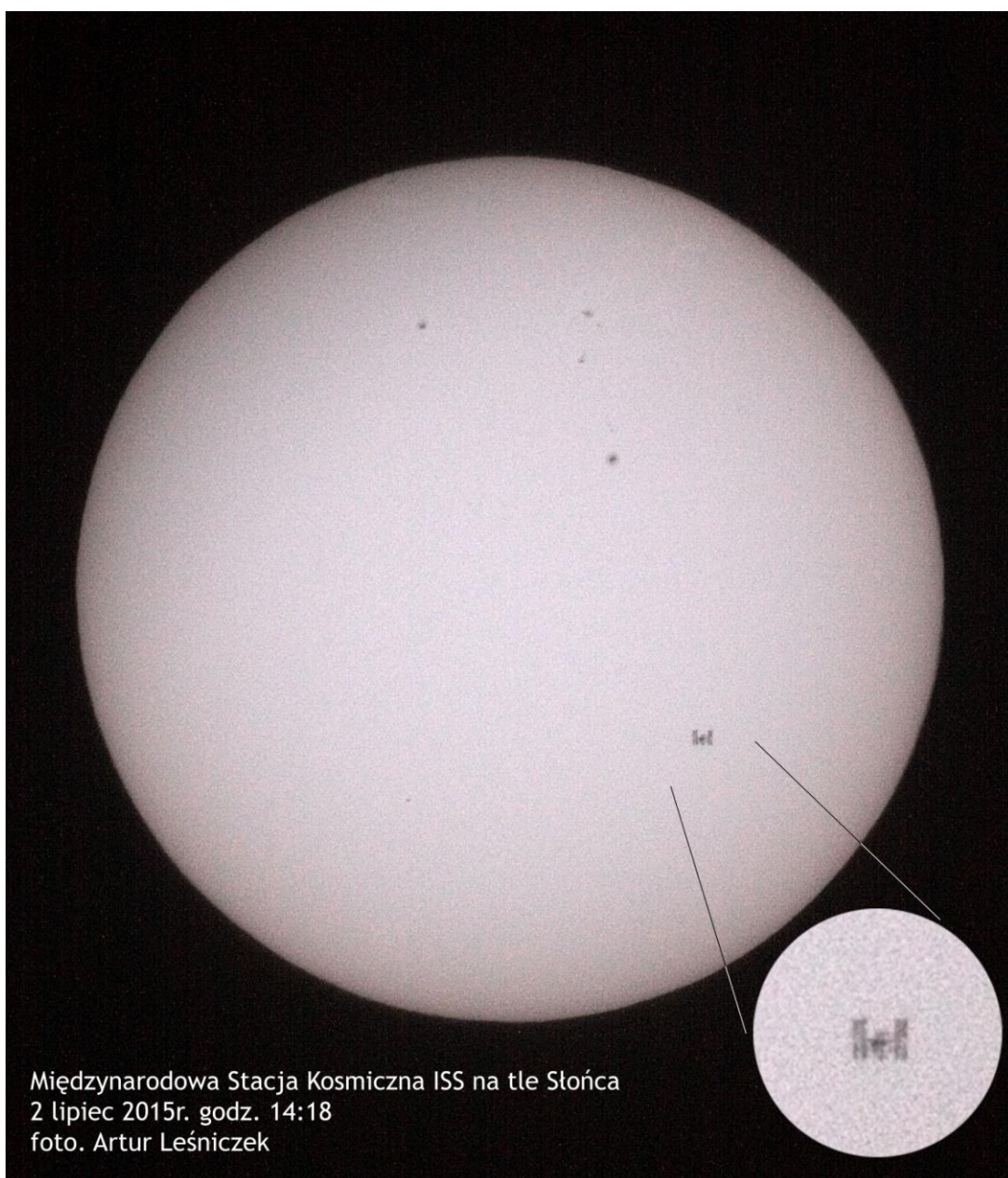
28 września obserwowaliśmy całkowite zaćmienie Księżyca. Korzystaliśmy z następującego sprzętu: Artur – Canon 450D + teleskop Newtona 200/1200mm na montażu Dobsona, Grzegorz – Canon 600D + obiektyw 70-300mm, Marek – Nikon D800 + obiektyw lustrzany MTO 10/1000mm + telekonwerter x2 Nikona (do wejścia w półcień Ziemi Księżyca) a następnie bez telekonwertera do końca zjawiska. Efekt obserwacji fotograficznych zamieszczono poniżej.



Fot. 5. Ciąg zdjęć Księżyca obejmujący różne fazy jego zaćmienia.

ISS na tle tarczy Słońca

2 lipca 2015 roku Arturowi udało się sfotografować Międzynarodową Stację Kosmiczną (ISS) na tle tarczy Słońca. Zdjęcie zostało wykonane przy pomocy teleskopu Sky-Watcher 200/1200 i aparatu Canon Eos 450D. Za pomocą strony calsky.com zostało określone miejsce i czas kiedy stacja miała być widoczna na tle Słońca. Na dwie sekundy przed planowanym przelotem zostały uruchomione zdjęcia seryjne z prędkością 3.5 klatki na sekundę (jak podaje producent) z czasem 1/2500s i przy czułości ISO 1600. Kilka sekund po planowanym przelocie wykonywanie zdjęć zostało wyłączone. Na dwóch zdjęciach udało się uchwycić Słońce razem ze stacją kosmiczną. Jedno z nich przedstawiono poniżej.



Fot. 6. ISS na tle tarczy Słońca. Widoczne też plamy słoneczne.

Obserwacja przelotu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej koło Saturna

W połowie lipca Grzegorz dowiedział się od Artura o jego udanych zdjęciach ISS na tle tarczy Słonecznej. Grzegorz postanowił za pomocą oprogramowania astronomicznego poszukać podobnego, równie atrakcyjnego zjawiska. Okazało się, że w dniu 1 sierpnia ISS przejdzie na tle tarczy Saturna. Pierwsze wyniki pokazywały, że takie przejście będzie najlepiej widoczne z ulicy Legionów w Częstochowie. Wiadomo jednak, że elementy orbity tej stacji co jakiś czas się zmieniają. Na trzy dni przed planowanym terminem było pewne, że zjawisko będzie najlepiej widoczne w Waleńczowie koło Kłobucka. W dniu 1 sierpnia pogoda nie nastrajała optymistycznie, ale ok. 21 czasu letniego obserwatorzy, licząc na szczęście, postanowili tam pojechać. Niebo było mocno zachmurzone, ale nie całkowicie. Saturna jednak zakrywały chmury. Po dotarciu na miejsce rozstawili sprzęt obserwacyjny. Po raz pierwszy połączyli swoje siły. Aparat Grzegorza Canon 600d został podłączony do teleskopu, jaki ma do dyspozycji Artur (Synta Sky Watcher 200/1200). Na parę minut przed planowanym przejściem chmury odsłoniły Saturna. Wystarczyło już spokojnie czekać na tranzyt. O godzinie 22:01 Międzynarodowa Stacja Kosmiczna minimalnie minęła Saturna. Okazało się, że szerokość pasa w jakim miało dojść do przejścia na tle tarczy planety, wynosi kilka metrów. Podczas tej obserwacji został nakręcony film, z którego za zgodą autorów przedstawiam trzy klatki: przed zbliżeniem, podczas największego zbliżenia i po zbliżeniu.



Fot. 7. Trzy ujęcia położeń ISS względem Saturna.

Autor dziękuje Grzegorzowi Czepiczkowi i Arturowi Leśniczkowi za udostępnienie oryginalnych materiałów oraz Bogdanowi Wszółkowi za pomoc w redagowaniu tekstu.



Luneta Metlera z filtrem – jedno ze stanowisk obserwacji zaćmienia Słońca w Częstochowie w dniu 20 marca 2015.

Kronika Astronomii Novej za rok 2015

Bogdan Wszolek^{1,2,3}

¹Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

²Stowarzyszenie Astronomia Nova

³Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Obserwacje zaćmienia Słońca w Częstochowie

Dnia 20 marca 2015 Astronomia Nova (AN) zorganizowała na tarasie obserwacyjnym Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie publiczne obserwacje częściowego zaćmienia Słońca. Przy sprzyjającej pogodzie kilkaset osób podziwiało zjawisko, mając do dyspozycji teleskopy wyposażone w odpowiednie filtry lub ekrany do projekcji okularowej. Niezależnie od obserwacji wizualnych wykonano serie fotografii. Bliższe szczegóły zostały przedstawione w artykule na stronie 69 niniejszego kalendarza.



Publiczny pokaz zaćmienia Słońca (u góry) oraz fotografie różnych faz częściowego zaćmienia wykonane z użyciem lunety Metlera (z lewej) i lunety Telementor z ekranem słonecznym (z prawej).

Noc gagarinowska

Wieczorem 12 kwietnia 2015 AN, wzorem wielu towarzystw i instytucji kosmicznych w świecie, zorganizowała w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim uroczyste wspomnienie pierwszego człowieka w kosmosie, w 80-tą rocznicę urodzin Jurija Gagarina. W trwającej kilka godzin imprezie wzięło udział ośmioro członków AN oraz kilkoro innych sympatyków podboju kosmosu. Agata Kołodziejczyk, główna organizatorka wydarzenia, w swojej prezentacji multimedialnej przedstawiła zbranym historię lotu kosmicznego Gagarina. W dalszej kolejności wyświetlono filmy *Polak w kosmosie* oraz *Chopin – The Space Concert*. Spotkaniu towarzyszył poczęstunek oraz pieśni biesiadne przy akompaniamencie akordeonu.



Agata Kołodziejczyk i Bogdan Wszolek w noc gagarinowską.

Konferencja w Kijowie

W dniach 20-25 kwietnia 2015 odbyła się w Uniwersytecie Tarasa Szewczenki w Kijowie XXII Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics. Prezes AN wygłosił tam referat „New life of radiotelescopes from Psary and Komorowo” oraz spotkał się z przedstawicielami wiodących ukraińskich ośrodków radioastronomicznych celem nawiązania współpracy w zakresie naukowego wykorzystania radioteleskopów pozostających w dyspozycji AN.

Mchy w stratosferze

25 kwietnia 2015 z płyty lotniska aeroklubu we Włocławku do górnej granicy atmosfery wystartowała astrobiologiczna międzyuczelniana misja balonowa JADE, koordynowana przez dr Agatę Kołodziejczyk. Naukowym celem misji

było zbadanie, jak różne gatunki mchów reagują na trudne warunki w stratosferze. Bliższe szczegóły opisano w artykułach na stronach 155 i 253 niniejszego kalendarza.



Widok Ziemi z balonu stratosferycznego (wysokość 28 718 m).

Astrophisica Nova

W dniach 8-9 maja 2015 w Planetarium Instytutu Fizyki AJD odbyła się z inicjatywy AN VII Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova”. W imprezie wzięło udział kilkadziesiąt osób z kraju i z zagranicy. Konferencję dofinansowało Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Wybrane przyczynki konferencyjne zamieszczono w czwartej części kalendarza.



Uczestnicy konferencji *Astrophisica Nova*.

Piotr Flin, Kateryna Andrych, Ivan Andronov, Vladyslava Marsakova i Bogdan Wszolek.

Walne Zebranie AN

Dnia 9 maja 2015 odbyło się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD zwyczajne Walne Zebranie AN. Dokonano sprawozdania finansowego i merytorycznego, podjęto konieczne uchwały oraz nakreślono plany dalszych działań.

Młody Kopernik, młody Pitagoras

Dnia 25 września 2015 roku w Gimnazjum Nr 1 w Wieruszowie odbyła się Konferencja Naukowa „Młody Kopernik Młody Pitagoras” zorganizowana we współpracy AN z Burmistrzem Wieruszowa. Wykłady dla nauczycieli i uczniów wygłosili: Bogdan Wszolek „Ku rozumieniu przyrody na przykładzie efektu cieplarnianego”, Zygmunt Olesik „Przez zabawę do wynalazków”, Henryk Ogorzelski „Praca z uczniami szczególnie uzdolnionymi w szkole podstawowej i gimnazjum”, Kazimierz Błaszczak „Maria Kunic astronomka i naukowiec”. Atrakcją towarzyszącą konferencji był pokaz łoża marsjańskiego wykonanego przez studentów Politechniki Częstochowskiej. Na zakończenie imprezy zorganizowano wycieczkę autokarową do Cieszcina, gdzie zademonstrowano tamtejszy radioteleskop. Główny ciężar organizacji konferencji wziął na siebie Kazimierz Błaszczak, przewodniczący wieruszowskiego koła AN.

Pierwsze światło RT-13 w Cieszcinie



Dr Stanisław Ryś z UJ w Krakowie, wykonawca detektora dla RT-13 w Cieszcinie, objaśnia Kazimierzowi Błaszczakowi na czym polega obserwacja radiowa i jak można ją wizualizować.

W dniu 29 maja 2015 dr Stanisław Ryś, astronom z UJ w Krakowie i członek AN, zainstalował na RT-13 w Cieszęcinie wykonany przez siebie detektor fal radiowych o długości 21 cm (1.42 GHz). Z okazji przechwycenia pierwszych fotonów przez miejscowy radioteleskop zorganizowano piknik astronomiczny z udziałem Burmistrza Wieruszowa i innych przedstawicieli władz lokalnych. Specjalnym gościem była pani poseł Elżbieta Nawrocka. Głównym koordynatorem pikniku był Kazimierz Błaszczak, założyciel i przewodniczący wieruszowskiego koła AN. Astronomowie, Stanisław Ryś i Bogdan Wszolek, objaśniali gościom działanie radioteleskopu i kreślili perspektywy wykorzystania RT-13 dla celów dydaktycznych i naukowych.

Konkurs Urania

Dnia 3 czerwca 2015 rozegrano w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał XII Ogólnopolskiego Konkursu Astronomicznego URANIA dla młodzieży z gimnazjów i ze szkół ponadgimnazjalnych. Konkurs zorganizowała AN we współpracy z AJD. W rozgrywkach finałowych uczestnicy konkursu rozwiązywali test swobodnego wyboru (30 pytań). O zwycięstwie decydowała suma punktów zdobytych podczas testu i połowy punktów zdobytych we wcześniejszym etapie. Maksymalnie można było osiągnąć 55 punktów. W grupie licealistów pierwsze miejsce zajął Maciej Bugaj z Dąbrowy Górniczej, który uzyskał w sumie 34 punkty. Z dorobkiem 28 punktów drugie miejsce zajęła Katarzyna Kołodziejska z Częstochowy. Na trzecim miejscu, z 22 punktami, uplasowała się Zuzanna Żbik z LO w Kępnie.



Uczestnicy i organizatorzy XII konkursu URANIA na tarasie widokowym w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie.

W grupie gimnazjalnej wszystkie czołowe miejsca zdobyli uczniowie z Gimnazjum im. Jana Pawła II w Wieruszowie. Mocna grupa uczniów, kierowana przez nauczyciela fizyki Pawła Malika, kolejny raz zademonstrowała efekty pracy w ramach tamtejszego koła astronomicznego. Triumfowali: Helena Bolek (29 punktów), Kinga Drapiewska i Gracjan Wojcieszko (po 28 punktów) i Dawid Sodomski (27 punktów).

Wszyscy uczestnicy rozgrywek finałowych otrzymali dyplomy i cenne nagrody, ufundowane z dotacji MNiSW.

Konkurs Ars Astronomica

Dnia 3 czerwca 2015 rozegrano w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał V Międzynarodowego Konkursu Artystycznego *Ars Astronomica*. Konkurs zorganizowała AN we współpracy z AJD. Do finału przedłożono w sumie 578 prac. Sto osób otrzymało dyplomy i nagrody. Konkurs był dofinansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz przez Starostę Powiatu Częstochowskiego.



Przypadkowo wybrane prace konkursowe.



Najmłodszy finaliści w kolejce po dyplomy i nagrody.

Otwarcie OAKJ

W dniach 6-8 czerwca 2015 odbyło się w Rzepienniku Biskupim otwarcie Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi (OAKJ). AN, jako patron powstającej placówki naukowej, aktywnie włączyła się w organizację dni otwarcia. W pierwszym dniu, w sobotę, zorganizowano przełajowy bieg astronomiczny na dystansie 4 km. Drugiego dnia zorganizowano piknik astronomiczno-astronautyczny „Space Station III”, z udziałem Virginii Trimble i Mirosława Hermaszewskiego. W imprezie uczestniczyło ponad 500 osób. Główna uroczystość poświęcenia obserwatorium i nadania mu imienia Królowej Jadwigi odbyła się w poniedziałek 8 czerwca. Poświęcenia dokonał ks. bp Stanisław Salaterski z Tarnowa. Pierwsze wykłady w nowo otwartej placówce wygłosili ks. prof. Michał Heller, prof. Virginia Trimble oraz polski kosmonauta gen. Mirosław Hermaszewski. Szczegółowa relacja z uroczystości otwarcia została opisana w osobnym artykule na stronie 101 niniejszego kalendarza.



Moment nadania obserwatorium imienia Królowej Jadwigi. Od lewej: ks. bp Stanisław Salaterski, ks. prof. Michał Heller, ks. Zenon Macko, ks. Andrzej Wszółek, budowniczości Magdalena i Bogdan Wszółkowie oraz ks. prof. Tadeusz Pabjan.



Ks. prof. Michał Heller, prof. Virginia Trimble i gen. Mirosław Hermaszewski.

Publiczne pokazy w OAKJ

Od czerwca do października 2015, przeważnie w sobotnie popołudnia i wieczory, AN prowadziła w rzepiennickim obserwatorium pokazy Słońca, Księżyca, planet i gwiazd. Do obserwacji Słońca użyto teleskopu z filtrem H α , zakupionego z dotacji MNiSW. Obserwacje nocne prowadzono z użyciem sprzętu będącego na wyposażeniu obserwatorium. W sumie przeprowadzono 20 pokazów dla prawie 1000 osób. Dla licznych grup szkolnych oprócz pokazów prowadzono prelekcje i wyświetlano filmy o treściach astronomicznych i astronautycznych.



Obserwacje Słońca w filtrze H α .

Rakiety i Perseidy w OAKJ

W dniach 12-13 sierpnia 2015 AN we współpracy z Polskim Towarzystwem Rakietowym zorganizowała w rzepiennickim obserwatorium trzy połączone imprezy: warsztaty raketowe, publiczne obserwacje Perseidów oraz warsztaty astrofotograficzne. Całość koordynowała Agata Kołodziejczyk. Od rana 12 sierpnia osiem zespołów pod nadzorem kilku instruktorów przystąpiło do budowy rakiet. Wieczorem odłożono prace raketowe na rzecz oglądania meteorów. Po wcześniejszym nagłośnieniu wydarzenia do OAKJ przybyło pod wieczór kilkadziesiąt osób z pobliskich wsi i miast, z zamiarem spędzenia całej nocy pod rozgwieżdżonym niebem. Przybyli też instruktorzy warsztatów astrofotograficznych. Noc była piękna. Gdzieś w tle ktoś grał na gitarze, gdzie indziej, w skupieniu, fotografowano cierpliwie Drogę Mleczną, z nadzieją

uchwycenia meteoru. Od czasu do czasu rozlegał się w ciemności okrzyk radości i skandowanie „jeszcze jeden!”.

13 sierpnia kontynuowano warsztaty raketowe. Pozostało jeszcze wiele do zrobienia, a niektórym mocno dokuczało zmęczenie z racji nieprzespanej nocy. Wczesnym popołudniem rakiety były gotowe. Emocje rosły na myśl, że zbliża się czas próby. Miejsce startowe dla rakiet obrano w otwartym terenie, na wzgórzu znacznie oddalonym od obserwatorium. Chodziło o to, żeby rakietę wystartowała, wzniosła się na kilkaset metrów i następnie wylądowała na spadochronie, możliwie najbliżej miejsca startowego. Wszystkie osiem rakiet wystartowało i wylądowało na spadochronach. Niektóre jednak lądowały w lesie i sprawiały nie lada kłopot ich właścicielom, którym nie bardzo uśmiechała się wspinaczka na drzewa.



Domiś robił swoją raketę z mamą i ciocią.

Dożynki astronomiczne w Rzepienniku Biskupim

15 sierpnia, podczas dożynek gminnych, mieszkańcy Rzepiennika Biskupiego uhonorowali chlebem i wieńcem dożynkowym Prezesa AN za astronomiczną promocję gminy. Misternie wykonany wieniec, przedstawiający Królową Jadwigę, trafił do rzepiennickiego obserwatorium.



Z uroczystości uhonorowania wieńcem dożynkowym.

Agenci Reutera w OAKJ

Dnia 21 lipca przyjechali do Rzepiennika reporterzy Agencji Reutera dla sporządzenia materiału o tamtejszym obserwatorium. W rezultacie tej wizyty informacje o OAKJ obiegły nie tylko Polskę, ale też wiele innych krajów.

W konsekwencji, do obserwatorium zaczęły napływać tłumy gości, których apetyty na przygodę astronomiczną nie zawsze dawało się zaspokoić.



Magdalena Wszolek udzielająca wywiadu dla Agencji Reutera w rzepiennickim OAKJ.

European Rover Challenge



Dr Harisson Schmitt w towarzystwie członków AN i AGH Space Systems.

W dniach 4-6 września 2015 w Podzamczu k. Chęcina odbyła się druga edycja European Rover Challenge (ERC), największej imprezy robotyczno-kosmicznej w Europie. Rywalizowało ponad 300 konstruktorów z 10 krajów, m.in. Kanady, Stanów Zjednoczonych, Australii, Turcji, Bangladeszu, Egiptu

i Indii. Gwiazdą imprezy był amerykański astronauta dr Harrison Schmitt, który w ramach misji Apollo 17 odwiedził Księżyc. W wydarzeniu wzięło udział około 30 tysięcy osób. Sześcioro członków AN też uczestniczyło w imprezie. Mając do dyspozycji namioty wystawowe promowali oni swoje działania w zakresie astronomii i astronautyki.



Astronauta Harisson Schmitt ze swoją żoną Theresą Fitzgibbon w towarzystwie Magdaleny i Bogdana Wszółków.



Namiot wystawowy AN podczas ERC.
Od lewej: Bogdan Wszółek, Paweł i Agata Kołodziejczyk, Magdalena Wszółek.

AN na zjeździe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego

W dniach 6-10 września 2015 odbyły się w Poznaniu XXXVII zjazd PTA oraz Spotkanie Organizacji Astronomicznych i Astronautycznych. Kilko członków AN uczestniczyło w imprezach. Były okazje opowiedzieć o AN na ogólnopolskim forum.

Zaćmienie Księżyca

28 września 2015 miało miejsce zaćmienie Księżyca. Członkowie AN obserwowali je z kilku miejsc w Polsce. Szczegółową relację z obserwacji częstochowskich opisano w artykule na stronie 69 niniejszego kalendarza.

Kongres Astronautyczny w Jerozolimie

W dniach 12-16 października 2015 roku w Jerozolimie odbywał się Międzynarodowy Kongres Astronautyczny - największe światowe forum wymiany myśli dla przedstawicieli instytucji rządowych, naukowców, inżynierów, przedsiębiorców i aktywistów sektora kosmicznego. Na spotkanie przybyło ponad dwa tysiące delegatów, przedstawicieli mediów i wystawców. Astronomię Nową reprezentowała na Kongresie dr Agata Kołodziejczyk. Bliższe szczegóły w artykule na stronie 63 tego kalendarza.



Agata Kołodziejczyk podczas swojego wykładu na Kongresie Astronautycznym.

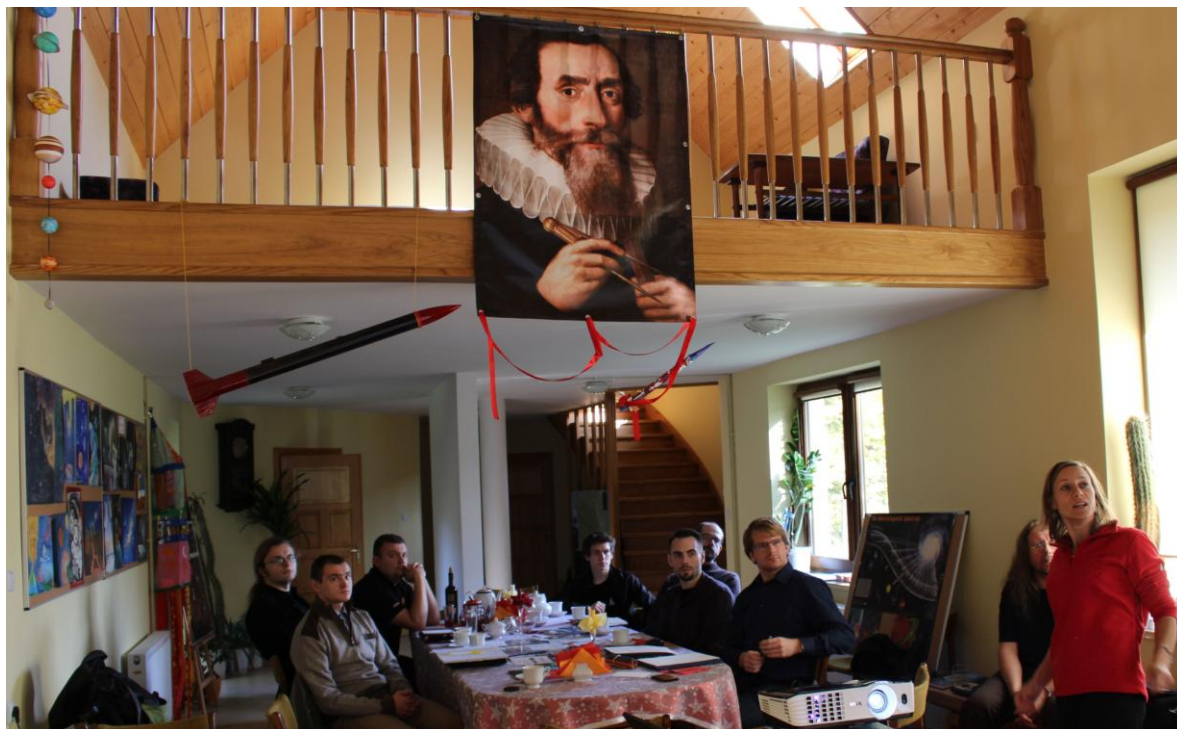
Wyprawa turystyczno naukowa do CERN

W dniach 2-6 października 2015 Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii zorganizowało wyjazd do Szwajcarii. W ramach wycieczki zwiedzano m.in. Dom Einsteina w Bernie oraz CERN. Było wiele okazji do podziwiania alpejskich krajobrazów. Pośród gór dało się zauważyć bogato wyposażoną bazę wojskowej łączności satelitarnej, z licznymi antenami, podobnymi do tych jakie były kiedyś w Psarach. Na Gornergrat (3089 m n.p.m.) podziwialiśmy okoliczne szczyty i lodowce, wśród których królował majestatycznie Matterhorn.



Spotkanie marsjańskie w Rzepienniku

Dnia 25 października 2015 odbył się w rzepiennickim obserwatorium międzynarodowy workshop poświęcony budowie analogowej bazy marsjańskiej w Polsce. Wybór miejsca padł na Turzę, nieopodal OAKJ.



Koordynator projektu, dr Agata Kołodziejczyk, prezentuje ideę przedsięwzięcia.



Uczestnicy workshopu podczas wizji lokalnej terenów pod przyszłą bazę marsjańską.

Hamownia w Turzy

Nieopodal OAKJ, na polanie położonej w Turzy, rozpoczęto jesienią 2015 budowę odpowiedniego stanowiska dla testowania silników i paliw rakietowych. W inwestycję zaangażowały się Polskie Towarzystwo Rakietowe, OAKJ oraz AN. Pierwsze testy są przewidziane na lato 2016. Hamownia, zaprojektowana przez Kacpra Zielińskiego, jest *zaczątkiem Cosmic Laboratory*, jakie ma powstać przy OAKJ do 2020 roku. Ciężar organizacyjny, finansowy oraz wykonawczy wzięli na siebie Kacper, Błażej i Wiesław Zielińscy z Krakowa oraz właściciele OAKJ.



Budowniczo wie hamowni.
Od lewej: Wiesław Zieliński, Bogdan Wszolek i Kacper Zieliński.

Konkurs Astrofotograficzny

W dniu 18 listopada 2015 roku ogłoszono w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie wyniki IV Ogólnopolskiego Konkursu Astrofotografii. Przyznano pięć pierwszych miejsc, jedno drugie i trzy wyróżnienia: Grzegorz Czepiczek (I), Hubert Drózdź (I), Paweł Górka (I), Artur Leśniczek (I), Marek Nowak (I), Agnieszka Kuźmich (II), Szymon Bogus (w), Aleksandra Czuma (w) i Wojciech Domagała (w).

Zwycięzcy otrzymali dyplomy oraz nagrody ufundowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz przez Starostwo Częstochowskie. Konkurs został zorganizowany przez AN we współpracy z Instytutem Fizyki AJD. Najlepsze prace zostały wystawione do publicznego oglądu, m.in. na wejściu do częstochowskiego planetarium.



Hubert Drózdź (z prawej) odbiera dyplom za zajęcie I miejsca w konkursie.

Z AN do ESA

Z dniem 1 listopada Agata Kołodziejczyk, aktywna członkini AN, rozpoczęła pracę naukową dla ESA, jako postdoc w ESTEC (Holandia). Działa w zespole Advanced Concepts Team (TEC-SF).



Wspomnienie Konrada Rudnickiego w PAN

Dnia 23 listopada w Komitecie Historii Nauki i Techniki PAN w Warszawie odbyła się sesja naukowa poświęcona ś.p. Konradowi Rudnickiemu. Wykłady wspomnieniowe wygłosili Krzysztof Maślanka i Bogdan Wszolek. Pośród uczestników sesji, oprócz członków Komitetu, byli też uczniowie Konrada Rudnickiego oraz członkowie jego rodziny.

III Konferencja Naukowo -Technologiczna “Meet The Space”

W dniach 28-29 listopada 2015 roku odbyła się w Krakowie trzecia międzynarodowa konferencja „Meet The Space”, poświęcona bieżącym trendom w nauce i technologiach kosmicznych. Konferencję zorganizowała AN we współpracy z Muzeum Lotnictwa Polskiego. Głównym koordynatorem wydarzenia była dr Agata Kołodziejczyk. Miejsce konferencji podkreślało potęgę myśli ludzkiej przekutej w technologie kosmiczne. Patronami honorowymi spotkania byli: rektor AGH, prof. Tadeusz Słomka, dziekan wydziału inżynierii mechanicznej i robotyki, prof. Antoni Kalukiewicz, marszałek małopolski Jacek Krupa, prezydent miasta Krakowa Jacek Majchrowski oraz Związek Pracodawców Sektora Kosmicznego. Współorganizatorami byli: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, organizacja studencka AGH Space Systems, fundacja forScience, Stowarzyszenie Profesjonalistów Pracujących w sektorze Kosmicznym i Wrocławskie Koło Naukowe Technologii Kosmicznych i Lotniczych.



Celem konferencji było zawiązanie współpracy międzynarodowej w tworzących się interdyscyplinarnych projektach związanych z eksploracją kosmosu. W tym roku przedstawiono 23 prezentacje. Część z nich dotyczyła już zrealizowanych projektów, które zdobyły światowe uznanie, pozostałe wystąpienia dotyczyły przyszłych realizacji na arenie międzynarodowej.



Michele Armano z programu LISA Pathfinder opowiadał o ostatnich przygotowaniach do startu misji europejskiego satelity testującego technologie orbitalnego obserwatorium fal grawitacyjnych. Milena Ratajczak przedstawiła wyniki swojej pracy doktorskiej w świetle rozwijających się technik obserwacji egzoplanet. Jakub Mielczarek z Uniwersytetu Jagiellońskiego zaprosił do budowy pierwszego astrobiologicznego satelity w Polsce,

a Oldrich Motyka opowiedział o niezwykłych właściwościach mchów i ich wykorzystania w projektach kosmicznych. W konferencji wzięło udział 130 osób pochodzących z różnych środowisk i specjalizacji począwszy od naukowców, inżynierów, biznesmenów poprzez architektów, lekarzy, prawników, artystów, pilotów, skończywszy na ambitnych studentach i pasjonatach kosmosu.

Podczas konferencji wyróżniono osoby, zespoły, organizacje i firmy, które w szczególny sposób przyczyniły się do rozwoju sektora kosmicznego w Polsce i na świecie. Dyplomy marszałka Małopolski i prezesa AN w kategoriach: projekty techniczne i naukowe, organizacja eventów, popularyzacja nauki i edukacja zdobyli:

Anna Rzepa za utworzenie projektu edukacyjnego „Pan Stanisław - czyli szkoła w kosmosie”,

Paweł Grochowalski za działalność informacyjno-popularyzacyjną,

Przemysław Rudź za działalność wydawniczą,

Fundacja Pociąg do Gwiazd za organizację konferencji „Polska w kosmosie”,

Fundacja Copernicus Project za znaczący wkład w rozwój badań stratosfery,

Zespół AGH Space Systems za opracowanie technologii lądowania małych lądowików planetarnych bez użycia spadochronu wraz ze stabilizacją lotu,

Zespół JADE za przeprowadzenie pionierskich badań biomonitoringu stratosfery,

Zespół Legendary Rover z Rzeszowa za znaczący wkład w rozwój technologii mechatronicznych.

Wyróżnione zostały również firmy:

Blue Dot Solutions za promowanie rozwoju przemysłu kosmicznego w Polsce poprzez organizację polskiej edycji Galileo Masters i Startup Weekend Space.

Planet PR za organizację European Rover Challenge - największego międzynarodowego wydarzenia kosmicznego w Polsce.

SKA Polska za projekt śmieciarki kosmicznej.

Nagrody sponsora „Meet the Space” - firmy Oprogramowanie Naukowo-Techniczne, w postaci profesjonalnych warsztatów Matlaba, otrzymały cztery zespoły studenckie: AGH Space Systems, Legendary Rover, JADE i FREDE.

Nagrodzeni mieli możliwość zaprezentowania swoich osiągnięć i podzielenia się konstruktywnymi wnioskami i radami na przyszłość. A przyszłość zapowiada się ciekawie, zwłaszcza w kwestii ogólnopolskiej akcji budowy mobilnej stacji analogowych misji planetarnych. Na sesji panelowej dotyczącej architektury habitatów zaprezentowano projekt budowanej stacji, ramy czasowe realizacji projektu i zaproszenie do współpracy. Pierwsza międzynarodowa misja analogowa w bazie odbędzie się już we wrześniu 2016 r. Misja organizowana jest przez międzynarodową grupę APO-G (Analog Planetary Operations Group) we współpracy ze Space

Generation Advisory Council, Mars Society Polska oraz Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim.



Wyróżnieni przez AN: Polskie Towarzystwo Rakietowe (wyżej) i AGH Space Systems.



Otwarta dyskusja w grupie APO-G na temat budowy polskiego Laboratorium Kosmicznego przy OAKJ w Rzepienniku Biskupim.

W ramach konferencji przeprowadzono liczne spotkania projektowe i integracyjne. Młodzież gimnazjalna ze Słupska realizująca program „Pan Stanisław - szkoła w kosmosie” wzięła udział w warsztatach raketowych przeprowadzonych przez Polskie Towarzystwo Raketowe oraz warsztatach robotycznych zorganizowanych przez firmę WObit. O współpracy studentów z Europejską Agencją Kosmiczną można było się więcej dowiedzieć na warsztatach przeprowadzonych przez Jędrzeja Górskiego - byłego stażysty działu edukacji ESA.



Warsztaty raketowe i robotyczne dla młodzieży.

Konferencji i spotkaniom towarzyszyła klimatyczna wystawa Science Tunnel 3.0 Maxa Plancka, podsumowująca aktualne trendy w nauce. Szczegółowa relacja z konferencji znajduje się na stronie 309 niniejszego kalendarza.



Wystawa Science Tunnel 3.0 Maxa Plancka eksponowana podczas konferencji.



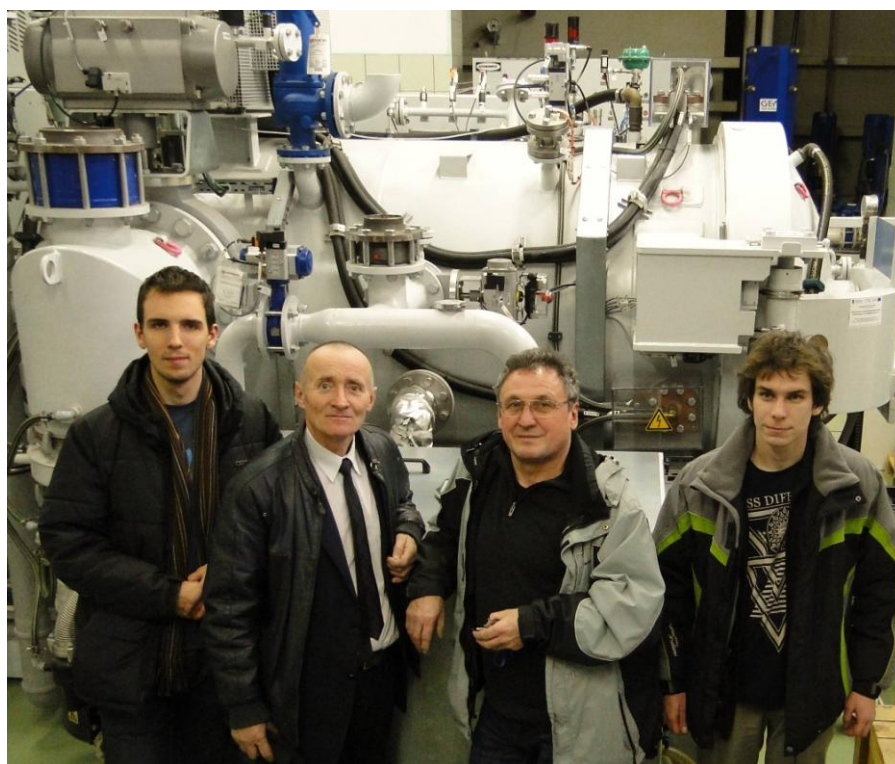
Radujące serce eksponaty na wejściu do Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie.

Lotniczy Rzeszów

Dnia 17 grudnia 2015 roku przedstawiciele AN, Polskiego Towarzystwa Rakietowego i AGH Space Systems odwiedzili Politechnikę Rzeszowską oraz fabrykę silników lotniczych WSK "PZL - Rzeszów". Zapoznali się z możliwościami obu instytucji w zakresie budowy i testowania silników samolotowych i rakietowych. Odślania się perspektywa owocnej współpracy w zakresie konstrukcji i testowania silników oraz paliw rakietowych.



We wnętrzu jednego z laboratoriów najnowszych technologii w Politechnice Rzeszowskiej. Kacper Zieliński, Błażej Zieliński, Bartosz Moczala, Zenon Lipiński i Bogdan Wszolek.



W jednym z laboratoriów Politechniki Rzeszowskiej. Od lewej: Bartosz Moczala, Bogdan Wszolek, Zenon Lipiński i Kacper Zieliński.

Relacja z dni otwarcia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Bogdan Wszolek^{1,2,3}

¹ Stowarzyszenie Astronomia Nova

² Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

³ Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie



Wstęp

Po siedemnastu latach budowy 8 czerwca 2015 nastąpiło oficjalnie otwarcie prywatnego obserwatorium astronomicznego w Rzepienniku Biskupim na Podkarpaciu. Choć obiekt będzie dalej rozbudowywany i uposażany w nowe instrumenty, to zdecydowano, że w Międzynarodowym Roku Światła rozpocznie się tu działania naukowe i dydaktyczne. Ceremonię otwarcia obserwatorium i nadania mu imienia Królowej Jadwigi zaszczyliło swoją obecnością wiele znakomitości ze sfer naukowych, religijnych i samorządowych. Prawie pięćset osób, w przewadze młodzieży, uczestniczyło w polowej mszy świętej, której przewodniczył bp dr Stanisław Salaterski z Tarnowa. Uroczystość uświetnili swoimi wykładami prof. Virginia Trimble, ks. prof. Michał Heller oraz polski kosmonauta - gen. Mirosław Hermaszewski. Środowiska lokalne, z wójtem Markiem Karasiem i proboszczem parafii Rzepiennik Biskupi ks. Piotrem Witeckim na czele, włączyły się aktywnie w organizację uroczystości. Polskie Towarzystwo Astronomiczne (PTA), Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN) objęły patronatem powstające Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi (OAKJ). Rozszerza się krąg współpracowników i sojuszników obserwatorium.



Dni otwarcia

Imprezy towarzyszące otwarciu rzepiennickiego obserwatorium trwały trzy dni, od soboty do poniedziałku (6-8 czerwca 2015). W sobotę zorganizowano astronomiczny bieg przełajowy na dystansie 4 km. Trasa prowadziła przez malownicze tereny Pogórza Ciężkowickiego. Brała początek w obserwatorium, następnie prowadziła przez Rzepiennik Suchy, Sitnicę (Raj) i Turzę (Góry). Meta była zlokalizowana w miejscu startu. W biegu uczestniczyły czynnie 23 osoby. W kategoriach mężczyzn, kobiet i dzieci pierwsze miejsca zajęli odpowiednio:

Robert Makowiec (czas 15:30)
Jarosław Makowiec (16:02)
Przemysław Wantuch (16:37)

Jadwiga Pawlik (24:39)
Anna Wichrowska (25:42)
Agata Wietecha (26:19)

Bartosz Bajorek (26:17)
Benjamin Bajorek (27:50)
Jan Kołodziejczyk (31:05)



Zwycięzcom wręczono legitymacje uczestnika Biegu Astronomicznego (z wpisem uzyskanego czasu) oraz symboliczne nagrody ufundowane przez AN. Głównym organizatorem biegu była dr Agata Kołodziejczyk z Uniwersy-

tetu Jagiellońskiego, reprezentująca też właścicieli OAKJ, AN oraz Fundację For Science. Zorganizowała okolicznościowe koszulki i legitymacje, wytyczyła trasę biegu i osobiście poprowadziła całą imprezę. Nie małą pomoc w organizacji i prowadzeniu biegu wnieśli też pracownicy Gminnego Ośrodka Kultury (GOK), z jego dyrektorką, Panią Haliną Hołdą, na czele. Medialnie bieg obsłużyli Katarzyna Roman oraz Agnieszka i Artur Kuźmich.



Uczestnicy, opiekunowie i organizatorzy Biegu Astronomicznego.

W niedzielę odbyła się w OAKJ impreza astronomiczno astronautyczna pod hasłem *Space Station III*. Wzięło w niej udział ponad 500 osób. Imprezę zaszczylicili swoją czynną obecnością: kosmonauta – gen. Mirosław Hermaszewski, prof. Virginia Trimble z Kalifornii oraz prof. Bożena Czerny z CAMK PAN w Warszawie. Były również zorganizowane warsztaty raketowe, kończące się wystrzeliwaniem zmontowanych wcześniej kilkunastu raketek oraz większej rakiety *Anihilacja* – wykonanej przez Kacpra Zielińskiego z PTR, konkursy plastyczne dla dzieci, demonstracja testu siły ciągu dla silnika raketowego, malowanie muralu na kopułach, wpisy autografów (Hermaszewski, Virginia Trimble), filmowanie, fotografowanie, ognisko i dyskoteka. Nadto, prowadzono dla publiczności teleskopowe obserwacje Słońca w filtrze H-alfa oraz zademonstrowano pracę radioteleskopu RT-9 oraz teleskopu optycznego T-50. Pan Jaromir Król przywiózł też z Krakowa swoją bogatą kolekcję meteorytów i opowiadał o nich zwiedzającym wystawę. W jednej z kopuł oraz w budynku głównym obserwatorium zorganizowano wystawę najlepszych prac plastycznych, nadesłanych na Międzynarodowy Konkurs „*Ars Astronomica*”. Udana nad podziw impreza zakończyła się późną nocą.



Kilkadziesiąt dzieciaków wzięło udział w konkursie plastycznym oraz pomagało malować murale na kopułach.





W cieniu namiotów wystawa meteorytów, rozgrywki szachowe i szereg innych atrakcji.



Częstochowscy miłośnicy astronomii i dr Agata Kołodziejczyk – głównodowodząca dniami otwarcia.



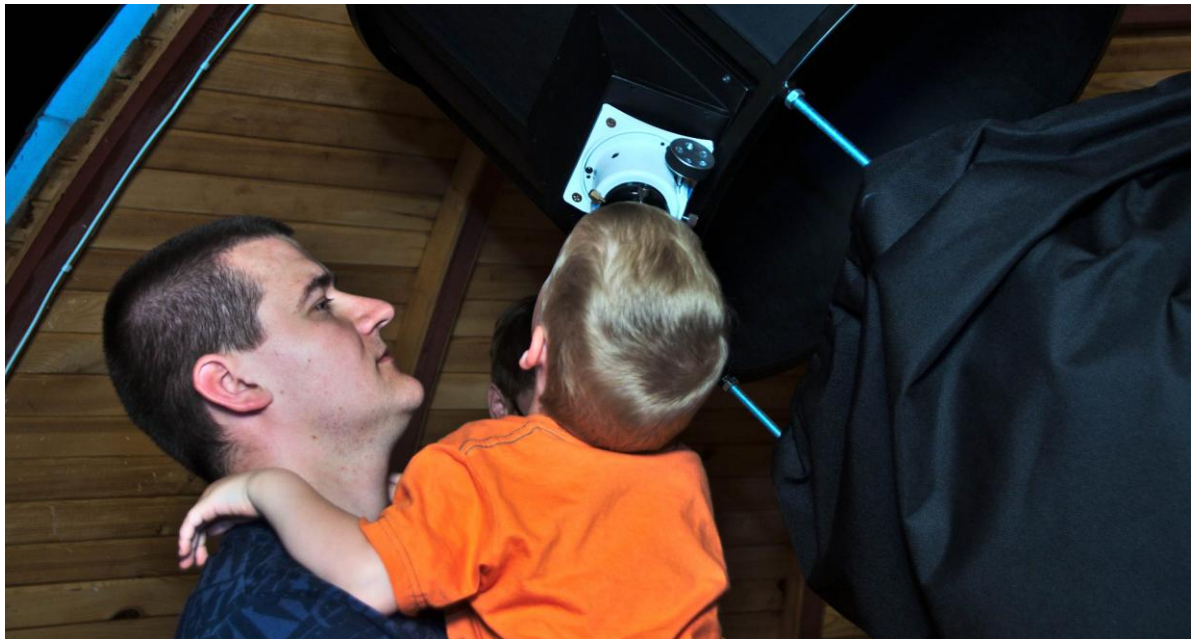
Główną atrakcją dla dzieci w drugim dniu otwarcia były warsztaty prowadzone przez PTR. Pod nadzorem instruktorów dzieciaki samodzielnie konstruowały rakiety w oparciu o dostarczone im zestawy. Wykonano w sumie kilkanaście raketek. Ich wystrzeliwanie było wspaniałą przygodą, nie tylko dla konstruktorów.



Andrzej Chwastek z PTR brał na siebie najbardziej niebezpieczne sprawy, w tym odpalanie raketek. Nikt nie ucierpiał, wszystkie rakiety poszły ku niebu i bezpiecznie opadły na swoich spadochronach.



Murale, przedstawiające Królową Jadwigę na jednej kopule, a planety Układu Słonecznego na drugiej. Choć w przeważającej części zostały wykonane przez Renatę Gogolę, Marię Kurzeję i Jakuba Hołdę, to w ich malowaniu włączyło się kilkadziesiąt innych osób, nie wyłączając samego Pana Wójta. Na zdjęciu (od prawej): wójt gminy Rzepiennik Strzyżewski – Marek Karaś z małżonką, dyrektor GOK – Halina Hołda oraz autor.



Mały Teodor w objęciach swego taty ogląda Jowisza przez półmetrowy teleskop.



Powracająca na spadochronie rakietą zawisła na czubku wysokiej sosny.



Kacper Zieliński przygotowuje swojego drona do lotu.



Podczas *Space Station III* PTR wystrzeliło w obecności setek obserwatorów raketę *Anihilacja*, której start odliczył sam Mirosław Hermaszewski.

Niedzielne popołudnie i poniedziałkowy poranek, poprzedzający oficjalną uroczystość otwarcia był szczególnie bardzo pracowity dla Mirosława Hermaszewskiego. Każdy chciał mieć zdjęcie z kosmonautą, jego dedykację lub autograf. Dziennikarze też nie odpuszczali ani na chwilę.



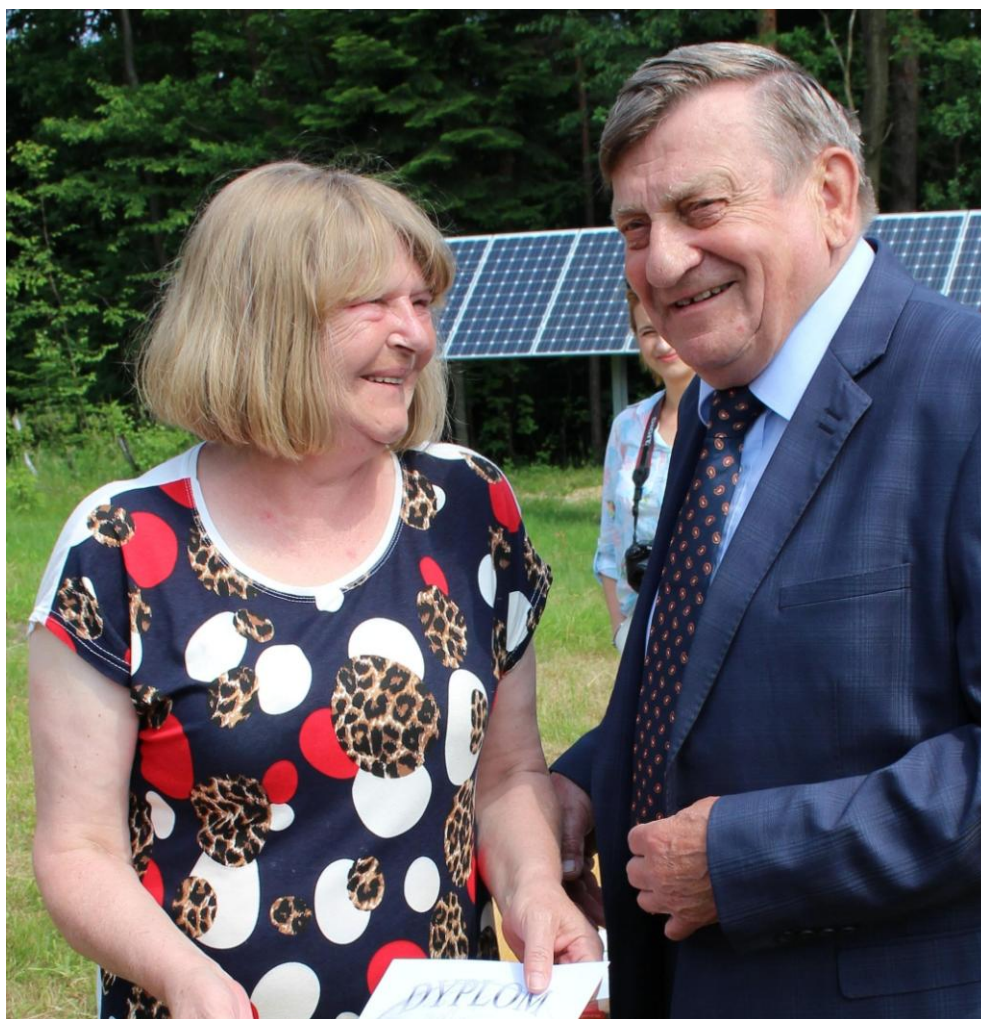
Wśród najmłodszych uczestników *Space Station III* Kosmonauta czuł się najlepiej.



Kto śmiał poprosić, ma fotkę z Kosmonautą.



Janek trzyma dumnie „Małego Księcia” z wpisem Kosmonauty.



Pani Halina Hołda pięknie prosi Hermaszewskiego o dedykację dla czytelników gazety gminnej *Rzepiennik Wczoraj i Dziś*.



Młodzież nagrodzona w konkursie *Ars Astronomica* w kolejce po upragnione wpisy.



Pani Ania Woldańska z Częstochowy wytargowała wywiad z Kosmonautą dla TV RAY.



Mirosław Hermaszewski osaczony przez rodzinę Kusiaków z Rzepiennika Suchego.



Krzysztof Piecuch przyjechał z Gorlic wraz z żoną i dziećmi, bo nie mógł przepuścić okazji spotkania z Kosmonautą.

Space Station III została zorganizowana i profesjonalnie przeprowadzona przez Agatę Kołodziejczyk z AN. Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego udzieliło finansowego wsparcia imprezy. Dużej pomocy organizacyjnej i finansowej udzielił też Urząd Gminy Rzepiennik Strzyżewski. Najbardziej zaangażowali się Marek Karaś – wójt Rzepiennika oraz Halina Hołda – dyrektorka GOK. Panie ze Stowarzyszenia Rzepiennik Jutra częstowały przybyłych sporządzonymi przez siebie pysznościami. Nadto, staraniem GOK, można było korzystać z poczęstunku grillowaną kiełbaską i napojami. Z inicjatywy GOK wykonano murale na kopułach. Zaangażowały się tu szczególnie Halina Hołda i Renata Gogola. Pomagali im Maria Kurzeja, Marek Karaś i Jakub Hołda. Cenną pomoc w organizacji pikniku okazali również Agnieszka i Artur Kuźmicz, Paweł Kołodziejczyk, Wanda i Karolina Kusiak, Paweł Barszcz, Bogumił Bubniak, Dorota, Jerzy i Wojciech Walczyk, Klaudia i Piotr Beściak, Stanisława, Jerzy i Michał Kaczorowscy.



W poniedziałek 8 czerwca odbyła się zasadnicza uroczystość otwarcia OAKJ. W Międzynarodowym Roku Światła, w oktawie Bożego Ciała, dokładnie 18 lat po uroczystej kanonizacji Królowej Jadwigi, na terenie obserwatorium zgromadziło się ponad 10 osób duchownych, kosmonauta, ponad 20 astronomów oraz kilkaset innych osób, pragnących uczestniczyć w oficjalnej uroczystości otwarcia, nadania imienia oraz poświęcenia obserwatorium. Uroczystość rozpoczęto o godzinie 11 połową mszą świętą, której przewodniczył ks. bp Stanisław Salaterski z Tarnowa. Mszę koncelebrowali księża: prof. dr hab. Michał Heller, prof. dr hab. Stanisław Wszolek, dr hab. Tadeusz Pabjan, proboszcz parafii Rzepiennik Biskupi Piotr Witecki, proboszcz parafii Turza Zenon Macko oraz wikariusz Andrzej Wszolek, który wygłosił homilię. Muzyczną oprawę nabożeństwa zapewnił chór *Marianus* kierowany przez Piotra Burkota.



Dr Michał Drahus podczas czytania.



Ks. Andrzej Wszolek wygłasza homilię.



Od lewej: ks. prof. Stanisław Wszolek, ks. prob. Piotr Witecki, ks. bp dr Stanisław Salaterski, ks. prof. Michał Heller, ks. prob. Zenon Macko, ks. Andrzej Wszolek, Magdalena i Bogdan Wszółkowie oraz ks. prof. Tadeusz Pabjan.



Pod koniec mszy świętej ks. bp Stanisław Salaterski wygłosił uroczystą mowę na otwarcie obserwatorium i zaprosił właścicieli Magdalenę i Bogdana Wszółków do oficjalnego nadania mu imienia Królowej Jadwigi. Następnie odbyła się ceremonia poświęcenia instrumentów i obiektów na całym terenie obserwatorium.





Bezpośrednio po ceremonii poświęcenia dokonano oficjalnego otwarcia OAKJ. Zainstalowano na podium małą raketę i dowiązano do niej czerwoną wstęgę. Przy skupionej uwadze zgromadzonych Agata Kołodziejczyk odpaliła raketę, która wznosząc się do góry pociągnęła za sobą wstęgę. Zdarzenie rozegrało się przy dźwiękach fanfary odegranej na trąbce przez Pawła Kołodziejczyka.

Potem nastąpiła część naukowa uroczystości. Pierwsze oficjalne wykłady w OAKJ wygłosili gen. Mirosław Hermaszewski, prof. Virginia Trimble oraz ks. prof. Michał Heller. Na stoiskach rozprowadzano m.in. książki napisane przez ks. Hellera, na których autor składał dedykacje i autografy. Pomiędzy wykładami, a w większej mierze po ich zakończeniu, uroczystość uświetniali swoimi występami przyjezdni i miejscowi artyści. Dawid Rudnicki z Krakowa skomponował utwór „Astronomia Nova” i zagrał go na trąbce. Agata Kołodziejczyk zaśpiewała piosenkę „Widziałam orła cień” przy akompaniamencie muzyki w wykonaniu Dawida Rudnickiego i Pawła Kołodziejczyka. Miejscowe zespoły artystyczne działające w ramach GOK (Marianus, Sarmaci, Rzepioki oraz strażacka orkiestra dęta), dały wspaniałe koncerty i przedstawienia. Panie z Koła Gospodyń Wiejskich w Turzy, pracownice GOK oraz Krystyna Roman, Klaudia Beściak oraz Wanda i Karolina Kusiak przygotowały i rozprowadzały wśród uczestników kanapki i inne posiłki. Kilku dziesięciu uczestników przybyłych z daleka ugoszczono też obiadem.



Moment otwarcia obserwatorium.



Pierwszy wykład w OAKJ wygłosił kosmonauta Mirosław Hermaszewski. Wcześniej zaprosił najmłodszych uczestników otwarcia na scenę, gdzie mogli wygodniej usiąść i lepiej się skupić. Mówił o swoim locie w kosmos i o korzyściach płynących z eksploracji kosmosu.



Drugi wykład głosiła po angielsku prof. Virginia Trimble, słynna astronomka z Kalifornii, pretendująca do nagrody Nobla m.in. za ilościowe określenie obfitości poszczególnych pierwiastków chemicznych we Wszechświecie. W OAKJ mówiła o odkryciach egzoplanet. Treść wykładu była symultanicznie tłumaczona na język polski przez prof. Bożenę Czerny, wybitną astronomkę z Centrum Astronomicznego Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie.



Wykład zamykający część naukową otwarcia wygłosił ks. prof. Michał Heller, jedyny Polak wyróżniony prestiżową nagrodą Templetona (o wartości materialnej przewyższającej wysokość nagrody Nobla), którą przyznaje się osobom szczególnie zasłużonym w zakresie pokonywania barier pomiędzy nauką a religią.



Przed i po swoim wykładzie ks. prof. Heller wpisywał dedykacje i autografy nabywcom książek jego autorstwa, rozprawdzanych podczas uroczystości przez Wydawnictwo *Copernicus Center Press*. Zdjęcie przedstawia ks. Hellera wpisującego dedykację Markowi Pelianowi z Częstochowy.



Występy lokalnych artystów podczas uroczystości otwarcia.



Dawid Rudnicki gra na trąbce utwór *Astronomia Nova*, skomponowany przez siebie specjalnie na uroczystość otwarcia OAKJ.



Przy akompaniamencie muzycznym Dawida Rudnickiego i Pawła Kołodziejczyka Agata Kołodziejczyk zaśpiewała piosenkę „Widziałam orła cień”, z lekko zmienionym tekstem dla lepszego nawiązania do ceremonii otwarcia obserwatorium.



Migawki z występów folklorystycznych.



Każdy chciał mieć zdjęcie z Virginią Trimble.



Virginia Trimble w towarzystwie gospodarzy na tle RT-9.



Virginia Trimble w towarzystwie rodziny Jankiewiczów z Krakowa.



Agata Kołodziejczyk, Virginia Trimble i Stanisław Ryś.



Ks. proboszcz Piotr Witecki i ks. wikariusz Maciej Igielski.



Anna Woldańska i Marek Pelian z Częstochowy w towarzystwie gospodarzy.



Teologiczno astronomicznie przy radioteleskopie.
Dyskutują ks. bp Stanisław Salaterski i astronom dr Henryk Brancewicz.

Uroczystość głęboko zapadła w pamięci wszystkich jej uczestników. Odbiła się też szerokim echem medialnym w całej Polsce. Niebawem po otwarciu przyjechała do OAKJ Agencja Reutersa, która spowodowała rozprzestrzenienie się informacji o otwarciu obserwatorium w Rzepienniku praktycznie na cały świat. Z całego też świata przyjeżdżają do obserwatorium goście, złąknieni bliższego spotkania się z budowniczymi oraz z rozgwieżdżonym niebem.

Obecni na otwarciu

Uroczystości zaszczylicili swoją obecnością m.in.:

Gen. Mirosław Hermaszewski

Ks. bp dr Stanisław Salaterski

Ks. prof. dr hab. Michał Heller

Ks. prof. dr hab. Stanisław Wszolek

Ks. dr hab. Tadeusz Pabjan

Ks. prob. Zenon Macko

Ks. prob. Piotr Witecki

Ks. Maciej Igielski

Ks. Andrzej Wszolek

Prof. dr hab. Marek Biesiada (astronom, Uniwersytet Śląski)

Prof. dr hab. Bożena Czerny (astronom, CAMK PAN, Warszawa)

Prof. dr hab. Michał Ostrowski (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Prof. dr hab. Agnieszka Pollo (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Prof. Virginia Trimble (astronom, Irvine University, California, USA)

Prof. dr hab. Edwin Wnuk (astronom, Uniwersytet Poznański)

Prof. dr hab. Stanisław Zoła (astronom, dyrektor Obserwatorium
Astronomicznego UJ)

Dr hab. Włodzimierz Godłowski (astronom, Uniwersytet Opolski)

Dr hab. Agnieszka Kryszczyńska (astronom, Prezes PTA, Uniwersytet
Poznański)

Dr hab. Maciej Mikołajewski (astronom, UMK w Toruniu, Redaktor
Naczelny Uranii-PA)

Dr Jadwiga Biała (astronom, Planetarium i Obserwatorium w Olsztynie)

Dr Henryk Brancewicz (astronom, Prezes Honorowy PTMA)

Dr Michał Drahus (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Dr Marek Jamrozy (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ,
wiceprezes AN)

Dr Stefan Janta (astronom, Planetarium i Obserwatorium w Chorzowie)

Dr Agata Kołodziejczyk (neurobiolog, Instytut Nauk o Środowisku UJ)

Dr Agnieszka Kuźmich (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Dr Adam Michalec (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Dr Janusz Nicewicz (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Dr Stanisław Ryś (astronom, Obserwatorium Astronomiczne UJ)

Dr Michał Siwak (astronom, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie)

Zbigniew Bajorek (przewodniczący Rady Gminy Rzepiennik Strzyżewski)

Mieczysław Borkowski (Planetarium PTMA w Łodzi)

Dawid Chrobak (burmistrz Miasta i Gminy Zakliczyn)

Mieczysław Janusz Jagła (prezes PTMA)

Marek Karaś (wójt Gminy Rzepiennik Strzyżewski)

Renata Kolivoskova (astronom, Planetarium w Preshovie, Słowacja)

Bożena Kwitowska (prezes Instytutu Akcji Katolickiej Diecezji Tarnowskiej)
Roman Łucarz (starosta tarnowski)
Dominik Pasternak (dyrektor MOA w Niepołomicach)
Dawid Rudnicki (kompozytor i artysta krakowski)
Wojciech Skruch (radny Sejmiku Województwa Małopolskiego)
Tomasz Stelmach (radny powiatu tarnowskiego)
Robert Szaj (prezes Fundacji Nicolaus Copernicus)
Roman Tomcik (astronom, Planetarium i Obserwatorium w Preshovie,
Słowacja)

Gratulacje i uznania

Na ręce budowniczych obserwatorium złożono bezpośrednio lub korespondencyjnie listy gratulacyjne i wyrazy uznania w imieniu:

Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie,
California Institute of Technology (USA),
Centrum Astronomicznego im. Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk
w Warszawie,
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie,
Centrum Edukacji Astronomiczno Astronautycznej w Cieszęcinie,
Centrum Rozrywki i Wiedzy w Częstochowie,
Centrum Wiedzy i Nowych Technologii im. JPPII w Parzynie
Diecezji Tarnowskiej,
Europejskiej Agencji Kosmicznej,
Francuskiego Towarzystwa Astronomicznego,
Fundacji For Science,
Fundacji Nicolaus Copernicus ,
Głównego Obserwatorium Astronomicznego Ukraińskiej Akademii Nauk
w Kijowie,
Instytutu Akcji Katolickiej Diecezji Tarnowskiej,
Instytutu Radioastronomii Ukraińskiej Akademii Nauk w Charkowie,
Krymskiego Obserwatorium Astrofizycznego,
Międzynarodowej Unii Astronomicznej,
Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach,
Narodowego Uniwersytetu Morskiego w Odessie,
Obserwatorium Astronomicznego Rosyjskiej Akademii Nauk w Pułkowie
(St Petersburg),
Obserwatorium Astronomicznego Pic du Midi (Francja),
Odeskiego Uniwersytetu Narodowego im. Ilji Miecznikowa,
Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego w Olsztynie,
Planetarium i Obserwatorium Astronomicznego w Preshovie (Słowacja),
Planetarium Śląskiego i Obserwatorium Astronomicznego w Chorzowie,
Planetarium w Łodzi,

Politechniki Częstochowskiej,
Politechniki Lwowskiej,
Politechniki Rzeszowskiej,
Politechniki Śląskiej,
Politechniki Wrocławskiej,
Polskiego Towarzystwa Astronomicznego (które objęło też
patronatem OAKJ),
Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii,
Polskiego Towarzystwa Rakietowego,
Polskiego Związku Krótkofalowców,
Sejmiku Małopolskiego,
Specjalnego Obserwatorium Astrofizycznego Rosyjskiej Akademii Nauk
(Arhyz, Kaukaz),
Starostwa Tarnowskiego,
Stowarzyszenia Astronomia Nova (które objęło też patronatem OAKJ),
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego,
Uniwersytetu Ivana Franko we Lwowie,
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie,
Uniwersytetu Opolskiego,
Uniwersytetu Paula Sabatiera w Tuluzie,
Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie,
Uniwersytetu Poznańskiego,
Uniwersytetu Śląskiego,
Uniwersytetu Świętokrzyskiego w Kielcach,
Uniwersytetu Tarasa Szewczenki w Kijowie,
Uniwersytetu Wrocławskiego,
Wydawnictwa Copernicus Center Press w Krakowie,
Wydawnictwa Uranii.

Wybrane fragmenty ze mszy świętej i ceremonii poświęcenia obserwatorium

Mszę świętą celebrowali: ks. bp dr Stanisław Salaterski, ks. prof. Michał Heller, ks. prof. Stanisław Wszolek, ks. dr hab. Tadeusz Pabian, ks. prob. Piotr Witecki, ks. prob. Zenon Macko oraz ks. Andrzej Wszolek. Pierwsze czytanie wykonał astronom dr Michał Drahus. Ewangelię czytał i homilię wygłosił ks. Andrzej Wszolek. Oprawę muzyczną mszy zapewnił chór *Marianus* pod kierunkiem mgr. Piotra Burkota.

Ks. Piotr Witecki (na otwarcie mszy)

Góra jest miejscem, w którym w sposób szczególny doświadczają się Bożej obecności. Wielkie wydarzenia biblijne działy się właśnie na górze. I oto dzisiaj gromadzimy się w tym miejscu, aby z góry spoglądać w niebiosa. Witam serdecznie ks. bpa Stanisława Salaterskiego, który przewodniczy tej

dzisiejszej liturgii, witam wszystkich kapłanów według urzędów i godności, zaproszonych gości. Tych wszystkich, którzy tutaj, za przykładem patronki tego miejsca, Królowej Jadwigi, będą się uczyć tego, że praca i mądrość, połączona z pasją, daje niezwykle efekty. Prośmy więc o tę mądrość, która prowadzi również do mądrości i świętości Boga.

Ks. bp Stanisław Salaterski (na otwarcie mszy)

A w swojej modlitwie wypraszajmy łaski potrzebne twórcom, fundatorom tego miejsca, i Bożą opiekę i pomoc dla wszystkich, którzy będą tu przybywać, aby zbliżyć się do Pana Boga, odnajdywać swoje miejsce we Wszechświecie. A ponieważ jesteśmy słabi i grzeszni, na początku najświętszej ofiary przepróśmy Pana Boga za wszystko, co nas od niego dzieli i pomiędzy sobą różni.

Ks. Andrzej Wszolek (fragmenty homilii)

Zastanawiając się co powiedzieć przy okazji tej mszy świętej, która jest celebrowana z okazji otwarcia obserwatorium, Pan Bóg odpowiedział mi dzisiaj rano kiedy odmawiałem jutrznię. Tam w psalmie XIX jest napisane: „niebiosa głoszą chwałę Boga, dzieło rąk Jego obwieszcza nieboskłon”. Patrząc na ten piękny wspaniały świat, przekonujemy się jak niezwykle musi być Bóg, który go stworzył. Jak musi być wielki, mądry, potężny, piękny. Stary testament głupcem nazywa tego, kto patrząc na ten świat nie rozpoznaje jego Stwórcy. A święty Paweł mówi, że stworzenie nie wymówi się od swojego Stwórcy. Człowiek, który odrzuca Boga, sam się skazuje na jakąś mroczną samotność, pustkę. Bo wielką naiwnością byłoby stwierdzić, że ten świat powstał tak po prostu przypadkowo, w wyniku jakichś ślepych sił natury. Pewnie wielu z nas ma zegarek na ręce. Chyba nikt nie wierzy, że ten zegarek mógł powstać tak przypadkowo. O ileż wspanialszy jest świat, o ile wspanialszy jest nasz organizm, on nie mógł powstać tak jakoś przypadkowo. Tyle lat poznajemy, studiujemy świat, poznajemy człowieka, a wciąż nie umiemy zrozumieć geniuszu Boga.

Dziś gromadzimy się tutaj, żeby poświęcić obserwatorium. Każdy człowiek, każde dzieło, ma różne etapy swojego życia. Najpierw jest upragniony i chciany. Rodzi się najpierw właśnie w myślach. Później przez dziewięć miesięcy jakoś nabiera kształtu, rośnie, rozwija się w łonie matki. I później jest taki moment, po dziewięciu miesiącach, kiedy ten człowiek objawia się światu, wszyscy mogą go zobaczyć, mogą go dotknąć, rozmawiać. I dzisiaj to obserwatorium też przeżywa takie swoje narodzenie. Kilkanaście lat temu, około dwudziestu, stryjek zaczął budować to obserwatorium. To było w jego myślach, to jakby się rodziło w nim i nabierało coraz bardziej wyraźnych kształtów. I dzisiaj jest taki dzień, kiedy to obserwatorium jest oddawane do użytku publicznego, wychodzi na świat, żeby wszyscy mogli go zobaczyć i z niego korzystać.

Święty papież Jan Paweł II w encyklice *Fides et ratio* mówi, że „rozum i wiara są jak dwa skrzydła, na których duch ludzki unosi się ku kontemplacji prawdy”. Nie jest dobrze, jeżeli nasza wiara nie jest pogłębiona refleksją intelektualną, albo kiedy w naszych rozmyślaniach brakuje wiary.

Takim człowiekiem, który był i bardzo mądrym i głęboko wierzącym, była na pewno święta patronka tego obserwatorium, Królowa Jadwiga. Pewnie już były różne okazje, żeby poznać tę osobę, ja tutaj nie zrobię jakiegoś dogłębnego jej życiorysu, ale tak skrótowo spróbuję przybliżyć jej postać. Święta Jadwiga urodziła się w roku 1374. Kiedy miała cztery lata, już złożyła wtedy taki ślub warunkowy, który miał być jakby potwierdzony w jej życiu dorosłym; i wtedy była zaślubiona z Wilhelmem z rodu Habsburgów. Była starannie wykształcona, wychowana. Kiedy miała dziesięć lat, stała się królową Polski. Po dwóch latach poślubiła Władysława Jagiełłę, nie tego który początkowo był dla niej przewidziany. Było to podyktowane tym, żeby stworzyć unię Polski z Litwą. Dlatego poślubiła księcia Litwy, Władysława Jagiełłę. On najpierw przyjął chrzest. Kilka dni później był ich ślub i później został królem Polski. I tak Królowa Jadwiga przez dwa lata sama rządziła Polską, później 13 lat razem ze swoim mężem. Między nimi była spora różnica wiekowa, 23 lata. Zawsze w swoich działaniach jako królowa szukała dobra narodu polskiego. Szybko też podbiła sobie serca zwykłych ludzi, swoją niezwykłą dobrocią. Między innymi to z jej fundacji, tutaj nieopodal w Bieczu był wybudowany szpital. Mocno była zatroskana i wrażliwa na potrzeby biednych, ubogich. Jest znana ta historia kamieniarza. Zobaczyła, że on jest smutny. Królowa z tym prostym człowiekiem porozmawiała i okazało się, że jego żona ciężko choruje i jest wielka obawa, że umrze i on zostanie z małymi dziećmi. I wtedy Królowa Jadwiga niewiele myśląc, oderwała od swojego bucika złotą klamrę z drogimi kamieniami i dała mu. Wielką jej troską była Akademia Krakowska. Ona powstała w 1364 roku za Kazimierza Wielkiego, ale była zaniedbana. I królowa wiele swoich bogactw oddała żeby odnowić Akademię. Później na cześć jej męża Akademia została nazwana Uniwersyteciem Jagiellońskim. Rok po jej śmierci Uniwersytet został otwarty, utworzono też wydział teologiczny. Jej piękne i wzorowe życie dość szybko dobiegło końca. Kiedy miała 25 lat urodziła córeczkę, która zaraz umarła. Sama Królowa Jadwiga zmarła kilka dni później. Pochowano ją na Wawelu. Jej proces kanonizacyjny trwał bardzo długo. Dopiero 8 czerwca 1979 roku, w katedrze wawelskiej, papież Jan Paweł II włączył ją w poczet błogosławionych, a w roku 1997, też 8 czerwca, na krakowskich błoniach, ten sam papież ogłosił Królową Jadwigę, jako świętą.

(...) umiała łączyć głęboką wiarę z szeroką aktywnością, na forum i kraju i zagranicą i nauki. (...) I mamy też wielką nadzieję, że to obserwatorium, które wciąż powstaje, będzie służyć do tego aby zbliżyć nas do Boga, żebyśmy się zachwycali nad jego mądrością, nad jego pięknem. Studiując astronomię, studiując różne nauki, trzeba zadać pytanie o pierwszą przyczynę,

o najgłębszy sens. I wtedy nie da się udzielić odpowiedzi nie mówiąc o Panu Bogu (...).

Módlmy się i zawierzajmy to wielkie dzieło Bożej opatrności, żeby służyło jak największej chwale Boga. Amen.

Ks. bp Stanisław Salaterski (intencja modlitewna)

Polećmy także Panu Bogu twórców tego miejsca i wszystkich, którzy będą tworzyć jego klimat i dobre imię, wypraszając dla nich Bożą opiekę i błogosławieństwo na najdłuższy czas.

Ks. bp Stanisław Salaterski (błogosławieństwo)

Po błogosławieństwie kończącym sprawowaną mszę świętą, poprosimy fundatorów o nadanie imienia temu przedsięwzięciu, a następnie obrzęd pobłogosławienia, poświęcenia, i dalsza część uroczystości według scenariusza przygotowanego przez organizatorów. Wszystkim za wspólnotę w modlitwie serdecznie Bóg zapłać.

Pan z Wami!

W: I z duchem twoim!

Niech imię Pańskie będzie błogosławione!

W: Teraz i na wieki!

Wspomożenie nasze w imieniu Pana!

W: Który stworzył Niebo i Ziemię!

Niech was błogosławi Bóg wszechmogący, Ojciec i Syn i Duch Święty!

W: Amen!

Idźcie w pokoju Chrystusa!

W: Bogu niech będą dzięki!

Magdalena i Bogdan Wszółkowie (nadanie imienia)

Biorąc wszystkich tu zgromadzonych za świadków, nadajemy naszemu obserwatorium imię Królowej Jadwigi i prosimy Jego Ekszelencję o pobłogosławienie temu obiektowi.

Ks. bp Stanisław Salaterski (przed poświęceniem)

Święta Królowa Jadwiga była osobą głębokiej wiary, patrzącą na swoje życie i na świat w perspektywie myśli Boga. Była osobą otwartą na rozwój nauki i zaangażowaną w jej upowszechnianie. Fundacje na rzecz młodzieży studiującej w Krakowie i Pradze, oraz na potrzeby Akademii Krakowskiej, zwanej od 1397 roku Uniwersytetem Jagiellońskim, tę troskę potwierdzają. Prosimy aby jej orędownictwo wyjednało łaski u Boga oraz życzliwość i wsparcie wielkodusznych i hojnych ludzi dla dzieła jakim jest otwierane obserwatorium astronomiczne w Rzepienniku Biskupim, wznoszone wytrwałością i zapobiegliwością fundatorów, państwa Magdaleny i Bogdana Wszółków, któ-

rym przyświeca idea utworzenia własnej placówki dla zdobywania i szerzenia wiedzy astronomicznej i astronautycznej, a także aby rozszerzało grono osób postępujących drogą wiary, wspartą dociekaniem naukowymi, poszukiwaniem śladów Boga we Wszechświecie, i zachwyconych jeszcze bardziej pięknem dzieł stworzenia dzięki korzystaniu z tego obserwatorium astronomicznego. Niech Boże błogosławieństwo wyjedna wszelkie potrzebne łaski prowadzonym tu działaniom naukowym i popularnonaukowym. Niech pomaga realizować marzenia, plany, projekty badawcze. Niech obdarza pokojem serca realizujące tu talenty dane im od Boga. Niech chroni przed przeciwnościami losu i nieprzewidywanymi przykrymi zdarzeniami wszystkich korzystających z możliwości technicznych i naukowo badawczych tego wyjątkowego miejsca. Prosimy o to Ciebie wszechmogący Boże, przez Jezusa Chrystusa w Duchu Świętym, Amen. Święta Jadwigo Królowo módl się za nami. Błogosławieństwo Boga wszechmogącego, Ojca i Syna i Ducha Świętego niech zstąpi na ten obiekt i korzystających z niego, i pozostanie na zawsze, Amen.

Wybór relacji medialnych z otwarcia

„Otoczenie jest nie bez znaczenia, ponieważ nie będą tutaj przeszkadzać światła z pobliskich miejscowości. Ważna jest także wysokość, na której znajduje się obserwatorium. Tutaj powietrze ma lepszą jakość, co pomaga w obserwacji. Miejsce jest świetnie dobrane, a przy tym niezwykle urokliwe. Małe miejscowości mają dobrą passę w historii nauki. Wielkie uniwersytety powstawały właśnie w małych miejscowościach. Wystarczy wspomnieć Cambridge czy Oxford. Może i tu kiedyś powstanie znany ośrodek badawczy. Choć i teraz jest to bardzo prawdziwe, choć adresowane do młodych ludzi, którzy dopiero kiedyś będą prawdziwymi astronomami” – mówi ks. prof. Michał Heller, który był jednym z gości na uroczystym otwarciu obserwatorium w Rzepienniku Biskupim. (*Tarnowskie Centrum Informacji*)

„Astronomia jest taką dziedziną, która zawsze budzi ogromne zainteresowanie. Żadna dziedzina nauki nie ma tak wielu amatorów, którzy spełniają wielką rolę w przygotowaniu kadry astronomów, ale także przez swoje prace wykonują bardzo dużo pożytecznej roboty. To miejsce wygląda na zupełnie charzmatyczne, gdzie jeszcze do niedawna były łąki. Jest to daleko od ośrodków akademickich, więc warto by wiedza, nauka i pasja nauką zapuściły tutaj korzenie” – ocenia ks. Michał Heller, profesor nauk filozoficznych specjalizujący się w filozofii przyrody, fizyce, kosmologii relatywistycznej oraz relacji nauka-wiara. (*Powiat Tarnowski*)

(Wywiad przeprowadzony przez Annę Woldańską dla TV RAY)

Anna Woldańska (AW): Rzepiennik Biskupi. Telewizja RAY uczestniczy dzisiaj w otwarciu największego w Europie prywatnego obserwatorium astronomicznego. Jest ze mną pan Bogdan Wszolek, właściciel i pomysłodawca

całego przedsięwzięcia, jednocześnie prezes Stowarzyszenia Astronomia Nova i wykładowca w Uniwersytecie Jagiellońskim i Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Witam serdecznie, bardzo mi miło.

Bogdan Wszolek (BW): Witam serdecznie, sprostowanie, już przestałem być wykładowcą w Uniwersytecie Jagiellońskim, ale wciąż jestem w Akademii im. Jana Długosza.

AW: Kiedy zaczęła się pana miłość do ciał niebieskich?

BW: Oj, podobno bardzo wcześnie, mama opowiadała, że gdzieś tam już w wieku przedszkolnym, ale generalnie pamiętam, że w wieku młodzieńczym, tym niebem rzepiennickim bardzo się zachwyciłem. Mając lat 18 zachwyciłem się na tyle, że zdecydowałem, że moja dalsza droga życiowa będzie z gwiazdami i tu na rzepiennickiej ziemi zdecydowałem, że stanę się astronomem, jak się da to również astronautą, zostało zrealizowane jedno.

AW: Może uda się zrealizować i drugie?

BW: Już nie potrzeba bo mam anteny, które mogą kontaktować się z teleskopami na orbicie i po co mnie starszowski tam się pchać do góry jak wystarczy, że tam wystrzeli się teleskop, a z dołu można operować.

AW: Jak długo pracował pan nad tym, żeby pokazać nam obserwatorium w takiej okazałości?

BW: To co tu widzimy to jest praca, praca rąk, od 1998 roku; w głowie to powstało dwa lata wcześniej w górach Kaukazu, czyli właściwie 19 lat temu zapadła decyzja o budowie obserwatorium.

AW: Pana obserwatorium jest jedną z największych atrakcji turystycznych w regionie. Porozmawiajmy przez chwilę o niewątpliwiej perle tego miejsca, czyli antenie RT-9, mógłby pan powiedzieć kilka słów na jej temat i wyjaśnić na czym polega jej niezwykłość?

BW: Niezwykłość polega na tym, że została wykonana w najlepszej światowej technologii, przez najlepszą amerykańską firmę, produkującą anteny na potrzeby kosmosu i wojska, i te anteny, które stoją na terenie obserwatorium, obie są w tej technologii, przez tę samą firmę zrobione. RT-9 była w Psarach, gdzie był ośrodek łączności satelitarnej, on został zlikwidowany; nie ze względu na zepsucie lub przestarzałość urządzeń, ale ze względów, można tak powiedzieć, politycznych, i ja stanąłem między hutą a właścicielem, odkupiłem po cenie szlachetnego złomu, rozebrałem i ponownie złożyłem. RT-9 tutaj stojąca, „Perła Podkarpacia”, małe jest piękne, wspaniała rzecz, duże nadzieje, w tej chwili już pracuje jako radioteleskop. Wiemy, że w Częstochowie jest zbudowana trzynastometrowa antena, w Cieszęcinie ostatnio podobna.

AW: Czy pana zdaniem uda się zrealizować plan połączenia tych radioteleskopów w interferometr?

BW: Jest jeszcze dużo pracy przed, ale do tego usilnie dążę bo to byłaby piękna rzecz, żeby mieć w Polsce swój interferometr radiowy. Nauczyć się tego robić. Mamy ku temu wspaniały poligon. Możemy się tego uczyć, mamy

radioteleskopy rozstawione po Polsce. Od RT-9 do RT-13 w Cieszęcinie jest prawie 300 km w prostej linii, piękna rzecz, aż kusi, żeby ten interferometr robić choćby już.

AW: Miejmy nadzieję, że się uda.

BW: Mam też taką nadzieję.

AW: Z jakich jeszcze narzędzi mogą korzystać zwiedzający pana obserwatorium?

BW: Jeśli chodzi o inne instrumenty, to mamy tutaj, co by nie było, półmetrowy teleskop optyczny. Amerykańska optyka, dawna, dobrze zrobiona. Wykonaliśmy w oparciu o tą optykę teleskop, który będziemy udostępniać turystom, młodzieży no i częściowo jakieś badania naukowe będzie można na nim też robić, i będziemy robić, w ramach klubu astronomicznego, studenci astronomii z Krakowa, może z Częstochowy, nie wiem, przyjadą, będziemy obserwować ...

AW: Obserwując pana działania i słuchając sposobu w jaki mówi pan o tym wszystkim, widać, że jest pan prawdziwym pasjonatem i posiada pan niesamowitą energię kreacji. Mógłby mi pan powiedzieć, bo domyślam się, że ma pan w tym jakiś ukryty cel, jaka jest pana misja, bo skoro otwiera nam pan bramy do Wszechświata, na pewno jest w tym jakiś cel.

BW: Ja myślę, że to jest tak, że jestem jakimś tam w miarę przydatnym narzędziem i realizuję idee jakichś wyższych duchów. Przy budowie obserwatorium, jeśli przypatrzeć się z bliska na to, to tutaj wiele cudów po drodze się dzieje i często czuję, że to idzie skądś z zewnątrz, a ja się jakoś w to włączam aktywnie i nie odmawiam, nie opieram się, i takimi wspólnymi siłami, tymi jakimiś z góry i moimi, to robimy. To, co się dzisiaj dzieje, tutaj, na otwarciu, też nie mój był pomysł tylko Królowej Jadwigi. To było wyraźnie czuć, że ona w tę stronę chce i tak ma być!

AW: A pro po Królowej Jadwigi: dlaczego akurat ją wybrał pan na patronkę swojego obserwatorium?

BW: Dużo by tu przywoływać rozmaitych argumentów, ale najbardziej uderzający jest ten, że od najmłodszych lat mama zabierała mnie czasem do Krakowa, bo tam miałem chrzestną, i zawsze szliśmy na Wawel i mama mnie prowadziła..., ja tam nic nie rozumiałem z tych wielkich politycznych, historycznych rzeczy, ale jak mnie zabierała do Królowej Jadwigi to ona tak dobrze opowiadała o tej królowej, że, mając te siedem, dziewięć, dwanaście lat, gdzieś tam ten mamy przekaz tak mocno się zakorzenił. A potem jeszcze mieszkałem w internacie w Bieczu, w tym szpitalu dla ubogich, ja z bardzo ubogiej rodziny, trzeba było mi mieszkać w tym Bieczu, odległym dwadzieścia kilometrów od Rzepiennika. I akurat tak się zdarzyło, że w tych latach tamten budynek przystosowano jako internat, bo jeszcze nie zbudowano internatu z prawdziwego zdarzenia. I miałem tę przyjemność u tej Królowej Jadwigi pomieszkać, w Bieczu, w szpitalu gotyckim. Potem poszedłem na Uniwersytet Jagielloński. No też go mamy dzięki Jadwidze. I to są takie niektóre

rzeczy, a już nie powiem o ósmym czerwca 2004 roku, kiedy ona potrafiła rozgonić chmury na niebie w pięć minut, po to żeby tranzyt Wenus Bogdan mógł obserwować ..., który już wcześniej zdecydował, że obserwatorium budowane będzie nazwane jej imieniem.

AW: Czyli jednak nie bez przyczyny. Miejmy więc nadzieję, że pod jej patronatem obserwatorium będzie się bardzo dobrze rozwijać.

BW: Ja mam taką nawet pewność, że ten patronat jest już dawno z nami, jest potrzebny, jest bogaty.

AW: Czy myśli pan, że pana działalność przyczyni się do tego, że królowa nauk stanie się coraz bardziej powszechna wśród młodzieży i w ogóle w społeczeństwie?

BW: Jest to praca u podstaw. Wciąż jest to praca u podstaw. Ale są przykłady osób, wiele z nich jest tu dzisiaj, przykłady osób, które tak daleko idą, tak daleko odstają od średniej w społeczeństwie, że to napawa nadzieją, ogromną nadzieją, na lepsze czasy dla astronomii, dla astronautyki, dla zrywu człowieka ku światom pozaziemskim. To nas czeka, tego pragniemy dla wszystkich, jak najwcześniej. Ale ludzie muszą też i dorosnąć, klimat musi być ku temu, żeby realizacja tej idei stawała się masową, a nie dla wybrańców tylko.

AW: Przede wszystkim właśnie, żeby dostęp do wiedzy miały wszystkie osoby, nie tylko związane z astronomią zawodowo. Dobrze, w takim razie bardzo dziękuję za rozmowę

BW: Dziękuję również za zainteresowanie, za to sprzyjanie, za te ciepłe myśli wszystkie, emanowane w stronę powstającej tutaj placówki, myślę że będziemy współpracować w przyszłości.

AW: A ja w imieniu wszystkich pasjonatów astronomii jak i laików dziękuję za to właśnie, że dzięki panu rośnie cała rzesza miłośników astronomii.

BW: Dziękuję bardzo, dziękuję.

AW (do Mirosława Hermaszewskiego): Czy mogłabym poprosić pana o kilka słów na temat tego, po co się tu dzisiaj spotkaliśmy, jaka jest pana opinia na temat powstania tego obserwatorium i co pana w nim najbardziej urzekło?

MH: Jesteśmy w Rzepienniku Biskupim, to trzeba powiedzieć, jest to taka miejscowość o której nie słyszałem, ale którą jestem zachwycony, położona geograficznie w przepięknym miejscu. A widać, że są tu też gospodarze. Zanim się dojedzie tu na tą górkę, to jednak mija się lasy, pola, piękne zapachy, zapachy siana teraz, to jest coś niesamowitego. Ale, *ad rem*, tak, pan Bogdan Wszolek zrobił tutaj obserwatorium astronomiczne. Jest to pasjonat, i to jest, wie pani, mało; pasjonat to mało powiedziane, to jest pewna choroba, pozytywna. On od wielu lat stara się zainteresować, młodzież szczególnie, tą wielką tajemnicą Kosmosu. I zrobił obserwatorium, własnymi rękami, też za własne pieniądze, i co ciekawego, przy pełnej aprobachie jego małżonki. To jest niesamowite. Ci państwo się absolutnie w tym wszystkim zgadzają. I proszę zobaczyć, są dwie anteny radioteleskopów, jest to rzecz nieosiągalna w prywatne ręce, ale pan Bogdan wyniuchał, że gdzieś tam rezygnowali

i uznali, że to jest złom, chcieli pociąć palnikami, wyrzucić, a on jednak uratował, z popiołu dosłownie wyjął. Nie to że postawił, ale uruchomił. One, te radioteleskopy, już żyją. I ta młodzież, której dzisiaj setki tutaj przybyły, ona będzie przychodzić, będzie patrzeć w ten Kosmos, będzie słuchać tego Kosmosu, bo ma swoje dźwięki, ba, może nawet będzie z nim rozmawiać kiedyś, ale jedno jest pewne, że u tej młodzieży coś się tam w łepetynkach urodzi, ciekawość świata, że to wcale nie jest takie dla nas nieosiągalne. Rzepiennik, to nikt nie wie gdzie to jest, ale my możemy zajrzeć dużo dalej niż ta młodzież z Warszawy, Wrocławia czy z Łodzi. I to jest chyba najcenniejsze, że on właśnie trafia do młodzieży. A, pojawią się jakieś tam marzenia, a pojawią się chęci dorównania tym najlepszym, i ja wierzę, że z tego środowiska niejeden taki prawdziwy naukowiec wyjdzie.

AW: Dokładnie. Dzięki panu Bogdanowi może powstać cała rzesza młodych miłośników astronomii. Ja sama byłam zaskoczona jak zobaczyłam takie tłumy dzisiaj tutaj.

MH: Tak, bo młodzież bardzo się tym interesuje. Tym bardziej, że nadano otwarciu tego obserwatorium bardzo szeroki wydźwięk, przyjechał biskup, była msza, piękna homilia, mówiąca właśnie o tym czemu to służyć może i powinno, poświęcenie – to też jest ważne dla ludzi, a więc jest to obiekt, który jest w centrum uwagi władz także, bo były tu władze; gminy, powiatu i województwa. I bardzo dobrze, oni powinni to wspierać, muszą to wspierać. Nie pana Wszółka, tylko tą młodzież, która do niego będzie przychodzić. To jest naprawdę perła tutaj w tym takim, bym powiedział, prawie egzotycznym miejscu. Wspierajcie, wspierajcie, mówcie, bo to już dwadzieścia chyba lat jak jest to budowane.

AW: Będziemy rozprzestrzeniać w świat.

MH: Będzie miło mi, że to będziemy robić razem.

AW: Czy pana zdaniem dojdzie do skutku projekt połączenia czterech radioteleskopów, mam na myśli ten w Częstochowie, Cieszęcinie, Krakowie i Rzepienniku Biskupim? Chodzi mi o ten interferometr.

MH: Proszę panią, to jest bardzo trudne. Ale jeśli tego się dotknie pan Bogdan Wszółek, to wszystko jest możliwe.

Virginia Trimble (VT) do AW w tłumaczeniu Bożeny Czerny (BC): Przyjeżdżając tutaj nie bardzo wiedziałam czego się spodziewać po tej ceremonii, tak że jestem w wielu wypadkach zaskoczona. Nie wiedziałam, że będzie tyle ludzi, że będzie kosmonauta. Było miło spotkać Michała Hellera. Przygotowałam wykład, który był trochę inny niż to co przedstawiłam dlatego, że było słońce i nie było widać tego co jest na ekranie, i co więcej, muszę się przyznać, że jestem Żydówką, a brałam udział w mszy. I byłam zaskoczona, że tutaj w czasie mszy wykonywano *Alleluja* Hendla, a Hendel nie był katolikiem tylko protestantem. Ale znam słowa i melodię i cieszyłam się, że mogłam się przyłączyć do chóru. Każdy kto śpiewa dużo w chórze, zna Hendla.

AW: A jaka jest pani opinia na temat prywatnych obserwatoriów astronomicznych?

VT/BC: Są wspaniałe w nauczaniu, ponieważ ludzie którzy je tworzą troszczą się o studentów i skutecznie dzielą się z nimi wiedzą naukową.

AW: Co panią najbardziej urzekło w tym obserwatorium?

VT/BC: Żona dyrektora, Magdalena, jest wspaniałą osobą.

AW: Co jest w niej takiego niezwykłego?

VT/BC: Wspaniale gotuje i jest bardzo miłą osobą. (...) Pierwsza praca, jaką opublikowałam nie była właściwie w dziedzinie astronomii, ale egiptologii.

AW: Skąd takie zainteresowanie?

VT/BC: Właściwie na początku miałam ochotę zostać archeologiem, ale tak się złożyło, że zostałam astronomem, i teraz mam wielu przyjaciół astronomów.

AW: Dlaczego pani zdecydowała się zostać astronomem?

VT/BC: Mój ojciec patrzył na katalog możliwości, czym się można zajmować, na początku była alfabetycznie *art* (sztuka), ale nie jestem utalentowana w tym kierunku, potem była *astronomia* i tak już wyszło.

AW: Byłoby nam bardzo przyjemnie gościć panią w Częstochowie ...

VT/BC: Zazartuję sobie; przyjadę do Częstochowy jak Czarna Madonna mnie zaprosi.

(Wywiad przeprowadzony przez Katarzynę Roman dla Kroniki Pogórza)

Katarzyna Roman (KR): Proszę powiedzieć, dlaczego akurat tutaj powstało to obserwatorium?

Bogdan Wszółek (BW): Ze względu na urodę tego miejsca, na jakąś naturalną przydatność, dookoła las, niebo nad głową, niebo czyste, nie zakłócone światłami miast, bo ich tu blisko nie ma. Wszystko co najlepsze jest tutaj, a że nabyłem tą ziemię, kiedyś przed laty, no to zagospodarowałem ją w ten sposób; nie sadzę buraków, nie sadzę drzewek owocowych, posadziłem obserwatorium astronomiczne.

Marek Karaś (wójt gminy Rzepiennik Strzyżewski): Obserwatorium robi ogromne wrażenie. Podziwiam Państwa Wszółków, ponieważ włożyli tutaj bardzo dużo pracy, żeby to wybudować i doprowadzić do takiego stanu. Jest to jedyne w Polsce takie miejsce. Przyjeżdżają tutaj studenci, mam nadzieję, że uczniowie różnych szkół, także naszych, będą tutaj zdobywać i rozwijać swoje pasje astronomiczne, a także nauk ścisłych.

Roman Łucarz (starosta tarnowski): Przerosło to moje najśmielsze oczekiwania i to co myślałem, że będzie to jakieś niewielkie obserwatorium położone gdzieś na uboczu, no rzeczywiście jest na uboczu, ale w takim miejscu, które myślę jest bardzo dobre do obserwowania Wszechświata, ale to co tutaj jest zbudowane to rzeczywiście budzi wielki mój podziw, wielki mam szacunek

dla pana dr. Wszółka, że postanowił jakby, to swoje życie, poświęcić takim właśnie zagadnieniom, poznawania Wszechświata.

(Virginia Trimble): I am impressed by everything that Bogdan has done, the observatory, the ceremony, the telescopes, its wonderful!



Roman Łuczak i Marek Karaś podczas uroczystości otwarcia.

KR: Jakie uczucia towarzyszą panu dzisiaj, tyle tutaj znamienitych gości, publiczność dopisała.

BW: Wszystko dopisało. Zwłaszcza zaskakuje to zainteresowanie osób z daleka. Przyjechali z Poznania, przyjechali z Warszawy, z Kalifornii - w tej chwili wykład ma właśnie Virginia Trimble, dyrektorzy instytutów, prezesi organizacji astronomicznych, listy od rektorów zagranicznych uczelni ...

Mirosław Hermaszewski: Zanim dojechałem do tego obserwatorium to już byłem oczarowany okolicą, tymi miejscowościami bardzo skromnymi, ale bardzo zadbanymi, czystymi, no i ta przyroda jest niesamowita tutaj, no i gościnność, taka nasza, typowa polska, a nie sądziłem, że to obserwatorium będzie miało taki poważny rozmach. Ale to tym bardziej jest godne uwagi, że to jest robione rękami jednego człowieka, pana Bogdana Wszółka, to jest jego prywatne, które znane jest na świecie całym, ale to jest, powiadam, dlatego fantastyczne, bo tutaj młodzież garnie się do tego, to nie jest dyskoteka, a jednak, ile ich przychodzi, oni są ciekawi tajemnic nieba, Wszechświata. Przecież Wszechświat jest tak rozległy i tak wielki, że nie sposób go opisać, a więc możliwości czerpania stamtąd wiedzy są na prawdę też nieograniczone.

KR: Co dalej z obserwatorium, kto będzie mógł z niego korzystać?

BW: Korzystać będzie mógł każdy, tak z serca zainteresowany. Żeby to nie było takie zainteresowanie przelotne, żeby to nie było takie nieokreślone. Ja mam nadzieję, że na przestrzeni niewielu lat wykrystalizuje się grupka prawdziwych miłośników spraw na niebie, i tu się będziemy regularnie spotykać, pod skrzydłami Królowej Jadwigi, i tu będziemy sobie rozmyślać, będziemy się kształcić, samokształcić, doksztalać astronomicznie, uczyć obserwować, no i jakoś tak wzrastać w tej kulturze, w tej kulturze najwyższej, w tej kulturze ukierunkowanej na sprawy nieba.

Podziękowania

Właściciele OAKJ składają serdeczne podziękowanie wszystkim, którzy uczestniczyli w przygotowaniach i w przebiegu dni otwarcia obserwatorium. W szczególności:

- księdzu biskupowi Stanisławowi Salaterskiemu za przewodniczenie uroczystej mszy świętej i poświęcenie obiektu,
- wszystkim księżom koncelebrującym mszę świętą,
- księdzu proboszczowi Piotrowi Witeckiemu za przygotowanie wszystkiego, co było potrzebne do przeprowadzenia nabożeństwa i za doskonale pełnienie honorów gospodarza parafii,
- księdzu Maciejowi Igielskiemu oraz siostrze Kazimierze za duże zaangażowanie w organizację ceremonii otwarcia i poświęcenia obserwatorium.
- wykładowcom: ks. prof. Michałowi Hellerowi, prof. Virginii Trimble, prof. Bożenie Czerny i gen. Mirosławowi Hermaszewskiemu, za przybycie i wspaniałe uświetnienie uroczystości swoimi wystąpieniami, a także mniej formalnymi kontaktami z publicznością,
- przedstawicielom władz samorządowych, którzy przybyli na uroczystość,
- panu Markowi Karasiowi – wójtowi gminy Rzepiennik Strzyżewski – za wieloraką i bardzo znaczącą pomoc (w tym poprawienie drogi dojazdowej, oznakowanie dojazdów, organizacja parkingów),
- radnym Gminy Rzepiennik Strzyżewski, z ich przewodniczącym Zbigniewem Bajorkiem na czele, za podejmowanie decyzji sprzyjających rozwojowi obserwatorium,
- pani Halinie Hołdzie, dyrektorze GOK, która najbardziej zaangażowała się koncepcyjnie, organizacyjnie i wykonawczo w proces przygotowania i przeprowadzenia dni otwarcia obserwatorium,
- wszystkim podległym Panu Wójtowi i Pani Dyrektor GOK pracownikom i lokalnym zespołom artystycznym, że z zapałem pracowali i występowali na rzecz uświetnienia ceremonii otwarcia,
- Renacie Gogoli, Marii Kurzeji, Halinie Hołdzie, Markowi Karasiowi, Jakubowi Hołdzie za wykonanie murali na ścianach kopuły,
- nauczycielom, którzy przyprowadzili grupy młodzieży na otwarcie,
- uczestnikom biegu przełajowego,
- Ryszardowi Witkowi za użyczenie swoich dzieł sztuki,

- Jaromirowi Królowi za organizację wystawy meteorytów,
- Kacprowi Zielińskiemu i Andrzejowi Chwastkowi za przeprowadzenie warsztatów raketowych,
- przedstawicielom wszelkich mediów, którzy z oddaniem gromadzili materiały i nagłaśniali sprawy dotyczące budowy i otwarcia obserwatorium,
- Agacie Kołodziejczyk za ogromne zaangażowanie w organizację i osobiste prowadzenie wszystkich imprez w ramach dni otwarcia obserwatorium,
- Pawłowi Kołodziejczykowi za stworzenie strony internetowej OAKJ,
- Agnieszce Kuźmicz za prace nad logo obserwatorium,
- Arturowi Kuźmiczowi za pomoc w pracach organizacyjnych i porządkowych,
- Piotrowi Beściakowi za nieocenioną pomoc w pracach budowlanych i porządkowych,
- Wandzie i Karolinie Kusiak oraz Klaudii Beściak za wieloraką pomoc koncepcyjną i organizacyjną, zwłaszcza w zakresie poczęstunków,
- Michałowi Gocyle oraz Danielowi Karczmiechowi i Łukaszowi Chajdasiowi za pomoc organizacyjną,
- Dawidowi Rudnickiemu, Pawłowi Kołodziejczykowi i Antoniemu Frodymie za oprawę artystyczną części uroczystości,
- wszystkim, którzy zadbali o gastronomiczną stronę uroczystości, szczególnie Krystynie Roman, która z ogromnym zaangażowaniem pracowała bezinteresownie w sumie przez kilka dni,
- wszystkim uczestnikom dni otwarcia, zwłaszcza tym, którzy przybyli z daleka.

Przy okazji otwarcia obserwatorium należy wspomnieć te wszystkie osoby, które na różnych etapach pomagały je budować i uposażać. Wyrażamy ogromną wdzięczność Andrzejowi Gomulce, Aleksandrowi Dudce, Jackowi Pyzikowi, Tadeuszowi Kierońskiemu, Wiesławowi i Władysławowi Winogrodzkiemu, Józefowi Hołdzie, Kazimierzowi Gomulce, Marianowi Kamińskiemu, Zbigniewowi Bąkowi, Ryszardowi Urbaszewskiemu, Markowi Kiełtyce, Edwardowi, Józefowi, Markowi i Waldemarowi Wszółkom, Wiesławowi Szczerbie, Grzegorzowi, Ryszardowi i Tadeuszowi Firlitom, Stanisławowi Kusiakowi, Grzegorzowi Bryndalowi, Michałowi Drahusowi, Henrykowi Brancewiczowi, Patrykowi Machowi, Bogumiłowi Bubniakowi, Pawłowi Barszczowi, Sławomirowi Surowcowi z rodziną, Janowi Doboszyńskiemu, Pawłowi Radomskiemu, Romanowi Rybie, Jerzemu Walczykowi, Stanisławowi Rysiowi oraz wielu innym osobom, które w jakikolwiek sposób wspomagały siłami umysłów i rąk dotychczasową budowę i organizację obserwatorium.

Nieocenionej pomocy na wszystkich etapach budowy udzieliły nasze dzieci: Agata, Agnieszka i Kamil. Im również wyrażamy tu ogromną wdzięczność.



Astronomowie krakowscy. Od lewej: Marek Jamrozy, Henryk Brancewicz, Stanisław Zoła i Michał Drahus.

Część trzecia

(artykuły popularnonaukowe)



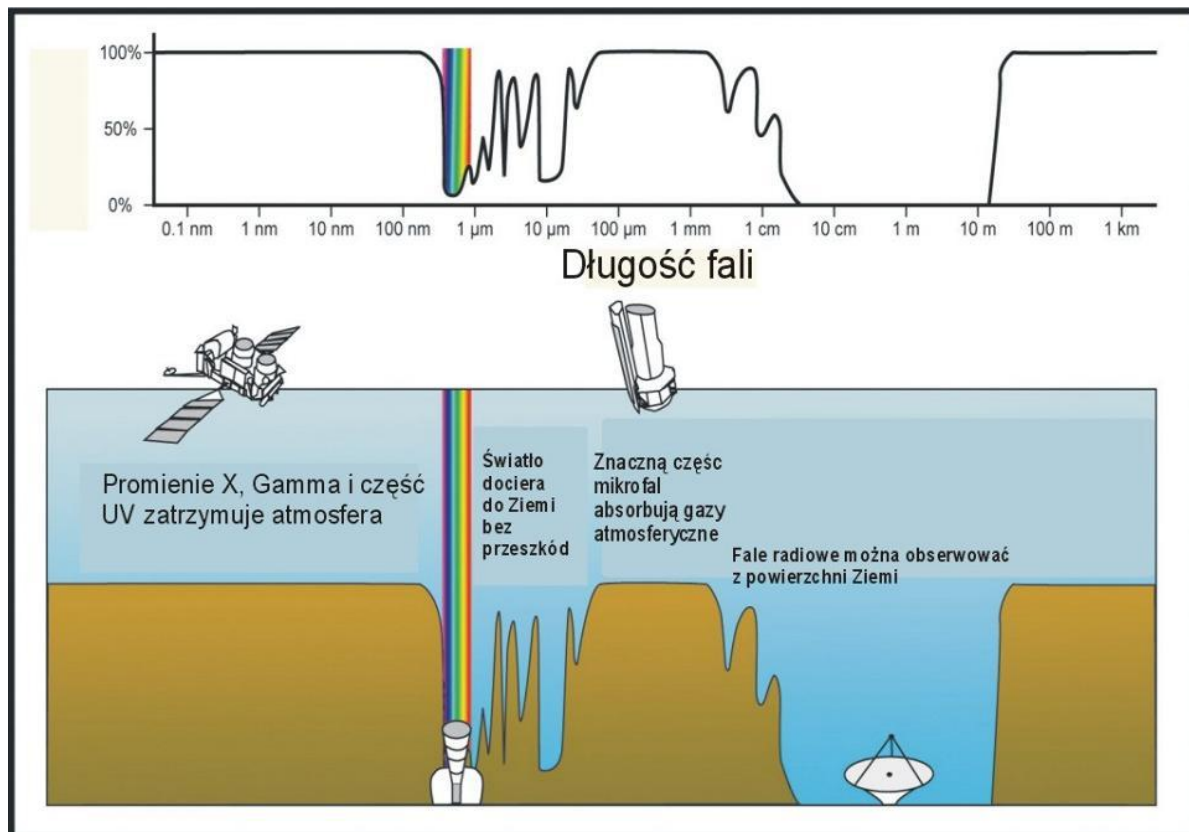
LOFAR – Łazy. Anteny LBA (Low Band Antennas) działające w niższym paśmie 90-110 MHz. (Fot. M. Soida)

LOFAR - teleskop z przyszłości

Leszek Błaszkwicz

Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego

Radioastronomia to dziedzina badań Kosmosu, która narodziła się 80 lat temu i dała nam wiedzę o najciekawszych i najdziwniejszych obiektach i zjawiskach Wszechświata. To radioastronomii zawdzięczamy odkrycie pierwszych planet pozasłonecznych. Dzisiejsza technika sprawia, że dziedzina ta wkracza w zupełnie nowy obszar instrumentalny, gdzie wielkie czasze teleskopów zastępuje się ogromną liczbą prostych i małych anten, sprzężonych ze sobą i gdzie kluczową rolę odgrywają cyfrowe technologie informatyczne i sieć Internet. Ale jak zawsze, trzeba zacząć od początku.



Schemat obrazujący przezroczystość atmosfery ziemskiej dla fal elektromagnetycznych. Okno radiowe rozciąga się dla fal o długościach od kilku milimetrów do kilkudziesięciu metrów.

Historia radioastronomii

W czasie, gdy Albert Einstein (1879 - 1955) był już uznanym fizykiem ze swą Ogólną Teorią Względności, a na szczycie Mount Willson przy pomocy stucalowego teleskopu optycznego Edwin Hubble (1889 - 1953) dokonywał swych pomiarów odległości galaktyk i odkrywał ich ucieczkę, trwały prace nad doskonaleniem technik przekazu informacji na falach radiowych. I właśnie pod-

czas takich prac badawczych, prowadzonych dla Bell Telephone Laboratories, Karl Jansky (1905 – 1950) odkrył, a później opisał, promieniowanie radiowe docierające do Ziemi od Drogi Mlecznej. Zdarzenie to, które miało miejsce latem 1931 roku, uznawane jest za początek radioastronomii. W tym momencie drugie najważniejsze dla astronomów *okno atmosferyczne* zostało otwarte.

Przed II wojną światową z antenami kierunkowymi o klasycznym kształcie paraboloidy eksperymentował inżynier Grote Reber (1911 - 2002), ale rozkwit radioastronomii nastąpił dopiero pod koniec lat 40-tych i później. Budowano coraz lepsze odbiorniki, które instalowano na coraz większych instrumentach. Pozwalało to na obserwacje coraz słabszych źródeł promieniowania radiowego. Jednak czułość (która jest zależna od powierzchni głównego zwierciadła radioteleskopu) to nie wszystko. Ważna jest też rozdzielczość instrumentu, którą determinuje jego średnica. Niestety, przy tej samej średnicy teleskopu dla fal dłuższych zdolność rozdzielcza drastycznie spada. Dlatego nawet największe radioteleskopy mają ten parametr gorszy od małych amatorskich teleskopów optycznych.

Potęga interferometrii radiowej

Na szczęście radioastronomowie poradzili sobie z problemem małej zdolności rozdzielczej instrumentów. Sir Martin Ryle (1918 – 1984), jako pierwszy, przeprowadził obserwacje dwiema antenami jednocześnie, a skomplikowane operacje związane ze wspólną analizą odebranego sygnału (zwane syntezą apertury) pozwoliły mu na uzyskanie wyniku takiego, jakby użył teleskopu o średnicy równej odległości pomiędzy antenami. Tak narodziła się technika zwana interferometrią radiową, dziś stosowana powszechnie jako Interferometria Wielkobazowa – VLBI.

Radioastronomowie mają zatem do dyspozycji wielkie teleskopy w pełni ruchome (np. Effelsberg - 100 metrów średnicy) i nieruchome (Arecibo - 305 metrów średnicy, nowo otwarty chiński FAST - 500 metrów). Większość teleskopów pracuje w sieciach VLBI, dając wirtualny instrument o rozmiarach Ziemi. W typowych częstotliwościach używanych przez radioastronomów w obserwacjach VLBI otrzymujemy rozdzielczości, które w pewnym uproszczeniu dają możliwość obserwacji centymetrowych detali na powierzchni Księżyca. Niestety, im dłuższe fale radiowe chcemy obserwować, tym rozdzielczość mniejsza, a na dodatek bardziej przeszkadza nam warstwa atmosfery, zwana jonosferą.

Jonosfera

Każdy widział zapewne jak migoczą gwiazdy. To efekt związany z ruchami powietrza i tworzeniem się obszarów o różnych właściwościach optycznych. Astronomowie chcąc pozbyć się tego efektu albo wysyłają teleskopy optyczne na orbitę, albo budują skomplikowane układy redukujące tę niedogodność,

zwane optyką aktywną. Krótkie fale radiowe przechodzą przez atmosferę bez większych zakłóceń, jednak te powyżej metra ulegają odkształceniom w podobny do światła, aczkolwiek wolniejszy i bardziej wielkoskalowy, sposób.

Do niedawna nasza znajomość jonosfery i możliwość jej modelowania były tak nikłe, że nikt nie wyobrażał sobie obserwacji radiowych na falach o długości powyżej metra przy pomocy interferometrów o bazach dłuższych niż kilka kilometrów. Podobnie było z technologiami przetwarzania wielkiej ilości danych z teleskopów będących fazowym układem wielu prostych dipolowych anten. Na szczęście jedno i drugie stało się możliwe i dlatego narodził się LOFAR.

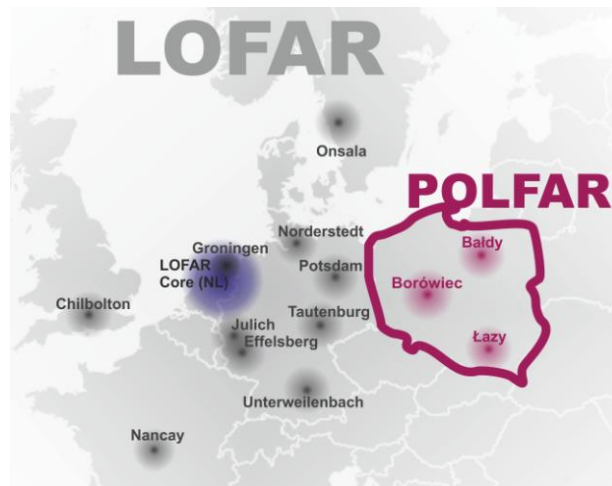
Najnowocześniejszy przyrząd obserwacyjny

Do dziś powstały 52 stacje sieci LOFAR (ang. LOw Frequency ARray), w których zainstalowano łącznie *ponad 100 000 dipolowych anten* z systemami odbiorczymi przystosowanymi do rejestracji fal o długości od jednego do kilkunastu metrów. W skład sieci wchodzi 40 stacji na terenie Holandii (24 stanowią tzw. Core, z czego 6 ulokowano w obszarze nazywanym Superterp) oraz 12 w innych krajach Europy, z czego trzy w Polsce. Pola anten wyglądają niepozornie i w niczym nie przypominają gigantycznych stalowych konstrukcji klasycznych radioteleskopów. Na powierzchni około 2 hektarów ulokowane są pokryte czarną folią skrzynie oraz proste kratownice z dwumetrowymi słupkami (patrz ilustracje). Jednak ta prostota to tylko pozór. 40 km kabli zakopanych pod ziemią, łączących każdy dipol ze skomplikowanym systemem analizatorów digitalizujących sygnał i posyłających go Internetem do korelacji z prędkością 10 Gb/s.

By zachować jednak systematyczność należy napisać, że anteny w stacjach instalowane są w dwóch typach:

- Anteny Wysokiej Częstotliwości (HBA) przystosowane do odbioru fal w zakresie 110 - 250 MHz (3 - 1 metrów), które zebrane są w panelach po 16 par dipoli. Każde pole to 48 lub 96 paneli.
- Anteny Niskiej Częstotliwości (LBA) do odbioru fal w zakresie 10 - 90 MHz (10 - 4 metrów). Każda stacja to 48 lub 96 anten.

W pierwszej oddanej w sierpniu do użytku stacji w Bałdach pod Olsztynem, należącej do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, zainstalowano maksymalną konfigurację, czyli łącznie 3264 dipole. Podobna konfiguracja jest w stacji w Borówcu pod Poznaniem, należącej do Centrum Badań Kosmicznych, zaś stacja Uniwersytetu Jagiellońskiego jest budowana w Łazach koło Krakowa, w nieco mniejszej wersji.



Rozkład stacji LOFARowych na mapie Europy.

Jak działa teleskop LOFAR?

Każdy dipol jest anteną dookólną, czyli "widzi" całe niebo, ale ich układ - dzięki cyfrowemu sterowaniu zapóźnieniami sygnału (fazami) w poszczególnych elementach - może symulować pojedynczy kierunkowy radioteleskop. Ale wówczas pole widzenia takiej anteny (wiązka) jest stokrotnie większe niż w przypadku 100-metrowego paraboloidu obserwującego na 350 MHz.

Jeśli jednak połączymy dwa lub więcej kompletów anten, to wiązka staje się znacznie mniejsza, ale nie to jest najważniejsze. Jeśli bowiem będziemy dysponować odpowiednio szybkim systemem informatycznym, to możemy tak sterować fazami, by jednocześnie tworzyć więcej niż jedną wiązkę. Czyli możemy obserwować w tym samym czasie widzieć wiele obiektów w różnych częściach nieba ponad horyzontem! Teoretycznie całą siecią LOFAR możemy jednocześnie prowadzić 256 niezależnych obserwacji.

Komputery muszą być potężne. Już dziś ilość danych generowana przez stacje w Bałdach wywołuje ruch w Internecie większy niż cały Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, który należy do największych w kraju. Centralny korelator znajdujący się w Holandii, dawniej bazujący na superkomputerze IBM Blue Gene/P z przeszło ćwierć milionem procesorów, a dziś bazujący na klastrze 32 potężnych kartach graficznych NVIDIA Tesla, musi poradzić sobie ze strumieniem około 13 Terabitów danych na sekundę.

Co możemy badać LOFARem?

W Polskich stacjach skupiać będziemy się na obserwacjach pulsarów, do czego system LOFAR nadaje się znakomicie, będąc najbardziej czułym w tych zakresach widma, w których emisja od pulsarów jest najsilniejsza. Badanie Słońca, a co za tym idzie kwestii powiązanych z szeroko pojętą kosmiczną pogodą, jest także jednym z priorytetów całej sieci LOFAR, jak również polskich grup badawczych planujących obserwacje dla polskich stacji. Badanie galaktyk, a szczególnie ich pól magnetycznych, to domena, w której

sukcesy osiągnięte zostały (przez grupę badaczy z UJ) jeszcze przed przystąpieniem Polski do struktur ILT. Oczywiście nie wyczerpuje to tematów jakie są i mogą być domeną astronomów korzystających z tego interferometru, który jest niezwykle wszechstronnym instrumentem. Niezwykle ważnym zadaniem są badania początkowych etapów rozwoju Wszechświata. Linie widmowe wodoru - najpowszechniej tworzącego się w epoce rejonizacji pierwiastka wskutek efektu Dopplera związanego z rozszerzaniem się Wszechświata są możliwe do obserwacji właśnie w przedziale częstotliwości stosowanych przez LOFAR. Jednak to nie wyczerpuje możliwości i pomysłów na użycie systemu LOFAR w badaniach. Podczas interakcji cząstek czy kwantów promieniowania kosmicznego z atmosferą powstaje nie tylko strumień wtórny zmierzający ku Ziemi, ale także długofalowe promieniowanie radiowe. Jednak jedno z ciekawszych zastosowań to informacje powstające niejako przy okazji innych obserwacji w procesie kalibracji. Wiemy już, że fale długie ulegają zniekształceniu w warstwie jonosfery, a proces redukcji danych to usuwanie tych efektów, czego ubocznym skutkiem są doskonałe dane dotyczące stanu jonosfery w kierunku źródła w czasie obserwacji. Wiedza ta jest bezcenna dla badaczy jonosfery, gdyż jej stan ma kluczową rolę w przypadku telekomunikacji satelitarnej.

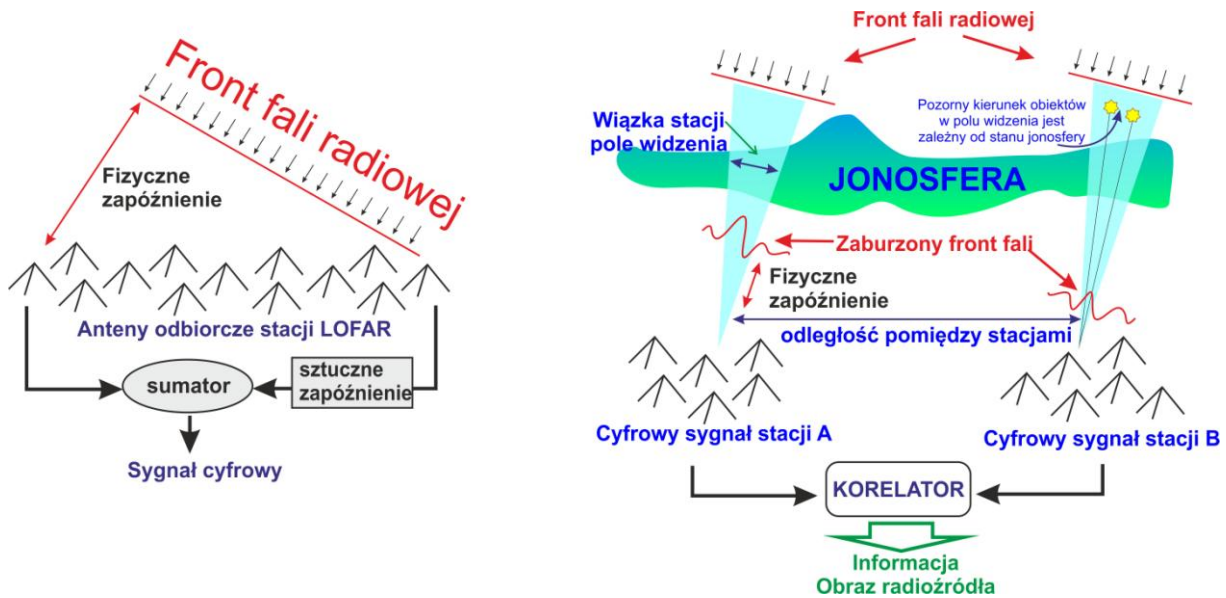
Ostatnią sprawą, o której wspomnieć warto, jest możliwość detekcji promieniowania aktywnych radiowo planet pozasłonecznych (Jowisz jest przykładem takiego obiektu). Co więcej, przypuszcza się, iż LOFAR będzie w stanie 'zobaczyć' nawet księżycy takich planet.

A czym są te dziwne obiekty zwane pulsarami i kwazarami? Postaram się krótko je przybliżyć.

Pulsary

Już w latach trzydziestych Walter Baade (1893-1960) i Fritz Zwicky (1898-1974) sugerowali, że końcowym etapem ewolucji *gwiazd masywnych* może być ich *kolaps* (zapadnięcie się grawitacyjne) prowadzący do *wybuchu supernowej*, w wyniku czego powstanie supergęsta *gwiazda neutronowa*. W niecałe 40 lat później, w roku 1967, dyplomantka z Uniwersytetu w Cambridge Joselyn Bell (ur. 1943), pracująca z Anthonym Hewishem (ur. 1924) zauważyła, prowadząc obserwacje wpływu gazu wyrzucanego ze Słońca na promieniowanie radioźródeł, że na rolce taśmy zarejestrowały się jakieś poszarpane impulsy. Późniejsze obserwacje, pokazujące na fali 3.7 metra wyraźne impulsy o okresie około 1.337 sekundy i powtarzające się z dokładnością do piątego miejsca po przecinku, wstępnie interpretowano jako przejaw istnienia cywilizacji pozaziemskich. Dopiero przebywający w Cambridge Thomas Gold (1920-2004) wspólnie z sir Fredem Hoylem (1915-2001) zinterpretowali sygnał, jako pochodzący od poszukiwanych gwiazd neutronowych. Obecnie tenże historyczny pulsar nosi nazwę PSR1919+21, co tłumaczy się jako *Pulsating*

Source of Radio (pulsujące źródło radiowe) plus skrótowe oznaczenie współrzędnych na sferze niebieskiej.



Schematy ideowe LOFARa.

Czymże są owe tajemnicze pulsary i jakie są mechanizmy wysyłania ultra-dokładnych impulsów radiowych? Tak jak już napisałem przewidywano, że końcowym etapem ewolucji gwiazd masywnych powinna być gwiazda neutronowa – wynik kolapsu materii gwiazdy o masie kilku, czy kilkunastu mas Słońca do ciał o średnicy ledwie 10 km. Większość masy zostaje wyrzucona w przestrzeń siłą eksplozji, a pozostała masa (~1.4 masy Słońca) tworzy gwiazdę o gęstości 100 milionów ton na cm^3 . Pole magnetyczne gwiazdy zostaje ściśnięte w małym obszarze, co powoduje, że jego natężenie staje się bilion (10^{12}) razy silniejsze od ziemskiego. Okres rotacji gwiazdy, w zgodzie z zasadą zachowania momentu obrotowego, przybiera wartości od kilku sekund do milisekund. Nagromadzona energia znajduje ujście w pobliżu biegunów magnetycznych gwiazdy w postaci wąskich wiązek promieniowania, głównie radiowego, ale obserwuje się także impulsy w dziedzinie optycznej, rentgenowskiej, a obserwowana pulsacja jest efektem latarni morskiej – impuls rejestrujemy, gdy wiązka promieniowania omiata detektor promieniowania.

Obserwacje pulsarów i ich analiza doprowadziła nas nie tylko do poznania najbliższego otoczenia gwiazdy neutronowej i procesów powstawania emisji, ale także pozwala na snucie domysłów związanych z jej wewnętrzną budową.

Kwazary (radiogalaktyki)

Obserwacje radiogalaktyk, prowadzone od lat pięćdziesiątych w kilka lat później uzyskały taką dokładność wyznaczenia położenia, że można było utożsamiać źródło radiowe z odpowiednikiem optycznym. Pewna ilość odle-

głych radioźródeł nie miała jednak odpowiedników w postaci pozostałości po wybuchach supernowych czy radiogalaktyk. W polu widzenia radioteleskopów obserwujących te źródła znajdowały się tylko gwiazdy. W 1960 roku Allan Sandage (ur. 1926) z Obserwatorium Mount Wilson i Palomar ogłosił, że w miejscu silnego źródła radiowego 3C48 znajduje się jasna gwiazda i towarzysząca jej smuga. Analiza widma pokazała, że jest ono niepodobne do widm gwiazdowych. Trzy lata później podobnej identyfikacji dokonano dla źródła 3C273 i stwierdzono, że linie wodoru przesunięte są w widmie w stronę czerwonego krańca tak, że parametr $z = 0.16$ ($z = \Delta\lambda/\lambda$). Ponowna analiza widma gwiazdy przypisanej radioźródłu 3C48 pokazała przesunięcie ku czerwieni $z = 0.38$, co sugerowało bardzo dużą prędkość ucieczki. Badania późniejsze pokazały, że przesunięcia widm kwazarów przekraczać mogą $z = 5$.

Wkrótce obserwacje doprowadziły do powstania pojęcia AGN – aktywne jądra galaktyk (z ang. *Activ Galactic Nuklei*), które charakteryzują się silną emisją promieniowania. Aby uświadomić jak potężnymi są źródłami, podam, iż typowe energie emitowane przez zwykłe galaktyki wynoszą 10^{37} erg/s ($1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$), natomiast galaktyki aktywne emitują 10^{40} erg/s , a w przypadku silnych radiogalaktyk i kwazarów nawet 10^{45} erg/s . Materiał obserwacyjny pozwolił na wyłonienie modelu, który klasyfikował źródła. Według tegoż modelu jądro AGNu stanowi masywna czarna dziura otoczona wirującą wokół materia, tworzącą dysk akrecyjny przypominający obwarzanek.

Silna grawitacja i pole magnetyczne powodują, że w kierunku osi rotacji czarnej dziury emitowane są z prędkościami podświetlnymi strumienie plazmy, tworzące wydłużone struktury zwane dżetami. Na ich końcach, gdzie materia wypływającej strugi zderza się z materią przestrzeni międzygalaktycznej, powstają płyty, silnie emitujące promieniowanie (głównie radiowo, ale także i w innych zakresach); czasami widoczne są też gorące plamy – silnie świecące obszary na styku ośrodków.

Opisany wyżej model jest podstawą podziału morfologicznego AGNów: gdy patrzymy na nie z boku, mamy do czynienia z radiogalaktyką, patrząc w kierunku dżetu widzimy obiekt jako zmienne, jasne źródło zwane lacertydą lub blazarem, patrząc zaś pod pewnym kątem mamy do czynienia z kwazarem.

Istnieją też inne podziały; najbardziej powszechny jest podział związany ze strukturą widma danego radioźródła (a więc mechanizmami emisji i jej intensywnością). Źródła z widmem płaskim, to zdominowane termiczną emisją jądra CFS (Compact Flat Spectrum – zwarte z płaskim widmem). W źródłach z widmem stromym dominuje emisja synchrotronowa, a dzielimy je biorąc pod uwagę rozmiary: do 1 kpc – CSO (Compact Symetric Objects – zwarte symetryczne obiekty), 1 – 15 kpc – MSO (Medium-sized Symetric Objects – symetryczne obiekty o średnich rozmiarach) oraz powyżej 15 kpc – LSO

(Large-sized Symetric Object - symetryczne obiekty o dużych rozmiarach). 1 kpc to 1000 parseków (pc), 1pc = 3.26 roku świetlnego.

LOFAR to dopiero początek

Zbudowanie trzech stacji LOFAR w Polsce to wielki sukces polskiej radio-astronomii, który zawdzięczamy determinacji i ciężkiej pracy. Uwieńczeniem było podpisanie umowy członkostwa w elitarniej grupie ILT (International LOFAR Telescope), co miało miejsce 3 października 2016 w Olsztynie. Nasza obecność w strukturach ILT to wielka nobilitacja, jednak musimy zdawać sobie sprawę, że LOFAR to nie tylko najnowocześniejszy dziś interferometr radiowy, ale także pole doświadczalne, przecierające technologiczne szlaki dla teleskopu rodem z marzeń autorów fantastyki naukowej - Square Kilometer Array (SKA).

Ten interferometr radiowy, będący podobnie jak LOFAR zespołem anten fazowych, ale także tradycyjnych o niewielkich rozmiarach, zostanie ulokowany w Australii oraz Republice Południowej Afryki. Szacuje się, że czułość SKA będzie na tyle duża, by dokonać detekcji sygnału o mocy takiej jak zwykły radar stosowany na lotniskach z odległości 10 lat świetlnych. W planach systemu SKA jest rozmieszczenie tysięcy elementów połączonych między sobą oraz z centrami analizatorów i korelatorów około 100000 km światłowodów. Obserwacje przekonwertowane na sygnał cyfrowy wygenerują w przypadku SKA strumień danych stukrotnie przekraczający ilość danych dziś generowaną w ruchu internetowym.

Nie wspominając nawet o naukowych możliwościach tego instrumentu, którym już poświęcono kilka tomów prac z różnych konferencji, wypada napisać, że za kilka lat marzenia radioastronomów się spełnią.

Astrobiologiczna misja stratosferyczna

Agata Kołodziejczyk^{1,2,3}

¹Europejska Agencja Kosmiczna, Holandia

²Astronomia Nova, fichbio@gmail.com

³Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi, Rzepiennik Biskupi, Polska

[Szczegóły naukowe eksperymentu opisano w artykule na stronie 253 tego kalendarza]

Dnia 25 kwietnia 2015, z płyty lotniska aeroklubu we Włocławku, do górnych granic atmosfery wystartowała międzyuczelniana misja JADE. Pierwsze trzy litery w nazwie misji to inicjały imion członków zespołu (Jędrzej Górski z Politechniki Wrocławskiej, Agata Kołodziejczyk z Uniwersytetu Jagiellońskiego i Daniel Kaczmarz z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego). Ostatnia litera oznacza Eksperyment. Naukowym celem misji było zbadanie, jak różne gatunki mchów reagują na trudne warunki w stratosferze. Chodzi tu o warunki fizykochemiczne jak ciśnienie bliskie zeru, niskie temperatury, wysokie promieniowanie i obecność ozonu.

Zastosowanie żywych organizmów było pionierskim eksperymentem, bowiem badania tej warstwy atmosfery odbywają się przez elektrochemiczne bądź optyczne sondy meteorologiczne wynoszone balonami lub za pomocą monitoringu satelitarnego. Otrzymywane dane dotyczą głównie dziury ozonowej - enigmatycznego monstrum, dzięki któremu rozwinięto na przykład technologię filtrów UV. W przeciwieństwie do szkodliwego wpływu ozonu troposferycznego, ozon znajdujący się w stratosferze chroni życie ziemskie przed szkodliwym promieniowaniem UV. Od niedawna wzrosło zainteresowanie biologią stratosfery, kiedy to sześć lat temu okazało się, że w stratosferze istnieje i rozwija się życie, a gatunki bakterii stratosferycznych są ciekawym modelem do badań astrobiologicznych. Eksperyment JADE dotyczył zbadania wpływu stratosfery na trzy gatunki mchów. W szczególności chodziło o znalezienie takiego gatunku mszaka, który będzie wrażliwy na ozon stratosferyczny, ale odporny na zmiany termiczne, ciśnieniowe i promieniowania. Spośród trzech przetestowanych roślin: *Atrichum*, *Orthotrichum* i *Physcomitrella*, mech *Atrichum* okazał się reagować z ozonem w postaci pojawienia się w tkankach charakterystycznych brązowych komórek z feofityną (produktem rozpadu chlorofilu). Eksperyment ten był pionierskim badaniem dotyczącym biomonitoringu stratosfery, w szczególności wykazania wpływu ozonu stratosferycznego na tkanki żywe.

Szczegółowe informacje dotyczące eksperymentu JADE

Członkowie zespołu: Jędrzej Górski, Maciej Jakimiec, Daniel Kaczmarz, Daniel Karczmit, Agata Kołodziejczyk, Jędrzej Kowalewski i Oldřich Motyka.

Data eksperymentu: 25.04.2015

Czas startu: 10:29 UTC

Czas lądowania: 12.32 UTC

Miejsce startu: Aeroklub w Kruszynie (WGS-84) 52° 35'09".79 N
19° 00'43".38E

Typ balonu: lekki

Średnica balonu: 2-16m

Gaz wypełnienia balonu: wodór

Maksymalna wysokość wzlotu: 28 718 m

Temperatura minimalna: -32°C

Kamery: GoPro, Mobius Camera, HD wing camera

Detektory: Pt1000, BMP085, fotodioda SG-01S

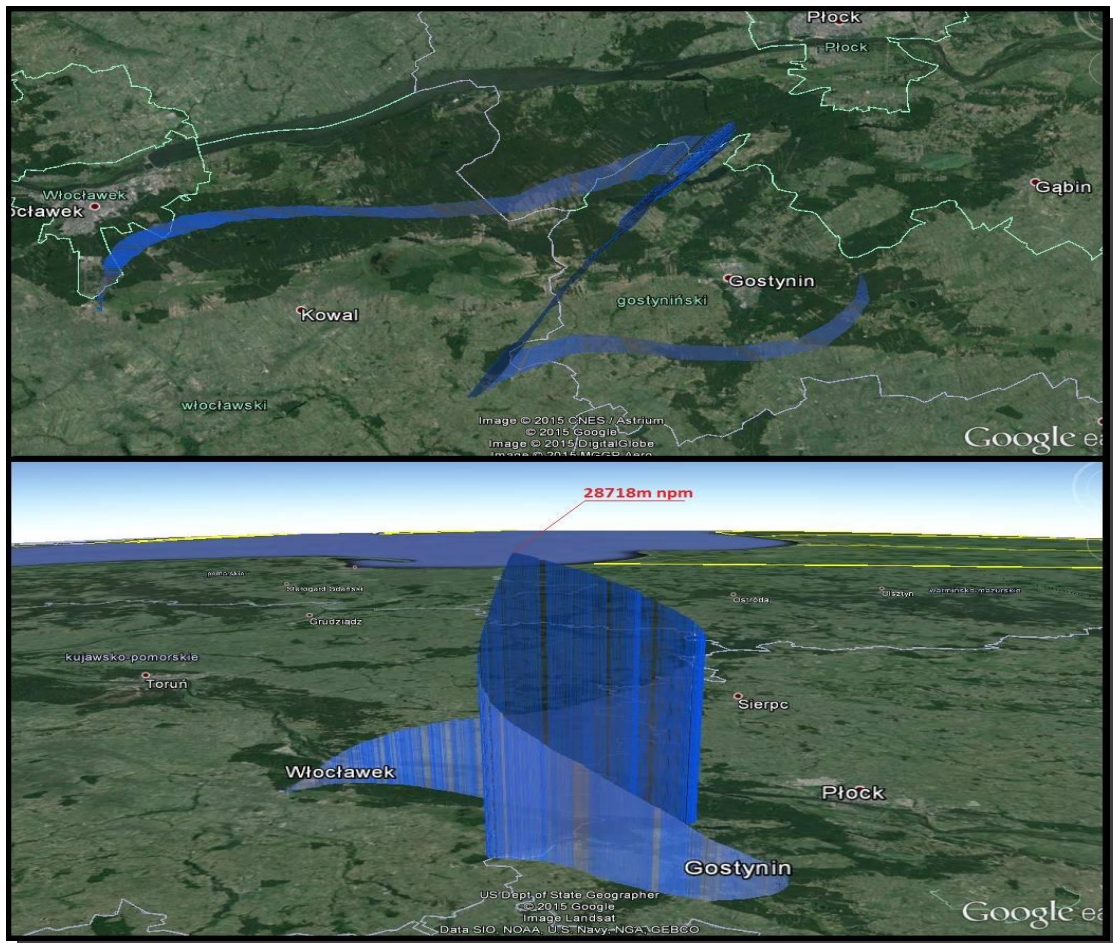
Telemetria: URCEP - Universal Remote Control Experimental Platform



Przygotowania do startu.



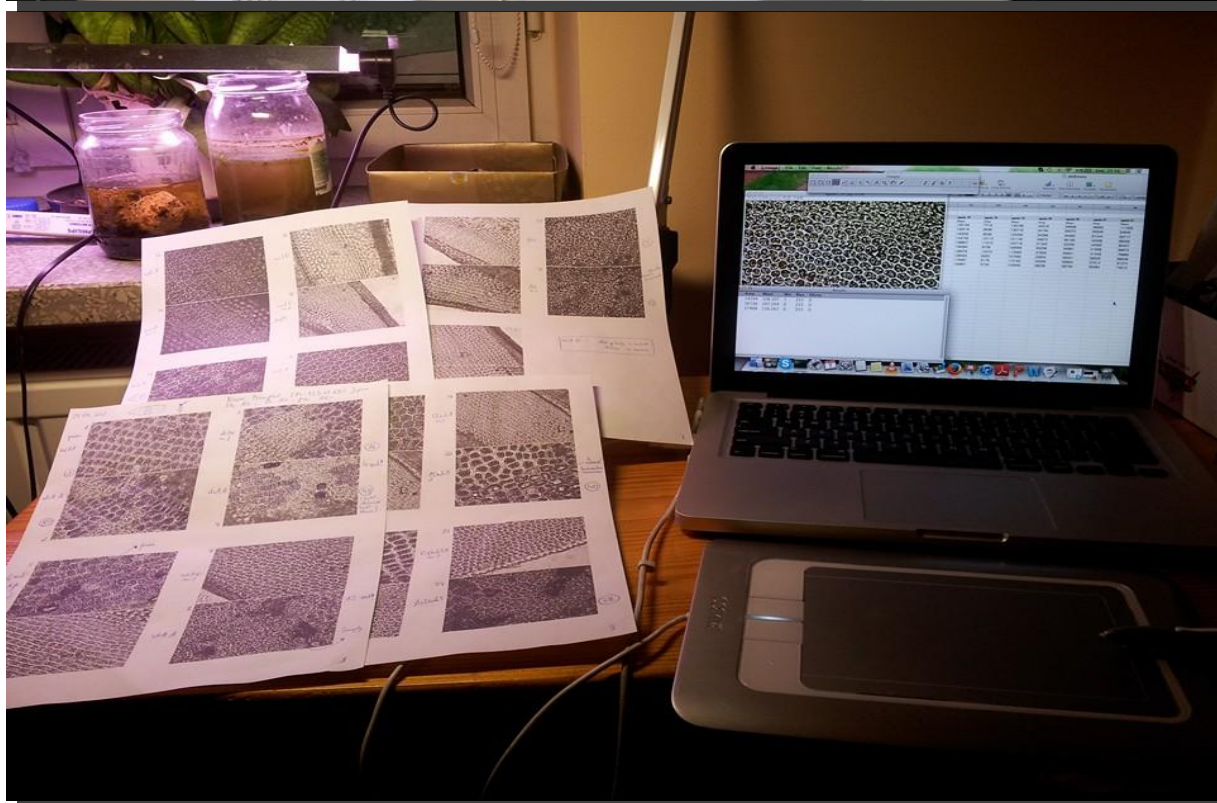
Kapsuła zawierająca mszaki w stratosferze.



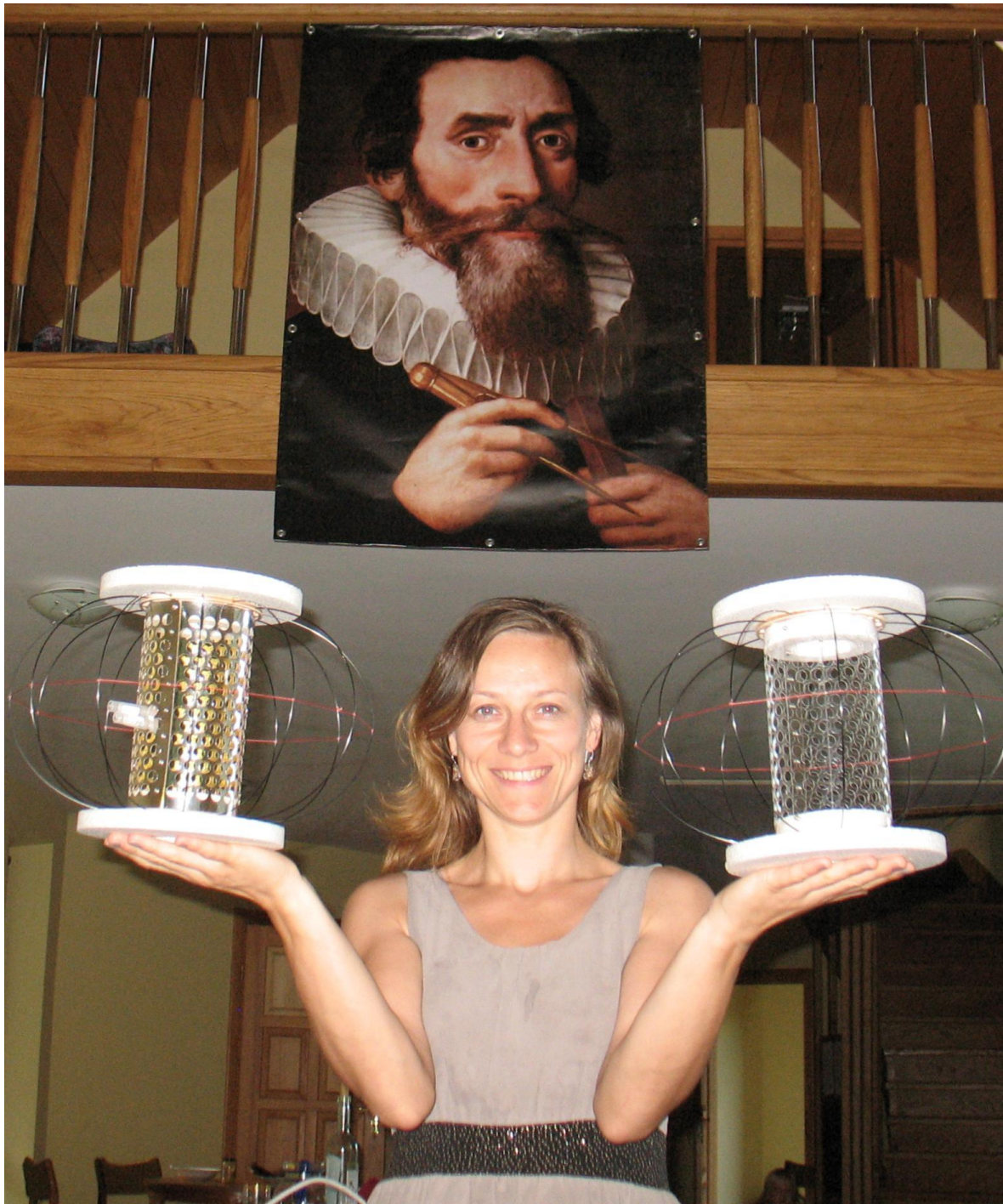
Wizualizacja 3D lotu balonu.



Aparatura po szczęśliwym lądowaniu.



Pierwsze laboratoryjne analizy próbek.



Agata Kołodziejczyk z kapsułami stratosferycznymi.

Tranzyty Merkurego

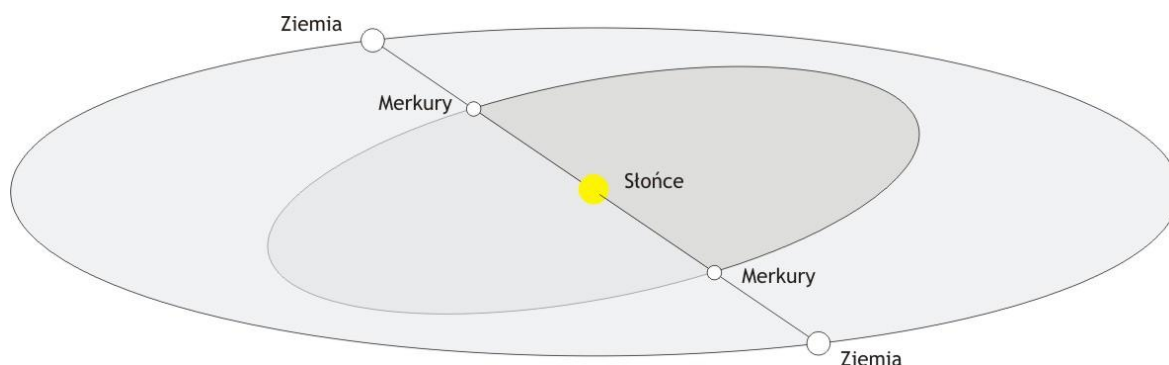
Artur Leśniczek

PTMA, Oddział im. ks. Bonawentury Metlera w Częstochowie

Tranzyt jest zjawiskiem, podczas którego jedno ciało niebieskie przesuwa się na tle innego. W przypadku Merkurego o tranzycie mówimy, kiedy planeta przechodzi przed tarczą słoneczną. Znajdujący się na Ziemi obserwator, może na tle Słońca zobaczyć jedynie dwie planety wewnętrzne, Merkurego i Wenus.

Średnica Słońca wynosi niecałe 1 400 000 km, Merkurego natomiast 4879 km. Z powodu ogromnej różnicy rozmiarów planeta jest widoczna na tle dużej jasnej tarczy gwiazdy, jako niewielka okrągła ciemna plamka. Fakt, że Merkury znajduje się wtedy, raz niecałe 50 mln km, a innym razem prawie 70 mln km bliżej niż Słońce, nie zmienia znacząco proporcji wielkości ich tarcz.

Aby wystąpił tranzyt, Merkury musi znaleźć się dokładnie między Ziemią, a Słońcem. Nie zachodzi to za każdym razem, kiedy Merkury wyprzedza naszą planetę na swojej orbicie, co dzieje się co najmniej 3 razy w roku, ponieważ jej płaszczyzna jest nachylona pod kątem 7° do płaszczyzny ekliptyki czyli orbity po jakiej porusza się Ziemia. Tranzyt występuje gdy obydwie planety znajdują się w tym samym czasie na linii przecięcia się ich orbit.



Jak widać na powyższym rysunku tranzyt może wystąpić w dwóch momentach w roku, a dokładniej w okolicach 8 maja i 10 listopada. Jeśli w tych dniach Merkury przechodzi przez węzeł zstępujący (w maju) lub wstępujący (w listopadzie) to może wystąpić tranzyt. Węzły te są miejscami na orbicie Merkurego, w których przecina ona płaszczyznę ekliptyki. Majowe tranzyty występują, kiedy Merkury jest w okolicach aphelium orbity. Znajduje się wtedy 70 mln km od Słońca i porusza się z prędkością 38 km/s. Podczas tranzytu w listopadzie planeta przesuwa się w pobliżu peryhelium, z prędkością 59 km/s w odległości 46 mln km. Takie parametry orbity w połączeniu ze wspomnianym wcześniej dużym nachyleniem do ekliptyki sprawiają, że tranzyty w obu terminach różnią się.

W czasie majowego tranzytu Merkury jest bliżej Ziemi i jego tarcza jest trochę większa niż w listopadzie. Główną różnicą jest jednak to, że listopadowe tranzyty występują prawie dwa razy częściej niż majowe. Składają się na to dwa czynniki. Podczas listopadowego tranzytu planeta porusza się szybciej, dzięki czemu pokonuje dłuższą drogę, przez co zwiększa się prawdopodobieństwo, że na tej drodze znajduje się linia łącząca Ziemię i Słońce. Będąc wtedy również bliżej naszej dziennej gwiazdy, zwiększa się również obszar przestrzeni, w którym Merkury jest widoczny na jej tle.

W ciągu stulecia tranzyty Merkurego występują średnio 13 razy. W listopadzie tranzyty powtarzają się w okresach 7, 13 i 33 letnich, podczas gdy w maju 13 i 33 letnich.

W najbardziej korzystnych warunkach tranzyt może trwać do 8 godzin. Średnio biorąc tranzyty w listopadzie są krótsze od majowych z powodu szybkiego ruchu planety w pobliżu peryhelium.

Podczas listopadowego tranzytu Merkury będąc dalej od naszej planety ma rozmiar kątowy 10", czyli mniej niż w drugim przypadku, kiedy jego średnica wynosi 12".

Podczas tranzytu wyróżniamy cztery kontakty tarcz Słońca i Merkurego. Pierwszy kontakt występuje, gdy tarcza planety styka się po raz pierwszy ze słoneczną. Drugi, kiedy tarcza planety w całości zaczyna być widoczna na tle Słońca. Trzeci, w czasie gdy planeta zaczyna wystawać poza tarczę słoneczną. Czwarty, to moment ostatniego styku obu tarcz. Krótco po trzecim i przed czwartym kontaktem brzegi tarcz zamiast być rozdzielone wydają się ze sobą połączone. Nazywamy to efektem czarnej kropli. Utrudnia on wyznaczenie dokładnego czasu wystąpienia tych kontaktów. Podczas niektórych tranzytów trzeci i czwarty kontakt może w ogóle się nie pojawić. Dzieje się tak, gdy planeta przesuwa się wzdłuż brzegu tarczy słonecznej i po pierwszym kontakcie następuje od razu czwarty. W takich przypadkach może się zdarzyć, że w niektórych miejscach na Ziemi będzie się dało zaobserwować wszystkie kontakty, a w innych tylko dwa.

Zjawisko zwane precesją peryhelium orbity Merkurego powoduje, że orbita ta zmienia swoje ułożenie w przestrzeni powoli obracając się wokół Słońca. Razem z peryhelium przesuwiają się węzły orbity, a razem z nimi okresy widoczności tranzytów. Przed rokiem 1500 występowały one w kwietniu i październiku.

Po raz pierwszy tranzyt Merkurego obserwował francuski astronom Pierre Gassendi 7 listopada 1631 roku. Stało się to możliwe dzięki wydaniu w 1627 roku Tablic Rudolfskich przez Johannesę Keplera, które w najdokładniejszy do tamtej pory sposób opisywały ruch planet. Gassendi podjął też miesiąc później próbę zaobserwowania tranzytu Wenus, przewidzianego również na podstawie tablic. Czas wystąpienia nie był wystarczająco dokładnie znany i wystąpił kiedy w Europie była noc.

Kolejne obserwacje tranzytów Merkurego zostały wykonane między innymi przez: Jeremy'ego Shakerly'ego 3 listopada 1651 roku, Christiana Huygensa 3 maja 1661 roku, Edmunda Halley'ego 7 listopada 1677 roku. Kapitan James Cook i astronom Charles Green 9 listopada 1769 roku obserwowali tranzyt w Nowej Zelandii z Zatoki Merkurego, którą w ten sposób nazwał Cook. Została tam postawiona tablica pamiątkowa z informacją o obserwacjach. Green jest uznawany za pierwszą osobę, która stwierdziła, że Merkury posiada co najwyżej cienką atmosferę albo jej nie ma. Taki wniosek Green wysnuł z tego, że na tle Słońca tarcza planety była ostro zarysowana.

Obecnie obserwacje tranzytów nie mają większego znaczenia naukowego. Inaczej było w dawnych czasach. Edmund Halley zaproponował metodę obliczenia odległości Ziemi do Słońca przy pomocy tranzytu. Do obliczeń jest potrzebna znajomość czasów trzeciego i czwartego kontaktu uzyskanych z obserwacji z dwóch miejsc. Ze względu na mały rozmiar tarczy Merkurego i ograniczenia obserwacyjne, między innymi efekt czarnej kropki, dokładność tych obserwacji była niewystarczająca. Metodę tę postanowiono zastosować, w zapewniających większą dokładność, ale występujących dużo rzadziej, obserwacjach tranzytów Wenus.

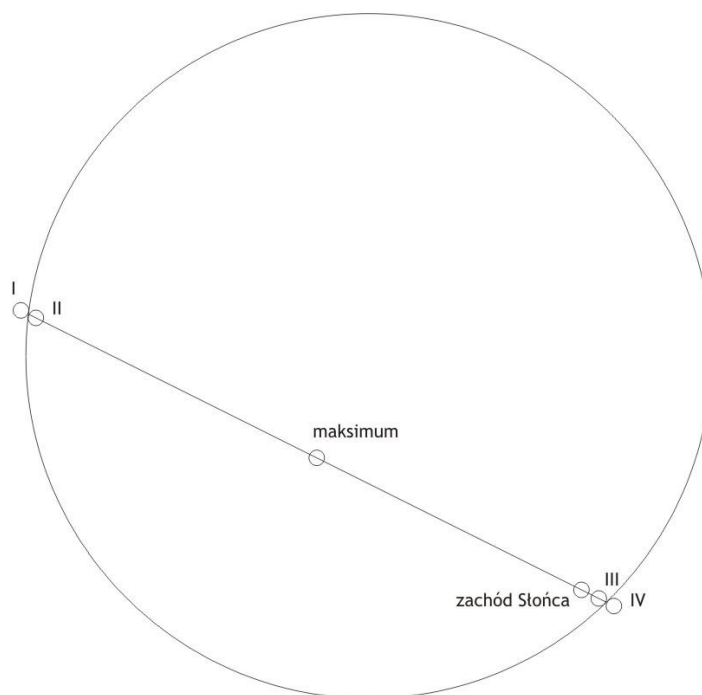
W kontraście do obserwacji historycznych, w czasach współczesnych zaobserwowano tranzyt Merkurego z Marsa. Obserwacje takie przeprowadził łazik Curiosity 3 czerwca 2014 roku. Z Marsa tranzyty są widoczne w innym czasie ponieważ w innym miejscu przecinają się płaszczyzny orbit obu planet.

Najbliższy tranzyt Merkurego ma wystąpić 9 maja 2016 roku. Większość zjawiska będzie widoczna z Częstochowy. Pod koniec Słońce schowa się pod horyzontem, uniemożliwiając zobaczenie trzeciego i czwartego kontaktu. W momencie maksimum, czyli największego zbliżenia się środków obydwu tarcz, znajdą się one od siebie w odległości kątowej $5'18''$.

Obserwacje tranzytu planety można przeprowadzać tak samo jak obserwacje Słońca. Najbezpieczniejszą metodą jest rzutowanie obrazu z lunety lub teleskopu na biały ekran ustawiony za okularzem. Powinien być on odpowiednio umocowany do teleskopu, tak żeby przesuwał się wraz z nim. Dobrze jest go też częściowo zacienić, aby ograniczyć światło padające z boku, dzięki czemu uzyskamy wyraźniejszy, bardziej kontrastowy obraz.

Bezpośrednie obserwacje należy przeprowadzać wyłącznie przy użyciu filtra obiektywowego. Filtry okularowe są niebezpieczne, ponieważ bardzo mocno rozgrzewają się od skupionych promieni słonecznych. Bardzo tanim, a jednocześnie dobrym, filtrem obiektywowym jest folia mylarowa. Filtry szklane też dają dobre efekty, ale są droższe.

Poniżej zamieszczono szkic obrazujący tranzyt z dnia 9 maja 2016 (rozmiar tarczy Merkurego zawyżono dla poprawy czytelności rysunku) oraz tabelę ze szczegółami dotyczącymi zjawiska.



| | Czas dla Częstochowy | Czas dla ustawienia geocentrycznego |
|-------------|----------------------|-------------------------------------|
| I kontakt | 13:11:59 | 13:12:19 |
| II kontakt | 13:15:11 | 13:15:31 |
| maksimum | 16:56:01 | 16:57:26 |
| III kontakt | niewidoczne | 18:39:14 |
| IV kontakt | niewidoczne | 18:42:26 |

Joseph Weber

Virginia Trimble^{1,2}

¹Professor of Physics and Astronomy, University of California, Irvine CA 92697 – USA

²Honorary Staff Member of Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepliennik Biskupi, Poland



Joseph Weber (1919-2000)

Joseph (Yonah ben Yakov) Weber was born in Paterson, New Jersey, on 17 May 1919, the last of four children of Lithuanian-Gallitzianer immigrants Jacob and Lena (Stein) Weber, the original family name of Gerber having been changed to match an available passport. The home language was Yiddish, but a street accident left him unable to talk, and the young Yonah's speech therapist was from Philadelphia, leaving him with an accent that resulted in the family nickname Yankee. His Bar Mitzvah reading was from Ecclesiastes (“vanity, vanity, all is vanity ...”), and he served as a junior cantor until his voice changed to a pleasant, light baritone.

After-school, weekend, and summer work, first as a paper carrier, then a golf caddy, and later in a radio store, persuaded him that mind work was more rewarding than muscle work, and he was a frequenter of Danforth Memorial Library, claiming as an early favorite book Maxwell's *Relative and Absolute Motion* (though later favorites included *Madame Bovary* and *Lost Horizon*).

Joe graduated from Eastside High School and Paterson Talmud Torah, and received a congressional appointment to the US Naval Academy, as a result of scoring very high on a competitive exam, and the only two who scored higher having turned down the appointment. His family never forgot that the congressman came to their home to tell Joe of his success. After a year at Cooper Union in New York, he was old enough to take up the appointment as a member of the class of 1940. He borrowed 100\$ from his older brother for some dental work and clothing required to appear at Annapolis. Weber stood first in his class in “thermodynamics, differential calculus, and other subjects of very little interest to the Navy”, but nearly anchor in what is called “aptitude for the service” (meaning, roughly, social graces). He achieved recognition among his classmates for secretly wiring the mess hall for sound, so that one fine supper time the sounds of Schubert's Great C major Symphony suddenly drowned out voices and clanking dishes. Weber was a ham radio operator from an early age and, eventually, a life fellow of the Institute of Electrical and Electronic Engineers, when the sum of his age and the years he had been a fellow (originally of IRE) added up to 100. As a rope climber on the USNA gymnastics team, he was assigned to the weak squad, but could still make it to the top of a standard Olympic rope in his sixties. Joe fell in love with climbing in the Colorado

Rockies, eventually conquering all the 10 000 foot peaks; he later jogged about five miles a day five days a week until his final illness.

Upon commissioning as an ensign in the summer of 1940, Weber was assigned to the aircraft carrier Lexington under Captain Sherman, who put him to work on navigation, on the basis of his ability to solve spherical triangles. He knew the night sky well the rest of his life, and claimed he could never get lost if he could see the north star. His ship crossed the equator several times, and Joe had a spoof-official certificate declaring this and naming him a “ship-wrecked sailor of the South Seas”.

The Lex was a prime target at Pearl Harbor, but had steamed out on the 6th of December, 1941. She went down in the Battle of Coral Sea (8 May 1942), while Lt. Weber was on watch; many shipmates below deck did not survive. Survivors were picked up by smaller American ships in the area, and Joe said that the last time he saw the Lexington, as she went down, she was “incandescent”. Survivors of that battle, which stopped the advance toward Australia, were, for many years, entitled to a free drink at the Australian embassy in Washington DC on each 8th of May. Joe used part of the payment for “articles lost in a marine disaster” to buy an engagement ring for his high school sweetheart, Anita Straus (BA in physics, Smith College 1939), whom he married later than year. She died in 1971. Lexington survivors were landed briefly on Tonga Tabu, where Joe said, he had his nearest escape from death... he was walking along the beach when a monkey, at the top of palm tree, threw a salvo of coconuts at him.

Returning to the east coast, Weber was given command of the submarine chaster SC690, which ferried convoys back and forth across the Atlantic and eventually was at the front wave of the Sicilian landing on 9 July 1943. One of Joe's favorite remarks was that, if they surfaced, the subs could actually go faster than the chasers, “but the submarines didn't know that”, a remark that can be applied to teaching and other things. The SC690 had rather larger guns than most submarine chasers, the product of Joe's ingenuity when he spotted some unused guns on land. In the event, they were fired in anger only once; the shadow disappeared; and he was never quite sure whether he had killed a large whale or a small submarine. SC690 was equipped with 6 cm radar and a gyrocompass.

At the end of the war, Weber was assigned to “sail a desk”, winding down electronic countermeasures for the Navy, in the process of which he handed out what then seemed like sizable grants to various industrial and research organizations. Several of them offered him positions when he resigned his commission (leaving as a Lt. Commander) in 1948, but he accepted instead a professorship at the University of Maryland. This was initially in electrical engineering. In fact, if you consider that Weber was a member of the Passaic Country Amateur Radio Club from 1927 to 1936 and of the Institute of Radio Engineers (IRE, later part of IEEE) from 1944 to his death, he was at least 13/16th an engineer.

A condition of the U. Maryland appointment was that Weber earn a PhD somewhere in something. Physics was his first choice, and he visited several universities near Maryland asking professors whether they had any interesting problems he could work on. George Gamov, at Washington University asked, “and what can you do, young man?” “I'm a microwave spectroscopist”, said Weber, to which Gamow responded that he didn't know of any interesting problems. This is funny only if you

realize that Gamow's associates Alpher and Herman had recently estimated a radiation temperature of 5 K for microwaves left from the early universe and that Weber already knew about Dicke switching radiometers, the ideal receiver to detect such radiation, which had been developed during the war. Weber therefore went on to the Catholic University of America, receiving a PhD in 1951 for work with Keith Laidler (who later emigrated to Canada and outlived his student) on the inversion spectrum of ammonia. NH_3 is spectroscopically interestingly different for the various possible isotopic combinations besides N^{14} and H^1 . Weber remained at the University of Maryland, moving to the Physics Department in 1961, which in those days actually had a higher salary scale than engineering. He reluctantly accepted emeritus and senior researcher status in 1989, upon reaching the then-compulsory retirement age of 70, though he continued research and some teaching thereafter. From 1973, following his marriage to astronomer Virginia Trimble in 1972, he spent half of each year at the University of California, Irvine, and she spent the other half at the University of Maryland. January to June was California and July to December was Maryland, driven by the semester vs quarter academic schedules at the two places.

The work on measurement of microwave line intensities led to thoughts of amplifiers, very soon after he first heard about the Einstein A and B constants (from Karl Hertzfeld who taught many of the physics graduate courses at Catholic University) Weber realized that they provided a way to build a better one. He gave what seems to have been the first public talk (at the IRE meeting in Ottawa Canada) in the summer of 1952 and published that same year the first open-literature paper on what is now called quantum electronics. His fellowship citation from IRE reads "for his early recognition of concepts leading to the maser", though others got bigger prizes for slightly later recognition of the concepts. Among Joe's papers (now archived at U. Maryland) is a letter from C.H. Townes requesting a copy of Weber's article. Townes wrote that he had a student working on something similar.

Some reading in general relativity in the late 1950s (prompted by a child who kept banging his head against the side of his crib) led Weber to consider how one might make contact between that beautiful theory and laboratory measurements. His book, General Relativity and Gravitational Radiation, was published in 1961, soon translated into Chinese, Japanese, and Russian, and remains the thinnest volume on the topic. The first paper on how to build a gravity wave detector dates from 1966 and the first published data from 1969. The detectors were massive (two-ton) aluminum bars, plus one disk, suspended in vacuum chambers, with piezoelectric (PZT) crystals glued at the middle, with wires leading out. Gravity waves are quadrupoles, rather than dipoles like electromagnetic radiation, and such a wave, striking the bar, would alternately compress and stretch the bar, causing electric signals from the crystals at the bar's resonant frequency, 1660 Hz for most of them. For some time, bars at Maryland were operated in coincidence with one at Argonne National Lab in Illinois, and he air-bounced between the two places quite frequently. I will never forget my first sight of Joe Weber, getting off the plane from Chicago at Los Angeles International airport in February 1972, wearing a heavy, down-stuffed jacket from the Chicago snows. Underneath was a proper suit and tie suitable for sunny California. We married the next month in Rockville, the county seat of Montgomery County Maryland (and then again in May in a local Orange County synagogue,

where I had been singing in the choir and was quickly converted to Judaism, Jews being an endogamous tribe).

Weber's attitude to the experiments was "build the best detector you know how to build, and operate it until you understand what you are seeing". Of the aluminum bars, one was taken by the Smithsonian for Einstein centenary exhibit in 1978 (and is probably still someplace in their back closet) and one was put on exhibit outside the auditorium of the LIGO (Laser Interferometric Gravitational-wave Observatory) facility at Hanford, Washington. Weber's post-doc, Robert L. Forward, built and operated the first free-mass interferometer in the early 1970s, soon after returning to Hughes Research Laboratories. The base provided for stability was a large granite gravestone.

The early published data, indicating that pulses of something were hitting the Argonne and Maryland bars simultaneously, attracted a great deal of attention, and Weber was invited to give an incredible number colloquium talks and meeting presentations and to write encyclopedia articles, and so forth. He received the first Babson award from the Gravity Research Foundation in this time frame. But eventually the physics community did not endorse either the method or the results, and a large majority vote could be assembled for the opinion that "gravitational radiation exists (this had been doubted at one time) and Weber didn't discover it". But when supernova 1987A went off, the only operating detectors were Weber's and a near copy at the University of Rome (soon after turned off). Indeed the 36" bar was filling its last data tape when Joe died, because he had come to suspect that there might be time coincidences between gamma ray bursts and the pulses seen by the bars. Now that GRBs are thought to be the formation of rapidly-spinning black holes, someone might once again want to look for coincidences between them and gravitational wave events!

Most of the time Joe maintained quite a cheerful attitude toward other workers in the field. Ron Drever, the chief designer of proto-LIGO, was always "The Little Scot". And we referred to Weber and his Moscow counterpart, Vladimir Braginsky, as the "Gingham Dog and the Calico Cat", (after an American children's poem, in which The Gingham Dog and the Calico Cat engage in a battle in which they eat each other up).

But he could also be very intense in describing what he was trying to do and why he thought that the bar detectors were recording real events. It is likely that this trait led indirectly to Weber's last major research enterprise. One day we were at lunch at Caltech, sharing a table with a couple of graduate students and Richard Feynman. The latter suddenly tired of hearing about gravity wave detectors and said something along the lines of "Oh, why don't you do something else; look for neutrinos!" The time frame was such that the meaning of Ray Davis's experiments was still uncertain.

Joe took this as serious advice rather than as a form of "stop bothering me". And a couple of months later he had worked out a scheme using single nearly-

perfect crystals of quartz or silicon in a coherent mode somewhat analogous to Mossbauer scattering of gamma rays. The main application would have been to detecting underwater submarines from a distance. This led to a couple of years' of funding from the Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), after all funding for gravity wave detectors had been given to LIGO. One of the crystal detectors was operated in a test mode near the reactor at the National Institute of Standards and Technology until early 2000, and another design looked at the Sun. Again the results were not accepted by the physics community, and the University of Maryland soon repurposed the basement lab space where the detectors had been placed, though the Gravity Research Lab, with the operating bar detectors, remained his until the end.

Weber was a member of the American Astronomical Society, the International Astronomical Union, the Astronomical Society of the Pacific, and the Italian Physical Society, and a fellow of American Physical Society and IEEE. He held two Guggenheim Fellowships (1955, 1962), a National Research Council Fellowship (1955), and a Fulbright Scholarship (1963), and was a visitor at the Lorentz Institute of Theoretical Physics, Leiden (1955), the University of Colorado (1963), and the Institute for Advanced Study Princeton (1956, 1962-63, 1968-69). He received awards from the Washington Academy of Science, the Gravity Research Foundation (First Prize in 1959 essay competition; Babson Award 1970); Sigma Xi (1970); and the New York Academy of Sciences (Boris Pregel Prize 1973). He was elected to the Maryland Engineering Hall of Fame in 1988.

Joe Weber died in Pittsburgh, Pennsylvania on 30 September 2000 and was survived by his three siblings (now all deceased), three sons, six grandchildren, and his second wife, Virginia Trimble. He was predeceased by his first wife and one son. He was, in the words of Act of Congress under which graduates of Annapolis received their commission, "an officer and a gentleman".

I am indebted to Dr. Bogdan Wszolek for the opportunity to record this material, some of which has not appeared anywhere else. There are two books which deal largely with the search for gravitational radiation, Marcia Bartusiak's *Einstein's Unfinished Symphony* (2000, Joseph Henry Press) and Harry Collins's *Gravity's Shadow: the Search for Gravitational Waves* (University of Chicago Press 2004).

The former includes information from several interviews and is reasonably sympathetic; she has made tapes of the interviews available to the oral history collection at the American Center for History of Physics. The papers archived at the University of Maryland do not include a postcard from Vladimir Braginsky, dated New Year's 1970-71, saying that he looks forward to meeting Weber at the Copenhagen GRG meeting in July, 1971 to say that he has "confirmed your results", because I found the postcard long after Joe died. Braginsky did not get his passport/exit visa to attend that meeting, and Joe was called away from it by the death of his first wife.



Joseph Weber and his detector.

Post scriptum

The 1004 people, who constitute the LIGO collaboration, lately posted on arXiv a submitted Physical Review Letter and held a press-briefing in Washington DC. The message is that, on 14 September 2015, both the Hanford Washington and the Livingston Louisiana LIGO detectors recorded pulses of displacement of their masses of the sort expected from the merger of two black holes. Or, as the head of the Hanford facility said, "Ladies and Gentlemen, we have discovered gravitational waves!".

I was present at the invitation of National Science Foundation director France Cordova, partly because we have been friends since she was a graduate student at Caltech, but mostly as Weber's widow. I was not invited to say anything in the formal briefing, though at points in the webcast the back of my head could be seen and my voice could be heard once correcting something one of the formal presenters said. I also chatted at various lengths with several of the science reporters there.

Most of them wanted to know whether the detection improved the chances of achieving time travel (Kip Thorne, one of the official speakers, said "no") or what practical applications there might be. The obvious one, of course, is that any time you develop greatly improved technology, someone will figure out how to greatly improve some process or device (consider the transistor!).

One of the questions was, "What would Weber have thought?" To this I have a sort of answer. First, he had been sure, at least since 1955, that gravitational radiation exists and could surely be measured eventually. Second, that the discovery might have come somewhat sooner if both the bar and the interferometric detectors had been developed in parallel, rather than the latter being allowed to kill the former. And third, for those interested in SETI (the Search for ExtraTerrestrial Intelligence) he occasionally suggested that highly advanced alien civilizations might communicate using neutrinos and/or gravitational waves.

Please see the Phys Rev Letter and other forthcoming LIGO publications for the details of the detection and of the merger of the pair of black holes that produced the signal.

New Horizons – wyprawa ku krańcom Układu Słonecznego

Waldemar Zwierzchlejski

Astronomia Nova

Do roku 1781 Układ Słoneczny zdawał się naszym przodkom znany i stosunkowo niewielki. Słońce, jego centralny punkt, okrążane było przez sześć planet: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz i Saturn. Jeśli nie liczyć komet, które niekiedy przylatywały dosłownie znikąd, oraz kilku księżyców, to było wszystko – dalej miały być już tylko gwiazdy. Pierwszy wyłom w tym schemacie uczynił angielski astronom William Herschel. Obserwowany przez niego od 13 marca 1781 roku niewielki, regularnie przesuwany się obiekt w gwiazdozbiorze Bliźniąt po kilku miesiącach okazał się być nie, jak początkowo podejrzewano, kometą, lecz planetą. Nazwany Uranem, poruszał się dwukrotnie dalej od Słońca niż Saturn, oddalając się od niego na trzy miliardy kilometrów. Okazało się, nie po raz ostatni, że Układ Słoneczny jest znacznie większy, niż sądzono wcześniej.

Historia odkrycia Plutona

Przez czterdzieści lat obserwowano Urana, jednak ze względu na wielką odległość, nie zaobserwowano żadnych szczegółów jego powierzchni. Udało się natomiast odkryć dwa największe księżyce Urana, których ruchy po raz kolejny wspaniale potwierdzały prawa sformułowane przez Keplera i Newtona. Jednak sam Uran zaczął sprawiać problem – wyraźnie nie chciał stosować się do tych praw. Po wydaniu w roku 1821 przez francuskiego astronoma Alexisa Bouvarda precyzyjnych tablic ruchu Urana okazało się, że błąd jest systematyczny i narasta w miarę upływu czasu. Po wykluczeniu błędów rachunkowych, Bouvard sformułował śmiałą hipotezę, że ruch Urana jest zakłócany przez nieznaną planetę, poruszającą się poza jego orbitę. Jednak sprawą zajęto się poważniej dopiero ponad dwie dekady później. Jako pierwszy orbitę hipotetycznej planety obliczył w roku 1843 Anglik John Adams. Wyniki swych prac przesłał astronomowi królewskiemu Georgowi Airy'emu, który zażądał dodatkowych obliczeń. Adams nie spieszył się jednak z ich wysłaniem i w konsekwencji w czerwcu 1846 roku Airy otrzymał wspomniane dane, tyle, że nie od Adamsa, a od Francuza Urbaina Le Verriera, który od roku również zajmował się tym tematem. Airy skojarzył tę informację z tą sprzed dwóch lat i polecił Jamesowi Challisowi, dyrektorowi Obserwatorium Cambridge, zaobserwować nową planetę. Ten podszedł do zadania niestaranie i choć przez wszystkie sierpniowe i wrześniowe noce przeczesywał wskazany obszar, nie znalazł jej (ściślej mówiąc znalazł, jednak nie rozpoznał). Widząc beznadziejność poszukiwań w Anglii, Le Verrier poprosił o pomoc Johanna Galle z Obserwatorium Berlińskiego. List dotarł do adresata w dniu 23 września 1846 roku. Późnym wieczorem tego samego dnia Neptun został zaobserwo-

wany w gwiazdozbiornie Koziorożca, zaledwie 52' od pozycji wskazanej przez Francuza (dane Adama różniły się znacznie, bo aż o 12°)! Co ciekawe, Neptun został zaobserwowany po raz pierwszy jeszcze w roku 1612 przez Galileusza, niestety był w niesprzyjającym położeniu i dysponujący słabiutką lunetą wielki astronom nie rozpoznał go jako planety, jednak zamieścił na stworzonych przez siebie precyzyjnych szkicach z obserwacji. Zresztą także Uran okazał się być widzianym po raz pierwszy jeszcze w roku 1690 przez Johna Flamsteeda. Po odkryciu Neptuna Układ Słoneczny „rozrósł się” o połowę – Neptun krążył w odległości aż 30 j.a. od Słońca. Niezależnie od tych odkryć, w latach 1801-1807, odkryto cztery niewielkie planety, krążące pomiędzy Marsem a Jowiszem. Wprowadzenie lepszego sprzętu obserwacyjnego, a zwłaszcza fotografii, pod koniec pierwszej połowy XIX wieku spowodowało, że odkrycia kolejnych ciał w tym rejonie posypały się, jak z rękawa. Większość z nich była obiektami zbyt małymi, by zasługiwać na nazwę planety, więc ukuto dla nich termin planetoidy, a obszar ich największego występowania nazwano pasem planetoid. Dokładniejsze pomiary pozycji Neptuna zaowocowały powtórką z historii – jego orbita również zaczęła wykazywać istnienie perturbacji, choć tym razem znacznie subtelniejszych. Wielu astronomów uznało, że odpowiedzialna za to jest kolejna nieznaną planetą i rozpoczęto jej poszukiwania. Najbardziej aktywnym stronnikiem jej istnienia był amerykański biznesmen i astronom-amator Percival Lowell, znany z „odkrycia” kanałów na Marsie. Przez ostatnie dziesięć lat życia, poszukiwał od 1906 roku, w swoim obserwatorium w pobliżu Flagstaff (stan Arizona), tzw. „Planety X”. Jego dzieło kontynuowali także inni astronomowie, w tym William Pickering, który na podstawie własnych wyliczeń bezowocnie poszukiwał jej w roku 1919 w Obserwatorium Mount Wilson. Lata mijały, a planety nikt nie znajdował. W roku 1929 w Obserwatorium Lowella we Flagstaff zatrudniony został 23-letni astronom-amator Clyde Tombaugh. Jego praca polegała na wykonywaniu za pomocą 16-calowego astrografu pary zdjęć tego samego obszaru z kilkudniowym odstępem, a następnie porównywaniu ich za pomocą komparatora błyskowego. Oczywiście celem było odnalezienie planety w miejscu przewidzianym przez Pickeringa i Lowella. W dniu 18 lutego 1930 roku Tombaugh porównał dwie płyty, które naświetlił w dniach 23 i 29 stycznia. Znalazł na nich w gwiazdozbiornie Bliźniąt obiekt o wielkości gwiazdowej +15.4 magnitudo, którego pozycja i ruch były w dość dobrej zgodzie z przewidywanymi dla „Planety X” (różnica wynosiła 6°). Po weryfikacji, w dniu 13 marca, wysłał depeszę do Obserwatorium Uniwersytetu Harvard. Dziewiąta planeta została odkryta! Otrzymała nazwę Pluton. Wkrótce ustalono jej orbitę, okazało się wówczas, że znacznie odbiega ona od orbit innych planet. Oczywiście, znajdowała się znacznie dalej niż Neptun, ale nie zawsze. Rzecz w tym, że jej orbita miała bardzo duży mimośród, wynoszący aż 0.25. Powodowało to, że jej odległość od Słońca wahała się od 29.66 do 49.31 j.a.. W tej sytuacji przez pewien okres znajduje się ona bliżej Słońca,

niż Neptun. Nie oznacza to oczywiście, że orbity tych dwóch planet się przecinają, gdyż orbita Plutona jest nachylona do ekliptyki (płaszczyzny okołosłonecznej orbity Ziemi) aż o $17^{\circ}.16$ (orbity pozostałych planet są nachylone do niej maksymalnie o 7°). Nazwa Pluton została oficjalnie nadana nowej planecie 1 maja 1930 roku w wyniku konkursu. Co ciekawe, autorką zwycięskiej nazwy była zaledwie 11-letnia Venetia Burney. Swą propozycję motywowała tym, że skoro planeta jest tak daleko od Słońca, to musi panować tam ciemność i mróz, a to właśnie są atrybuty rzymskiego boga zaświatów (jego greckim odpowiednikiem był Hades). Planeta otrzymała symbol astronomiczny, będący połączeniem liter P i L – nietrudno zauważyć, że były to inicjały Percivala Lowella, choć niektórzy doszukiwali się tu pierwszych liter nazwisk Pickeringa i Lowella. Jakkolwiek było, Układ Słoneczny po raz kolejny rozrósł się, tym razem aż do około 50 j.a.

Przemiarki do misji ku Plutonowi

Pierwszym problemem, jaki pojawił się z Plutonem, było oszacowanie jego masy. Zadanie to jest banalnie łatwe, gdy planeta posiada naturalnego satelitę, gdyż można wówczas zastosować III prawo Keplera do obliczenia masy planety. Jednak w przypadku Plutona nie udawało się takowego odnaleźć, co powodowało konieczność czynienia niepewnych założeń i przybliżeń, jedynie na podstawie obserwowanego blasku. Wiadomo było, że planeta nie należy do gigantów, gdyż w takim przypadku, zwłaszcza po wprowadzeniu do użytku w kolejnych latach znacznie większych teleskopów, dałoby się zauważyć jej tarczę. Początkowo uważano, że jest nieco większa od Ziemi, później, przez wiele lat, a nawet dziesięcioleci, oceniano średnicę Plutona na maksymalnie 8000 km. Problem, o którym mowa, polegał na tym, że tak mała planeta, nawet gdyby była skalista, a wewnątrz miała jądro składające się z żelaza czy niklu, byłaby znacząco za lekka, by spowodować perturbacje obserwowane w ruchu Neptuna. Te wymagały obecności w tym miejscu planety o masie przekraczającą 6-7 razy masę Ziemi. Po analizie problemu Tombaugh doszedł do wniosku, że Pluton nie jest poszukiwaną „Planetą X” i przez kilkanaście lat zajmował się dalszym jej poszukiwaniem. Przecież nie można było wykluczyć, że znacznie dalej znajduje się odpowiednio masywna planeta, która zaburza ruch innych, a sama pozostaje w ukryciu ze względu na ogromną odległość od Słońca. Inną koncepcją było istnienie pierścienia, czy też raczej torusa, w którym poruszałyby się liczne, ale znacznie mniejsze obiekty – składowa ich oddziaływań teoretycznie również mogłaby odpowiadać za obserwowane niezgodności. Obszar ten, od nazwiska jednego z autorów koncepcji, Gerarda Kuipera, nazwano Pasem Kuipera. Problem był jednak w tym, że żadnego takiego ciała nie udawało się zaobserwować i astronomowie zmuszeni byli żyć z tym dylematem. Pierwsza szansa na rzeczywiste ustalenie rozmiarów Plutona pojawiła się w roku 1965. Wówczas to Gary Flandro z Jet

Propulsion Laboratory (JPL) zauważył, że w drugiej połowie lat siedemdziesiątych XX wieku dojdzie do niezwykle interesującego ustawienia czterech planet olbrzymich, to jest Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna. Wykorzystując pola grawitacyjne tych planet, można by skrócić czas przelotu próbnika z Ziemi do Neptuna z trzydziestu, do zaledwie ośmiu czy dziewięciu lat. Ponieważ ustawienie takie powtarza się co około 176 lat, należało się śpieszyć, by nie zmarnować okazji. Łącznie przeanalizowano ponad 10 000 różnorodnych trajektorii lotu próbników, mających wystartować w roku 1977 w ramach zakrojonego z rozmachem „Grand Tour”. Miała w niej wziąć udział flotylla czterech próbników Voyager. Pierwsza para miała zostać wystrzelona na przełomie 1976 i 1977 roku i podążać po trasie Jowisz-Saturn-Pluton, zaś druga w 1979 i skierowana ku planetom Jowisz, Uran i Neptun. Niestety na przeszkodzie stanął budżet NASA, który pozwolił na realizację jedynie dwóch próbników. W dodatku oba miały zbadać jedynie Jowisza i Saturna, a drugi z nich, a i to tylko warunkowo, Urana i – być może – Neptuna. Pluton, do którego szansa dotarcia przez sprawnego jeszcze Voyagera oceniana była jako niewielka (nie przewidywano wówczas, że sondy okażą się niezawodne, funkcjonują przecież do dziś), został poświęcony na rzecz Tytana, największego księżyca Saturna. Niemal dokładnie w tym czasie doszło do niespodziewanego wydarzenia – 22 czerwca 1978 roku James Christy z US Naval Observatory we Flagstaff odkrył, że Pluton posiada księżyc, okrążający go w odległości ok. 20 tys. km, który otrzymał nazwę Charon. Udało się wówczas wyznaczyć średnice i masy obu globów. Wynosiły one odpowiednio 2370 km i 1208 km oraz 1.3×10^{22} kg i 1.6×10^{21} kg. Dużo mniej, niż było wymagane do obserwowanego perturbowania orbity Neptuna. Co więc było jego przyczyną? Dowiedzieliśmy się tego dopiero po przeanalizowaniu wyników pomiarów z sondy Voyager-2, która w sierpniu 1989 roku minęła Neptuna. Okazało się, że obliczona przed ponad stu laty masa Neptuna była zawyżona o 0.5 procenta. Żadnych zakłóceń w ruchu Neptuna po prostu nie było, odkrycie Plutona było zatem dziełem całkowitego przypadku!

Kolejna szansa sondy plutonowej pojawiła się w maju roku 1989, gdy grupa amerykańskich naukowców i inżynierów zawiązała nieformalną organizację „Pluto Underground”. Było to oczywiście nawiązanie do „Mars Underground”, która spowodowała wznowienie badań Marsa przez USA po zakończeniu programu Viking. Grupa przedstawiła szereg koncepcji, zaczynając od zaledwie 40-kilogramowej sondy, mogącej dolecieć w ciągu 5-6 lat do celu. Została ona jednak odrzucona, gdyż niemożliwa okazała się aż tak daleko posunięta miniaturyzacja jej urządzeń. Następna propozycja pojawiła się w roku 1990 i została nazwana Pluto 350, gdyż sonda miała ważyć 350 kg, co nadal było rozwiązaniem dość minimalistycznym. Była to już wspólna koncepcja NASA oraz naukowców z „Pluto Underground”, wśród których główną rolę odgrywali Alan Stern i Fran Bagenal. Misja miała kosztować 543 miliony USD, jednak została uznana przez NASA za obciążoną zbyt wysokim ryzykiem,

przy stosunkowo niewielkim zysku, jaki mogła przynieść. Rok później przedstawiona została koncepcja zrealizowania dużej sondy do Plutona, w ramach programu Mariner Mark II. Dwutonowy olbrzym miał kosztować podatników aż 3.2 miliarda USD. Mariner Mark II miał być uniwersalną platformą dla sond kosmicznych, na jej bazie powstawać zaczął m. in. orbiter Saturna Cassini, w planach było kilka dalszych, niezwykle ciekawych tzw. misji flagowych ku różnym zakątkom Układu Słonecznego. Jednak wraz z nastaniem Daniela Goldina w roli administratora NASA, sytuacja finansowa uległa drastycznej zmianie. Miast wielkich misji flagowych, z budżetem na poziomie 2-3 miliardów USD, agencja musiała zadowolić się realizacją kilkakrotnie tańszych (300 milionów USD) w ramach nowego programu Discovery, którego hasłem było „Better, Faster, Cheaper”, czyli „Lepiej, Szybciej, Taniej”. O wielkiej misji do Plutona można było zapomnieć. W tej sytuacji w roku 1991 ponownie zaczęto rozważać koncepcje minimalistyczne, pod nazwą Pluto Fast Flyby. Jej autorem był Robert Staehle z JPL. Sonda, a właściwie dwie niezależne sondy, miały ważyć zaledwie po 35-50 kg (na aparaturę naukową przypaść miało zaledwie 7 kg), cena misji nie miała przekroczyć 500 milionów USD, nie licząc kosztów wystrzelenia (400 milionów USD). Koncepcja została przyjęta. Jednak w trakcie jej realizacji rosły nie tylko same sondy, lecz także ich zadania, a przede wszystkim budżet. Gdy przekroczył dwa miliardy, Staehle i Stern próbowali ratować misję, rezygnując z jednej sondy, co umożliwiłoby wystrzelenie jej za pomocą taniego (około 50 milionów USD) rosyjskiego Protona, jednak Goldin zakazał tego, proponując w zamian słabiutką Deltę-2, czym w zasadzie wstrzymał przebieg projektu. Tymczasem, po wprowadzeniu do astronomii nowej technologii, jaką były matryce CCD, dokonał się w niej kolejny przełom - w roku 1992 odkryto pierwszy obiekt Pasa Kuipera, a w kolejnych miesiącach i latach odkrywanych obiektów transneptunowych zaczęło przybywać (obecnie znamy ich około tysiąca). Logiczne stało się rozszerzenie misji Pluto Fast Flyby o nowe ciało niebieskie. Tak w roku 1995 zaczęła kreślona być misja znana wprawdzie jako Pluto Express, a potem Pluto Kuiper Express. Masa sondy znów wzrosła (do 175 kg), a jej budżet został ustalony na poziomie 1.4 miliarda USD. Jednak sytuacja znów się powtórzyła – w miarę upływu czasu i wzrostu budżetu malało zainteresowanie nią Goldina, który (rękami dyrektora Wydziału Misji Naukowych Edwarda Weilera) w roku 2000 doprowadził do jej skreślenia, po wydaniu na nią ponad miliarda dolarów. Rozgoryczenie naukowców było ogromne. Rozpoczęli oni lobbowanie ze strony różnych organizacji zewnętrznych (głównie The Planetary Society) na przywrócenie programu. Pod ich naciskiem, oraz przy rekomendacji Naukowego Komitetu Doradczego NASA, Weiler postanowił ustanowić nowy program – pośredni pomiędzy tanim „Discovery” a drogim „Flagship”, który nazwano „New Frontiers”.

Sonda New Horizons

Jeśli ktoś myśli, że problemy z sondą do Plutona na tym się skończyły, jest w głębokim błędzie. Co prawda zespół Alana Sterna został w grudniu 2000 roku „przygarnięty” przez Wydział Kosmiczny Applied Physics Laboratory i miał wsparcie ze strony Centrum Lotów Kosmicznych im. Goddarda oraz Uniwersytetu Stanforda, jednak w finale pierwszej transzy konkursu natrafił na godnych przeciwników. Przeciwno ich projektowi, który został nazwany New Horizons, stanęła grupa Uniwersytetu Kolorado, wspierana przez JPL, Lockheed-Martin oraz Uniwersytet Kalifornijski, która przedstawiła koncepcję misji POSSE (Pluto and Outer Solar System Explorer). W listopadzie 2001 roku zapadł długo oczekiwany werdykt – leci jednak New Horizons! Przedwczesna radość... Nowy administrator NASA, Sean O’Keefe, nie miał zrozumienia dla misji naukowych, jego głównym celem było uzdrowienie zbiurokratyzowanej agencji, która w ostatnim czasie doznała kilku bolesnych porażek. Z budżetu na rok 2003 usunął wszystkie środki, przeznaczone na New Horizons, czym w praktyce po raz kolejny skasował ją. Na szczęście Weiler zachęcił Sterna do wprowadzenia projektu na listę priorytetów naukowych w badaniach planetarnych na lata 2003-13, prowadzoną przez renomowaną Narodową Radę Badań Naukowych, z której zdaniem liczy się nawet administracja Białego Domu. Stern uczynił to tak skutecznie, że New Horizons znalazło się na niej latem 2002 roku na pierwszej pozycji. NASA musiała teraz zapewnić środki na realizację projektu. Start sondy wyznaczono na rok 2006, przelot koło Plutona na 2015, koszt projektu oszacowano na 700 milionów USD. Przed sondą postawiono następujące zadania:

- wykonanie map powierzchni Plutona i Charona,
- scharakteryzowanie geologii i morfologii Plutona i Charona,
- scharakteryzowanie atmosfery Plutona i określenie tempa jej ucieczki,
- poszukiwanie atmosfery Charona,
- wykonanie map termicznych powierzchni Plutona i Charona,
- poszukiwanie pierścieni i satelitów wokół Plutona,
- wykonanie podobnych badań przy jednym lub więcej obiektach Pasa Kuipera.

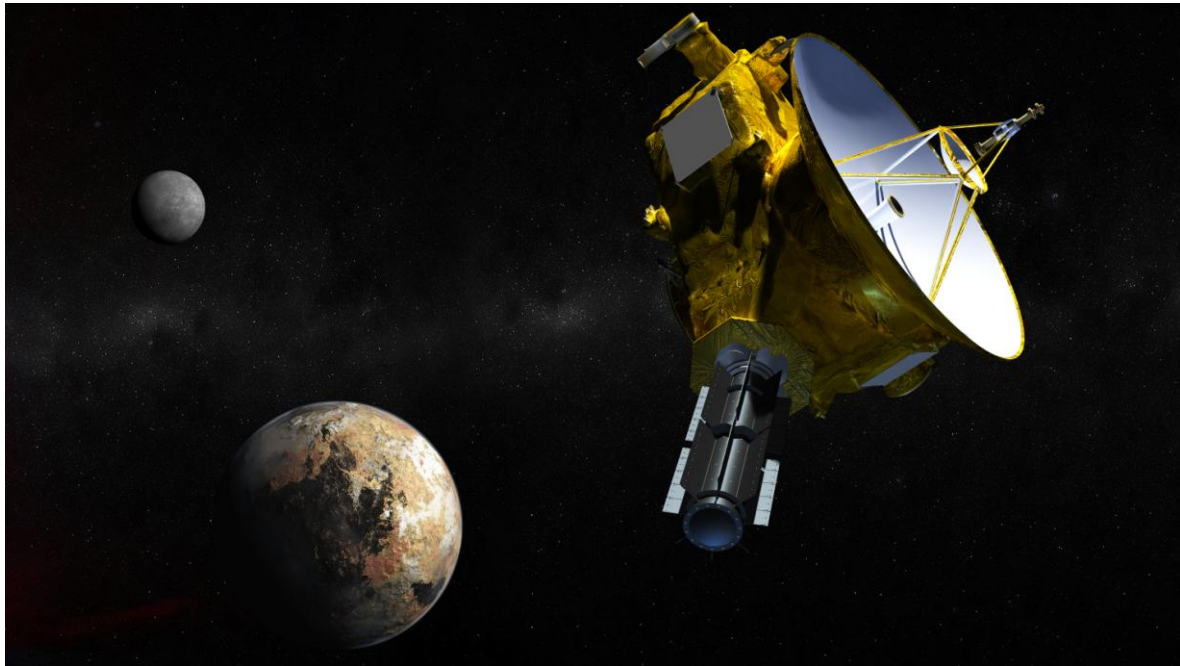
By je zrealizować, umieszczono w niej pięć instrumentów naukowych. Były to:

- LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) - zestaw kamer dalekiego zasięgu i wysokiej rozdzielczości,
- PERSI (Pluto Exploration Remote Sensing Investigation) - szerokokresowy spektrometr do badania składu mineralnego powierzchni, w jego skład weszły: MVIC - imager CCD zakresu widzialnego, LEISA - spektrometr obrazowy bliskiej podczerwieni (oba noszą nazwę Ralph) i Alice - spektrometr obrazowy ultrafioletu,

- PAM (Plasma and High Energy Particle Spectrometer Suite) - zestaw detektorów cząstek naładowanych, w skład którego weszły SWAP (Solar Wind around Pluto) - toroidalny analizator elektrostatyczny i analizator potencjału) oraz PEPSSI (Pluto Energetic Particle Spectrometer Science Investigation) - czujnik jonów i elektronów,
- REX (Radio Science Experiment) - aparatura radiowa do okultacyjnego prześwietlania atmosfery,
- SDC (Student Dust Counter) - detektor pyłu kosmicznego.

Korpus sondy ma kształt graniastosłupa trójkątnego o wymiarach: wysokość 68 cm, długość 211 cm, szerokość 274 cm. Na górnej płaszczyźnie jest zamontowana antena paraboloidalna HGA o średnicy 2.18 m. Wysokość sondy mierzona od podstawy mocowania do szczytu anteny wynosi 220 cm. Struktura sondy została zbudowana z aluminium oraz tytanu, jej głównym zadaniem jest zapewnienie ochrony przed promieniowaniem kosmicznym, promieniowaniem z RTG (Radioisotope Thermoelectric Generator, radioizotopowy generator elektryczny), zapewnienie izolacji termicznej oraz odpowiednie wyważenie próbnika. Na pokładzie umieszczono dodatkowo płytę CD z nazwiskami 435000 osób, które wpisały się na listę chętnych, flagę USA, fragment kadłuba samolotu raketowego SpaceShipOne oraz niewielką urnę, zawierającą jedną uncję (ok. 30 g) prochów zmarłego w roku 1997 Clyde'a Tombaugh. Oficjalnie jako balast dodano też dziesięciocentówkę bitą w stanie Floryda. W jednym z narożników sondy zamontowano pojedynczy RTG, zawierający 9.75 kg dwutlenku plutonu 238, służący jako źródło zasilania. Początkowo dostarczał on 245.7 W, w czasie przelotu koło Plutona generowana moc spadła do 174 W (sonda została zaprojektowana na zużycie energii na poziomie 100 W). Masa startowa sondy wynosiła 478 kg (łącznie z 77 kg paliwa). Sonda posiada osiem par raketowych silników korekcyjnych zasilanych hydrazyną. System napędowy jest zdublowany, cztery silniki o ciągu 4.4 N (i cztery zapasowe) służą do korekt lotu, kolejne cztery (plus cztery zapasowe) zapewniające 0.8 N ciągu służącego do zmiany orientacji przestrzennej sondy. Możliwość zmiany prędkości sondy wynosiła 290-400 m/s. Do komunikacji z Ziemią poprzez system Deep Space Network (DSN) jest używana łączność radiowa w paśmie X. Sonda posiada cztery anteny. Jedna z nich, zabudowana wewnątrz pierścienia mocującego sondę do rakiety nośnej, używana była jedynie w pobliżu Ziemi. Wspomniana już antena HGA znajduje się u góry, ponadto w jej strukturze zabudowane są dwie inne anteny (o średnim uzysku MGA i niskim uzysku LGA). Cały system komunikacyjny - poza główną anteną - jest zdublowany. Prędkość transmisji danych przy sprzyjających warunkach oscyluje w okolicy 700 bitów na sekundę. Sonda stabilizowana jest podczas lotu obrotowo, a podczas przelotów trójosiowo. Do wyniesienia sondy użyto rakiety Atlas V w najsilniejszej wersji 551, jednak nawet ona nie wystarczyłaby do skierowania New Horizons ku Plutonowi,

musiano ją jeszcze doposażyć w trzeci stopień Star-48B o masie 2137 kg. Ten zestaw zapewnił sondzie na końcu fazy napędowej rekordową prędkość 16.26 km/s, będącą większą, niż prędkość ucieczki z Układu Słonecznego (tzw. III prędkość kosmiczna). Okno startowe dla sondy trwało od 11 do 23 stycznia 2006 roku. Gdyby z jakiegoś powodu nie zdołano do tego czasu wystrzelić sondy, kolejne otwierało się rok później. Niestety utracono by wówczas możliwość skorzystania z asysty grawitacyjnej Jowisza, co spowodowałoby dotarcie do Plutona 2-4 lata po pierwotnym terminie.



Sonda New Horizons w pobliżu Plutona i Charona.

W drodze

Zanim jeszcze sonda New Horizons opuściła Ziemię, w maju 2005 roku, przy pomocy Teleskopu Kosmicznego Hubble'a (HST) odkryto dwa kolejne księżyce Plutona, nazwane Nix i Hydra (i znów znana już, nieprzypadkowa zbieżność – ich inicjały są nawiązaniem do skrótu nazwy sondy). Były to niewielkie, nieregularne obiekty, o wymiarach odpowiednio 43×33 i 42×36 km, poruszające się w odległości ok. 49 i 65 tys. km od Plutona. Oczywiście ich badania zostały włączone do programu misji. 24 września 2005 roku sonda została przetransportowana drogą powietrzną na Cape Canaveral. 24 października, podczas przejścia huraganu Wilma przez Florydę, silny wiatr spowodował otwarcie jednego segmentu drzwi hali montażowej Vertical Integration Facility (VIF), w której przygotowywano raketę nośną a niesione wiatrem szczątki lekko wgniotły jedyną zamontowaną dotąd raketę pomocniczą. Została ona wymieniona na nową w końcu listopada. W dniach 4-6 grudnia rakietę nośną została umieszczona na wyrzutni kompleksu startowego SLC-41, gdzie przeprowadzono pełną symulację odliczania, wraz z tankowaniem zbiorników materiałami pędnymi, po czym powróciła do VIF.

13 grudnia sonda wraz z dołączonym stopniem Star-48B została zamknięta w osłonie aerodynamicznej. 16 grudnia NASA zarządziła badania boroskopowe zbiornika paliwa stopnia Atlas z powodu podejrzeń co do ich jakości, co spowodowało przełożenie startu z 11 na 17 stycznia 2006 roku. Badania nie wykazały żadnych uszkodzeń. 17 grudnia sonda została przewieziona z hali PHSF (Payload Hazardous Servicing Facility) do hali VIF, gdzie została połączona z rakieta. 16 stycznia 2006 roku przesunięto raketę z sondą na stanowisko startowe, po czym rozpoczęto jej tankowanie. 17 stycznia z powodu porywistego wiatru start przekładano sześciokrotnie, by, po zamknięciu dziennego okna startowego, odłożyć go na dzień następny. Wówczas również nie doszedł on do skutku, tym razem z powodu spowodowanej burzą awarii zasilania w centrum kontroli misji i został przełożony na dzień kolejny. 19 stycznia nic już nie stało na przeszkodzie - o 19:00:00 UTC silniki Atlasa ożyły i nastąpił wzlot. Faza napędowa trwała prawie trzy kwadransy, dokładnie po 44 minutach i 55 sekundach sonda oddzieliła się od ostatniego stopnia i rozpoczęła lot swobodny. Pomiar wykazały jej wejście na zakładaną trajektorię, nawiązano z nią kontakt i przeprowadzono pełną diagnostykę systemów – wszystko było w normie. Sonda skierowała się ku Jowiszowi, by skorzystać z jego pola grawitacyjnego dla przyspieszenia lotu ku Plutonowi. Dwie pierwsze korekty trajektorii wykonano 28 i 30 stycznia, kolejną 9 marca. 13 czerwca sonda minęła w odległości 102 tysięcy kilometrów planetkę 2002 JF56 o średnicy 2.5 km, co wykorzystano do przeprowadzenia testów systemu nawigacji i otrzymywania obrazów. 29 czerwca eksperyment SDC przemianowano oficjalnie na Venetia Burney SDC. 24 sierpnia okazało się, że sonda nie doleci do planety Pluton – tego dnia na kongresie Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU) w Pradze uchwalono nowe definicje nazw obiektów w Układzie Słonecznym, w wyniku czego Pluton został „zdegradowany” do miana planety karłowatej, a Układ Słoneczny liczy tylko osiem planet. Decyzja ta, choć długo dyskutowana i oczekiwana, wzbudziła wielkie wzburzenie w USA, bo tym samym ich ziomek przestał być jednym z odkrywców planet. Trzeba przyznać, że niektóre kryteria dotyczące przynależności do określonej grupy ciał niebieskich są dość niejasne, jednak wobec masowego odkrywania nowych obiektów w stale poszerzających się granicach naszego układu, konieczne było zaprowadzenie jakiegokolwiek, nawet niedoskonałego, porządku. 21 września przy pomocy LORRI uzyskano – z dystansu 4.2 miliarda km - pierwsze zdjęcie Plutona, przedstawiało ono oczywiście jedynie punkt o rozmiarach jednego piksela. 28 lutego 2007 roku sonda przeleciała koło Jowisza, w odległości 2305126 km od jego powierzchni, co zostało wykorzystane do badań tej planety i jej wielkich księżyców. Po przelocie trajektoria zmieniła się na zakładaną (prędkość zwiększyła się o ok. 4 km/s, do 22.85 km/s), co oznaczało, że spotkanie z Plutonem nastąpi w planowanym miejscu i czasie. 19 marca w głównym

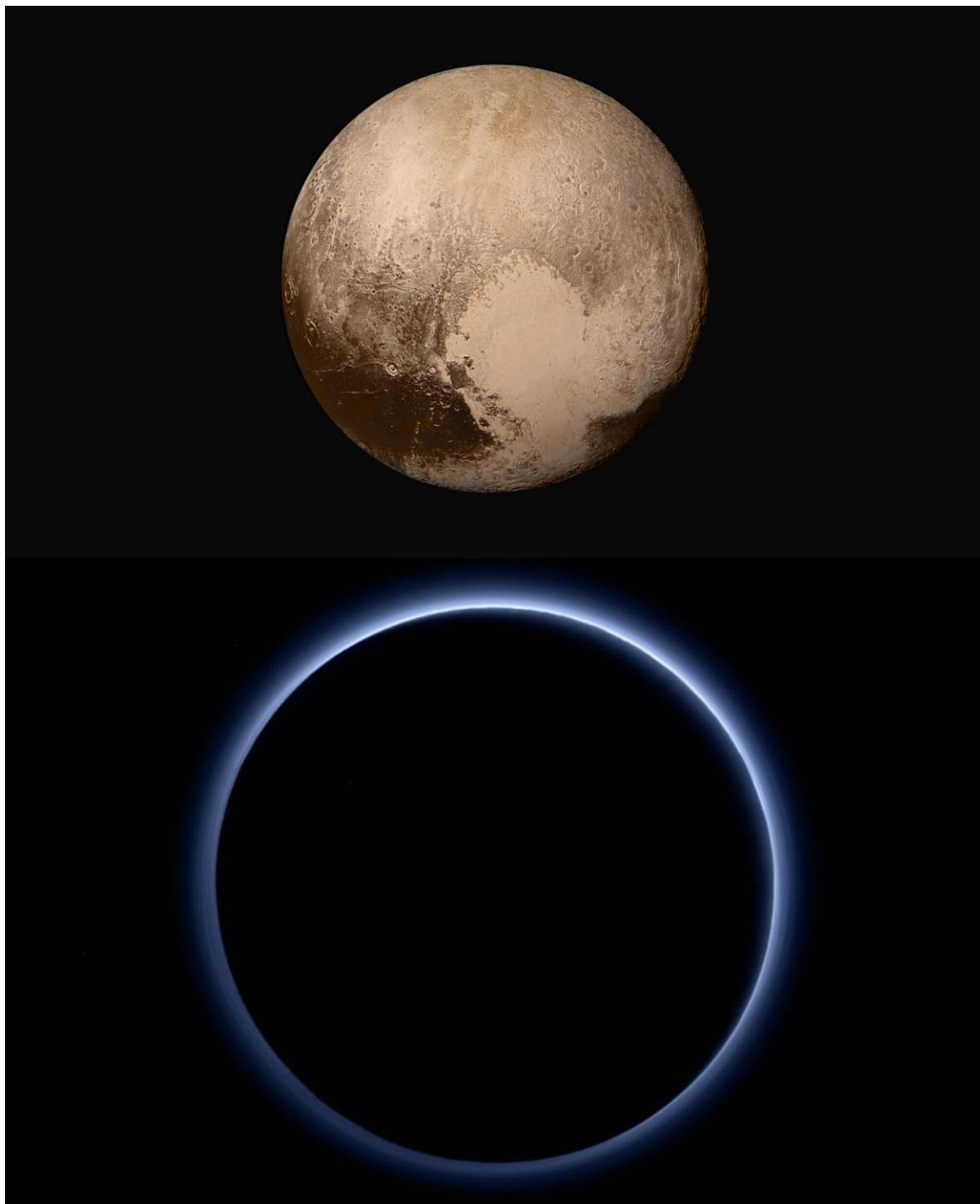
komputerze sondy wystąpił niepoprawialny błąd pamięci. Zgodnie z algorytmem został wykonany jego reset, co przywiodło sondę do wejścia w tryb bezpieczny (safe mode). Sekwencja została wykonana prawidłowo - sonda zmieniła orientację z trójosiowej na rotacyjną z prędkością 5 razy na minutę i skierowała antenę główną ku Ziemi. Wyłączono też niepotrzebne urządzenia i zmniejszono prędkość transmisji danych. Cała procedura zajęła 90 minut, przy czym, zbiegiem okoliczności, śledzona była na bieżąco, gdyż akurat trwał wówczas seans łączności za pomocą sieci DSN. Prawdopodobną przyczyną błędu zapisu pamięci było zakłócenie od radiacji zewnętrznej lub od generatora RTG. Dwa dni po tym incydencie sonda powróciła do normalnego stanu i podjęła przerwane badania magnetosfery Jowisza. 25 września wykonano kolejną korektę trajektorii. Po tym manewrze sonda większość podróży spędziła głównie w stanie hibernacji elektronicznej – funkcjonował tylko komputer i niezbędne systemy, wysyłając od czasu do czasu krótki komunikat o statusie – „zielony”, gdy wszystkie systemy funkcjonowały należycie, bądź „czerwony”, gdy wymagana była pomoc Ziemi. Podczas każdego roku New Horizons był przywracany do pełnej funkcjonalności na około dwa miesiące, by wykonać pełną kontrolę systemów, bądź, jak 30 czerwca 2010 roku, niewielką korektę trajektorii. Tymczasem na Ziemi musiano zmierzyć się z potencjalnie bardzo niebezpiecznym dla sondy problemem. Otóż HST wykrył kolejne dwa księżyce Plutona - 28 czerwca 2011 roku niewielki, około 15-kilometrowy Kerberos, okrążający go w odległości około 59 000 km i 11 lipca 2012 roku jeszcze mniejszy Styx, krążący zaledwie 43 000 km nad Plutonem. Postawiło to przed naukowcami projektu pytanie, czy w pobliżu Plutona nie krążą jeszcze inne księżyce lub, co gorsza, czy nie posiada on pierścieni. Przelot przez nawet słabe pierścienie z prędkością bliską 14 km/s oznaczałby zagładę sondy. Niestety, nie sposób było to zbadać inaczej, niż za pomocą instrumentów samej sondy, na kilkadziesiąt dni przed doleceniem sondy do Plutona. Trwające półtora roku analizy wykazały, że prawdopodobieństwo fatalnego zderzenia jest mniejsze niż 0.3%. Gdyby niebezpieczeństwo to okazało się większe, sonda mogła wykonać manewr zmniejszający dystans przelotu do zaledwie 3000 km od powierzchni Plutona (ale wiązałoby się to z utratą sporej części spodziewanych danych), bądź skierować się anteną główną w kierunku lotu i użyć jej jako tarczy. Na szczęście żadnego z tych scenariuszy nie trzeba było użyć. 10 lipca 2013 roku zaprezentowano uzyskane przy pomocy LORRI pierwsze zdjęcie, na którym Pluton i Charon widoczne były oddzielnie – choć oczywiście nadal jedynie jako niewielkie plamki. Kolejny problem powstał, gdy okazało się, że nie udało się odnaleźć żadnego obiektu Pasa Kuipera, do którego New Horizons byłby zdolny dolecieć z pozostałym na manewry zapasem paliwa (najbliższy znaleziony obiekt wymagałby zmiany prędkości New Horizon o 210 m/s, podczas gdy w jej baku pozostało paliwa już tylko na 130 m/s). Do pomocy po raz kolejny

został zaprzęgnięty HST. 16 czerwca 2014 roku komitet do spraw alokacji czasu obserwacji Teleskopu Kosmicznego Hubble'a podjął decyzję o natychmiastowym przyznaniu nadzwyczajnej puli obserwacyjnej na potrzeby misji New Horizon. Najpierw przez 166 okrążeń Ziemi HST fotografował obszar o rozmiarach około $\frac{1}{4}$ stopnia kwadratowego (w przybliżeniu wielkości tarczy Księżyca widzianej z Ziemi), zlokalizowany w gwiazdozbiornie Strzelca. W tym czasie zostały znalezione dwa obiekty o zadanych parametrach. Powtórna kampania obserwacyjna, wykonana w sierpniu-październiku, objęła 34 orbity obserwacji i znalazła kolejne trzy potencjalne cele. Była to dosłownie ostatnia szansa, gdyż po wykryciu odpowiedniego obiektu należało jeszcze dokładnie wyznaczyć jego orbitę, na co potrzeba około roku, a manewr musiał być wykonany najwyżej kilka miesięcy po minięciu Plutona. Tymczasem 15 lipca wykonano korektę trajektorii, 29 sierpnia sonda została po raz ostatni wprowadzona w stan hibernacji elektronicznej, przebywała w nim do 6 grudnia.

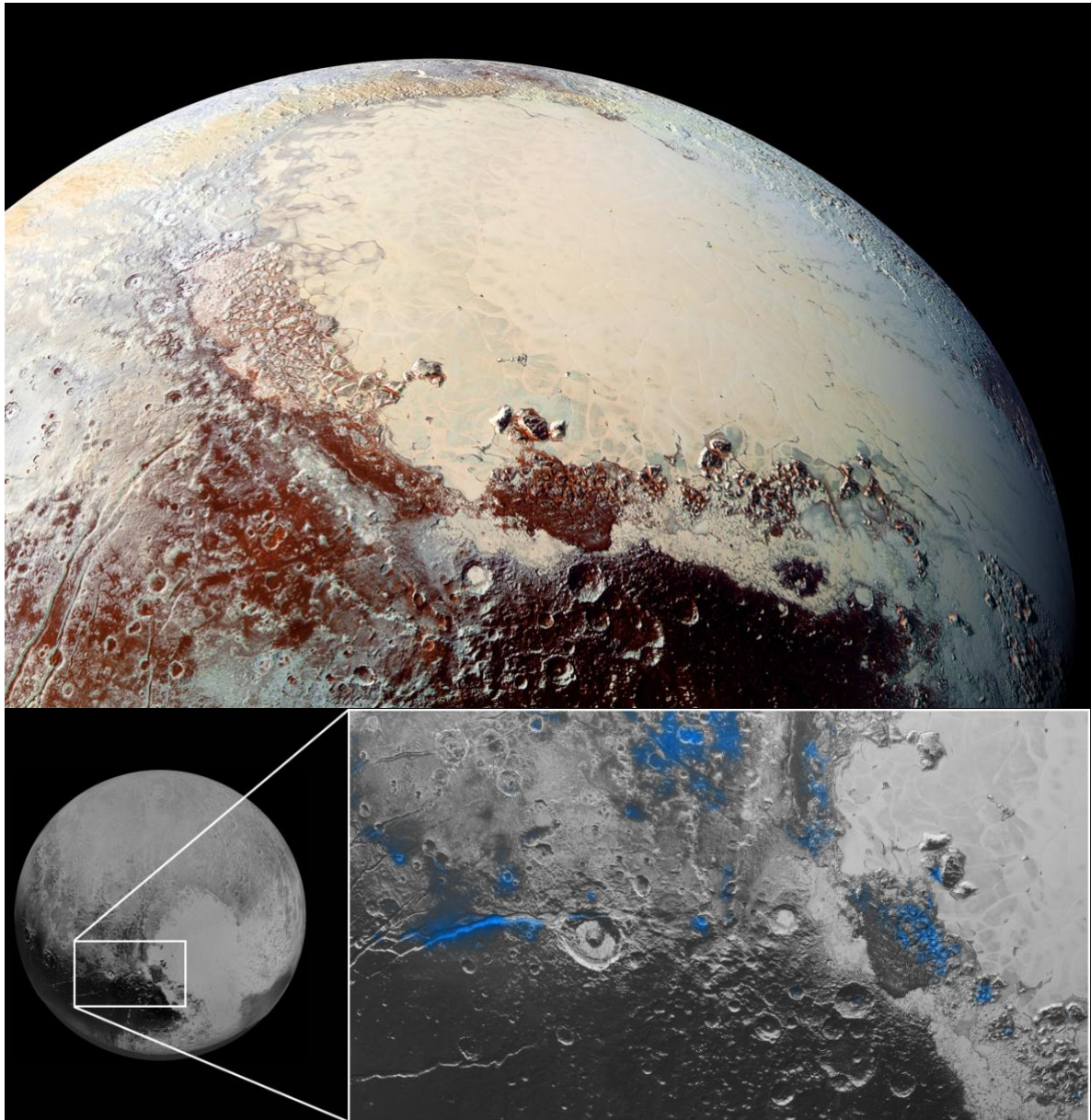
Przelot

Faza dalekiego przelotu rozpoczęła się już 4 stycznia 2015 roku, gdy zainicjowano regularne fotografowanie nadal odległego Plutona, w celu prowadzenia dokładnej nawigacji. Na tej podstawie NASA minimalnie zmieniła ustalony jeszcze przed startem grafik, różnice były jednak zaledwie rzędu kilkudziesięciu sekund. 9 marca wykonano kolejną korektę trajektorii. Z początkiem maja rozpoczęto pięciomiesięczną kampanię fotograficzną, obejmującą 75 dni przed największym zbliżeniem i kilkudziesięciu po nim, dla uzyskania globalnych map powierzchni o rozdzielczości 40 km. Dzienna półkula Plutona została odzwierciedlona z rozdzielczością 1 km/piksel, a wybrane obszary w rejonie terminatora - z rozdzielczością 100 m/piksel. Odzworowanie powierzchni w podczerwieni i w 4 zakresach światła widzialnego z rozdzielczością 7 km, a także mapy temperaturowe powierzchni z rozdzielczością 50 km oraz ultrafioletowe pomiary atmosfery Plutona nad dzienną i nocną półkulą - to pozostałe zadania New Horizons. 11 maja rozpoczęto poszukiwanie ewentualnych nieznanych księżyców i pierścieni, na szczęście nie znaleziono niczego, co by kazało zmienić założenia misji. Dwie ostatnie korekty trajektorii wykonano 14 i 30 czerwca. 4 lipca o 17:54 kontrola lotu nieoczekiwanie utraciła kontakt z sondą, jednak został on przywrócony już o 19:15. Okazało się, że podczas wykonywania sekwencji komend przed zbliżeniem do Plutona, doszło do braku zgodności czasów deklarowanych i rzeczywistych, co skutkowało przepełnieniem pamięci komputera, w efekcie czego autopilot sondy zdecydował o przełączeniu się na komputer zapasowy i wejściu w „safe mode”. Pełny powrót do badań wykonany został 7 lipca, na szczęście ilość niewykonanych badań była znikoma. *Clou* misji nastąpiło 14 lipca o 11:49:57, gdy sonda przeleciała

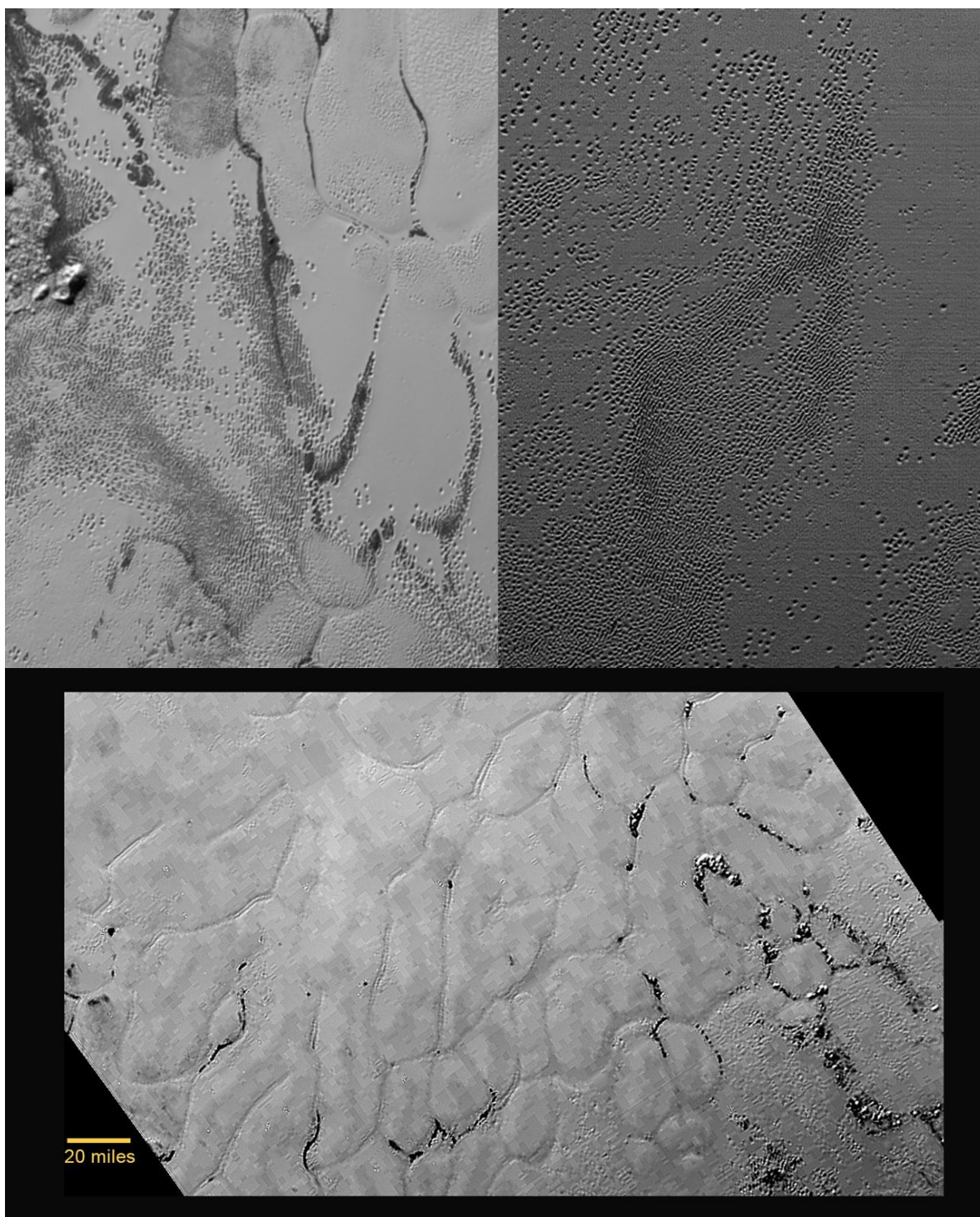
w odległości 12500 km od Plutona, a kilkanaście minut później, o 12:03:50, w odległości 28858 km od Charona. Zdjęcia, które dotarły na Ziemię przed przelotem, wywołały ogromne zaskoczenie – widać na nich było powierzchnię zróżnicowaną, wyraźnie młodą (ocenianą wstępnie na nie więcej, niż 100 milionów lat, co w skali geologicznej nie jest długim okresem), ze śladami aktywności. W trakcie przelotu sonda skoncentrowana była na wykonaniu fotografii i pomiarów i potwierdzenie wykonania zadań dotarło na Ziemię dopiero po 22-godzinnej przerwie w łączności. Sygnał został odebrany 16 lipca o 00:52:37, zawierał on jedynie dane dotyczące stanu sondy (był nienaganny) i wykonanych zadań (wszystkie cele zostały osiągnięte). Później przesłano zestaw najbardziej krytycznych danych, głównie fotografii o wysokim stopniu kompresji – to na wypadek, gdyby sonda doznała jakiegoś krytycznego uszkodzenia. Obejmował on zaledwie 5% zarejestrowanych pomiarów. Tymczasem na Ziemi zakończono analizę pięciu potencjalnych celów (NASA nazwała je po prostu PT-1 do PT-5, Potential Target). Dwa z nich odpadły już wcześniej, okazały się jednak poza zasięgiem New Horizons. Z kolejnych trzech jeden (PT-2) był rozpatrywany tylko formalnie – do manewru korekty trajektorii zużyto by tyle pozostałego paliwa (ponad 76%), że na niezbędne korekty i orientację mogłoby go już zabraknąć. Szansa na dolecenie do niego sprawnej sondy została skalkulowana na zaledwie 7%. Dla pozostałej pary było to odpowiednio 100% (PT-1) i 97% (PT-3), a zużycie zapasu paliwa – 35% i 75%. Dla NASA pozostał więc wybór pomiędzy nieco mniejszym (30-45 km) PT-1, a większym (35-55 km) PT-3. Choć ciało większe było przez naukowców preferowane, zwyciężyło podejście bezpieczne - 28 sierpnia agencja wybrała jako kolejny cel planetkę 2014 MU69, czyli PT1. W celu dotarcia do niej wykonano cztery korekty trajektorii – dwie pod koniec października i dwie na początku listopada. Przelot koło celu wyliczono na 1 stycznia 2019 roku. Sonda w tym czasie nie będzie bezrobotna – już 5 września rozpoczął się zrzut danych, zarejestrowanych w pamięci komputera. Ponieważ jest to kilkadziesiąt gigabajtów informacji, a prędkość transmisji waha się pomiędzy 700 a 2000 bitów na sekundę, to zakończenie wysyłki nastąpi dopiero za około rok. Później zacznie się oczekiwanie na zbadanie nowoodkrytego obiektu Pasa Kuipera, który poszerzy naszą wiedzę o Układzie Słonecznym, a może nawet rzuci nowe światło na historię jego powstania.



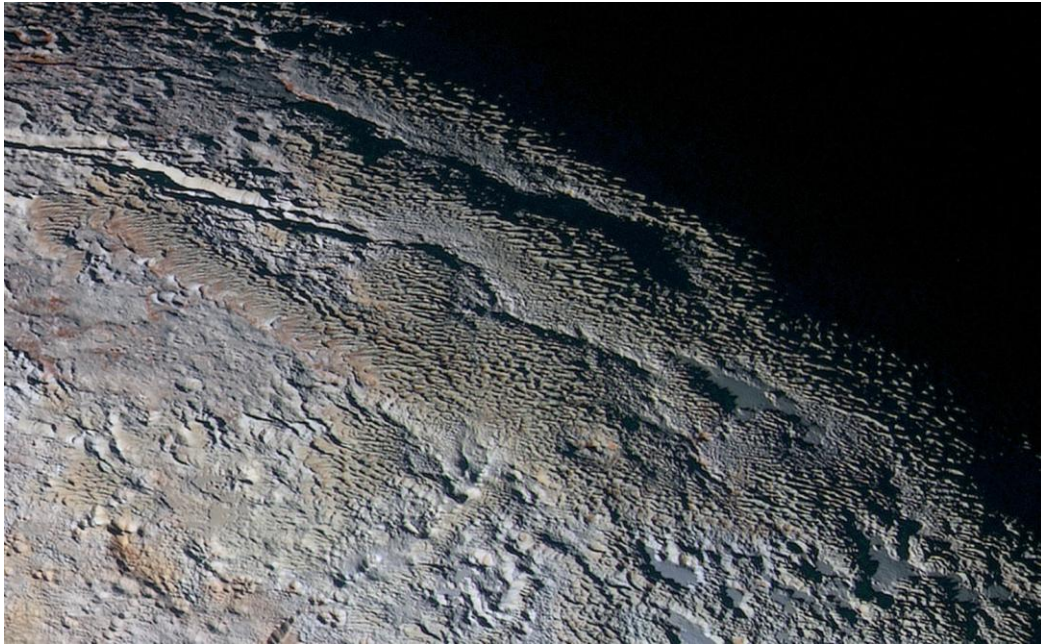
Pluton i jego atmosfera sfotografowane przez New Horizons.



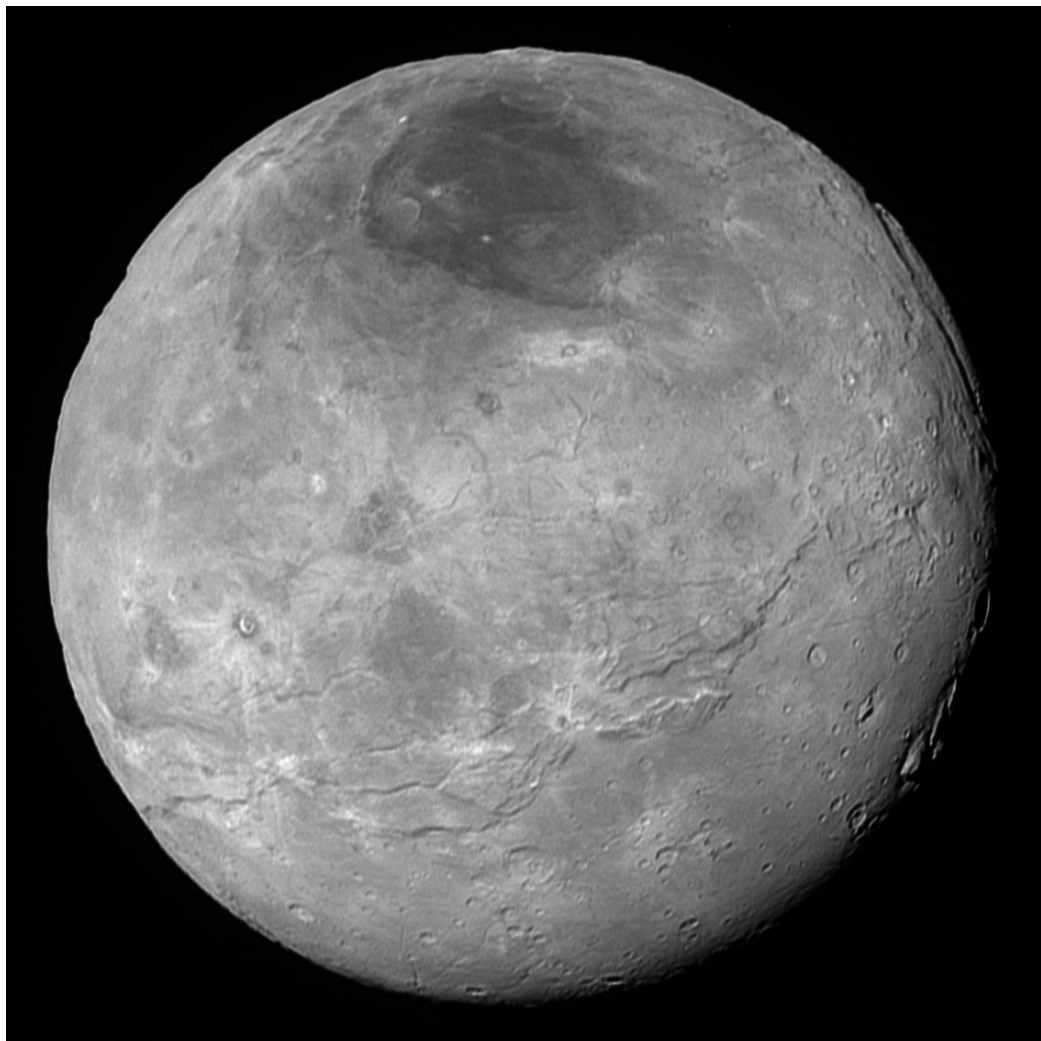
Szczegóły powierzchni Plutona.



Tajemnicze struktury powierzchniowe na Plutonie.



Jeszcze inny fragment powierzchni Plutona.



Charon sfotografowany przez *New Horizons*.

Część czwarta

(przyczyunki naukowe)

Wybrane materiały prezentowane podczas:
VII Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”,
Częstochowa, 8-9 maja 2015
oraz
Meet The Space III,
Kraków, 28-29 listopada 2015



Uczestnicy VII konferencji “Astrophisica nova”.

**Newly discovered eclipsing binary
2MASS J18024395+4003309 (VSX J180243.9+400331):
two-color photometry vs phenomenological modeling**

Ivan L. Andronov¹, Yonggi Kim², Young-Hee Kim², Joh-Na Yoon²,
Lidia L. Chinarova³, Mariia G. Tkachenko¹

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

²Astronomical Observatory, Chungbuk National University, Korea

³Astronomical Observatory, I.I.Mechnikov Odessa National University, Ukraine

Abstract

We report an analysis of the two-color VR CCD observations of the newly discovered variable 2MASS J18024395+4003309 = VSX J180243.9 +400331 obtained using the 1-m telescope of the Mt. Lemmon Observatory (LOAO) in the field of the intermediate polar V1323 Her. The extended version of this conference talk we published in 2015JASS...32..127A. The variability was reported in 2012OAP...25..150A, and the object was monitored. The two-color observations covered all phase interval. The object is classified as an Algol-type variable with tidally distorted components, and shows an asymmetry of the maxima (the O’Connell effect). For phenomenological modeling, we used the trigonometric polynomial approximation of statistically optimal degree, and a recent method “NAV” (New Algol Variable) using local specific shapes for the eclipse. Methodological aspects are described, especially for the case of few color observations. Estimates of the physical parameters, based on analysis of phenomenological parameters, are presented.

Introduction

For the phenomenological modeling of eclipsing binary stars, Andronov (2012a) proposed the “New Algol Variable” algorithm. It was also presented in the “Częstochowski Kalendarz Astronomiczny – 2013” by Andronov (2012b). The method was improved for the case of unknown period and initial epoch, which may be also independent variables, by Andronov et al. (2015a). The applications to 6 more stars was presented by Tkachenko et al. (2015).

The variability of the object 2MASS J18024395+4003309, which is located in the field of the intermediate polar V1323 Her was described by Breus (2012). This object got a name VSX J180243.9+400331 (hereafter shorter VSX1802) and an object identifier 282837. Unfortunately, no GCVS name is given to this object yet.

Due to a relatively large angular distance (14') from V1323 Her, VSX1802 is seen in the field of V1323 Her only at the CCD images with a focal reducer. This was the case for one night reported by Andronov et al. (2012), who noted a sharp profile of the minimum. Additional observations from the Catalina

survey (Drake et al. 2009) allowed them to determine photometric elements $T_0=2456074.4904$, $P=0.3348837\pm 0.0000002^d$.

Observations and periodogram analysis

Due to the installation of the focal reducer at the 1-m telescope of the Mt. Lemmon Astronomical Observatory, Korea (LOAO), the field of CCD observations increased and allowed studies of objects in the field, in an addition to the main targets (in this case, the intermediate polar V1343 Her). Totally we obtained 196 observations in V (range $16.51^m - 17.51^m$) and 242 observations in R (range $15.88^m - 16.77^m$). The total duration of observations was 45.5 hours during 11 nights in R and 8 nights in the alternatively changing filters VR. To improve accuracy of the calibration, we have used the method of “artificial comparison star” (Andronov and Baklanov 2004, Kim et al. 2004).

For the periodogram analysis, we have used the trigonometric polynomial fit of a degree s :

$$x_c(t) = C_1 + \sum_{j=1}^s (C_{2j} \cos 2\pi ft + C_{2j+1} \sin 2\pi ft), \quad (1)$$

where coefficients C_α , $\alpha = 1..m$, $m = 1 + 2s$ are computed using the least squares method and the test function $S(f)$ was used (cf. Andronov 1994, 2003), and f is a frequency (in cycles/day). For eclipsing binaries, the peaks at odd multipliers of the orbital frequency are typically much smaller than that for even multipliers. For the filters V and R, the peaks occur at similar values, which are close within error estimates to the value $f=2.986111\pm 0.000002$ cycles/day (Andronov et al. 2012), so we adopted their ephemeris:

$$\text{Min I. BJD} = 2456074.4904 + 0.3348837 \cdot E \quad (2)$$

We confirm cycle numbering and mention that the true frequency differs by a value of 0.5/year from the estimate based on 3 minima by Parimucha et al. (2012).

To determine statistically optimal degree s of approximation (1), we have used different criteria (see Andronov 1994, 2003 for detailed discussion). According to the classical Fischer’s criterion, we got $s=14$ for the filter V and $s=8$ for R, with a false alarm probability of $\text{FAP}=10^{-3}$. Criterion of the best r.m.s. accuracy corresponds to $s=6$, i.e. much smaller value. The Gibbs effect causes apparent waves at the out-of-eclipse part of the light curve, which are not physically justified. In the trigonometric polynomial approximation with $s=6$, the frequency f is a free parameter determined using differential corrections (Andronov, 1994). The best fit estimate of periods is $P= 0.3348842^d \pm 0.0000005^d$ (filter V), $0.3348845^d \pm 0.0000004^d$ (R). The difference from the value in (1) is not statistically significant, but a weighted mean is $0.3348844^d \pm 0.0000003^d$. The mean moments of the primary minima are $2456238.9186^d \pm 0.0005^d$ (V), $24\ 56320.9663^d \pm 0.0007^d$ (R). They correspond to different cycles, as the nights in V and R are generally different, and

Andronov (1994) argued that the best accuracy estimates are for moments, which are closest to the sample mean of time. For such approach, there is no necessity that the moments should be in the interval of observations in some particular night.

Phenomenological vs. physical modeling

For physical modeling, usually the method of Wilson and Devinney (1971) is used, which was realized in some computer programs (e.g. Zola et al. 1997, 2010). However, for the majority of stars, including the studied one, we do not have spectroscopic observations needed to determine the mass ratio and temperatures. So one may try to make estimates using phenomenological modeling.

Using the NAV algorithm, we have determined approximations for a grid of values of the eclipse width $\Delta\varphi=C_8$ with a determination of the parameters describing the shape of eclipse

$$H(z,\beta) = (1-|z|^\beta)^{3/2}, \text{ if } |z| < 1 \quad \text{and} \quad H(z,\beta) = 0, \text{ else}$$

The dimensionless variable z is related to phase φ as

$$z=[(\varphi-\varphi_0) - \text{int}(\varphi-\varphi_0+0.5)]/ \Delta\varphi$$

For $\beta=0$, the shape is narrow and is physically unrealistic, for $\beta=1$, the shape at the center is triangular, for $\beta=2$ is parabolic, and for $\beta \rightarrow \infty$ tends to a rectangle.

Review on the methods for determination of the extrema was presented by Andronov (2005). The complete theory of statistical properties of the smoothing function in a case of arbitrary functions and additional (wavelet-like) time- and scale-dependent weight functions was presented by Andronov (1997). Other shapes for phenomenological modeling of eclipses, based on modifications of the Gaussian, are discussed by Mikulášek et al. (2012) and Mikulášek (2015).

To get a single value of C_8 for two filters, we made a scaled sum of the test functions

$$\Phi(C_8)= \Phi_V(C_8)/ \Phi_{V, \min} + \Phi_R(C_8)/ \Phi_{R, \min}$$

and determined the filter half-width $C_8=0.1177$ corresponding to a minimum.

The classical phenomenological parameters listed in the GCVS (Samus et al. 2014) were determined (Andronov et al. 2015a): Max I = $16.567^m \pm 0.006^m$, Max II = $16.592^m \pm 0.006^m$, Min I = $17.493^m \pm 0.014^m$, Min II = $17.281^m \pm 0.008^m$, Min I-Max I = 0.926^m , Min II-Max I = 0.714^m (filter V).

These phenomenological parameters may be used for estimates of the physical parameters. For this, one may use the “simplified” model of spherical components without effects of ellipticity, reflection and limb darkening (Kopal 1959, Shulberg 1970, Tsessevich 1971, Malkov et al. 2007, Andronov

and Tkachenko 2013). If using the phenomenological parameters mentioned above, the corresponding point at the “depth – depth“ diagram (Fig.1 in Malkov et al. 2007) lies close to the line “R” of equal radii, but slightly outside the allowed region. This is obviously explained because more correct is to use the “NAV” parameters C_6 and C_7 instead of the classical Min I-Max I and Min II-Max I.

The sharp shape of the eclipses also argues for similar characteristics of the two stars. Assuming that the components are Main Sequence stars, it is possible to use statistical “Mass-Radius-Luminosity” relations (e.g. Allen 1973, Cox 1980) and to apply them for the analysis along with C_6 and C_7 .

In our case of two-color photometry, one may check the solutions for each color. Andronov et al. (2015a) discussed the procedure in detail. Here we would like to note that the results are self consistent, with only few per cent of uncertainty, mainly due to different estimates of the statistical dependencies. Using the oversimplified form of the MS mass-radius relation $R=R_{\odot}M/M_{\odot}$ (Faulkner 1971) and, combining with the third Kepler's law, we obtain for the inclination $i=90^{\circ}$, $M_1=0.745M_{\odot}$, $M_2=0.854M_{\odot}$, $M=M_1+M_2=1.599M_{\odot}$, the orbital separation $a=1.65\cdot 10^9\text{m}=2.37R_{\odot}$ and relative radii $r_1=R_1/a=0.314$ and $r_2=R_2/a=0.360$.

Generally, these are minimal estimates of the radiuses and masses, as for the inclination i , differing from 90° , we'll get larger estimated values. In the assumption of one total eclipse, one may write $\cos i < |r_2 - r_1| = 0.046$, thus $87.4^{\circ} \leq i \leq 90^{\circ}$, $0.999 \leq \sin i \leq 1$, so for VSX 1802 the effects of inclination onto estimates of radii and masses are negligible. According to Cox (2000), the spectral classes of the stars are G8 and K2 for the mass estimates mentioned above.

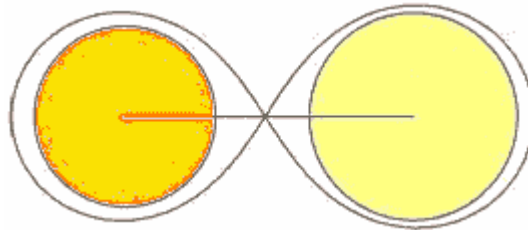


Fig. 1. The model of the system VSX 1802: The Roche lobes, the line of centers and circles corresponding to estimated radii of the stars in a spherically-symmetric approximation.

Acknowledgements

We thank Dr. Bogdan Wszolek and LOC for the excellent hospitality during the conference “Astrophysica Nova” and Prof. Stanisław Zoła for fruitful discussions. This work is also a part of the “Inter-Longitude Astronomy” campaign (Andronov et al. 2010) and a project “Ukrainian Virtual Observatory (Vavilova et al. 2012).

References

- Allen C. W., 1973, *Astrophysical quantities*, 3rd ed. Athlone Press,
- Andronov I. L., 2012a, *Astrophys.*, 55, 536
- Andronov I. L., 2012b, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2013*, ed. Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmich, 133,
<http://www.astronomianova.org/publikacje/cka13.pdf>
- Andronov I. L., 1994, *Odessa Astron. Publ.*, 7, 49
- Andronov I. L., 1997, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 125, 207
- Andronov I. L., 2003, *Astron. Soc. Pacific Conf. Ser.*, 292, 391
- Andronov I. L., 2005, *Astron. Soc. Pacific Conf. Ser.*, 335, 37
- Andronov I. L., et al., 2010, *Odessa Astron. Publ.*, 23, 8
- Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, *Astron School Rep.*, 5, 264
- Andronov I. L., Breus V. V., Zola S., 2012, *Odessa Astron. Publ.*, 25, 145
- Andronov I. L., Kim Yonggi, Kim Young-Hee, Yoon Joh-Na, Chinarova L.L., Tkachenko M. G., 2015a, *JASS*, 32, 127
- Andronov I. L., Tkachenko M. G., Chinarova L. L., 2015b, *Physics Journal* (in press), 2015arXiv151000333A
- Andronov I. L., Tkachenko M.G., 2013, *Odessa Astron. Publ.*, 26, 204
- Breus V. V., 2012, www.aavso.org/vsx/index.php?viewdetail.top&oid282837
- Cox A. N., 2000, *Allen's Astrophysical Quantities*, AIP Press (Springer-Verlag), New York
- Drake A. J. et al., 2009, *Astrophys. J.*, 696, 870
- Faulkner J., 1971, *Astrophys. J.*, 170, L99
- Kim Y., Andronov I. L., Jeon Y.-B., 2004, *Journal of Astronomy and Space Sciences* 21, 3, 191
- Kopal Z., 1959, *Close Binary Systems*, Chapman & Hall, London, 558p.
- Malkov Yu., Oblak E., Avvakumova E.A., Torra J., 2007, *Astron. Astrophys.* 465, 549
- Mikulášek Z., 2015, *Astron. Astrophys.*, 584A, 8
- Mikulasek Z., Zejda M., Janik J., 2012, *Proc. IAU Symp.* 282, 391
- Parimucha S., Dubovsky P., Janík J., Kudzej I., Solovyova I., 2012, *New Astronomy*, 17, 93
- Samus N. N., Durlevich O. V. et al., 2014, *General Catalog of Variable Stars*, <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/>, <http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2009yCat....102025S>
- Shul'berg A. M., 1971, *Close Binary Systems with Spherical Components* (in Russian), Moscow: Nauka, 246p.
- Tkachenko M. G., Andronov I. L., Chinarova L. L., 2015, *Odessa Astron. Publ.*, 28, 181, 2015arXiv151109372T
- Tsessevich V. P., ed., 1971, *Eclipsing Variable Stars*, Moscow, Nauka, 350
- Vavilova I. B., et al., 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies* 28, 85
- Wilson R. E., Devinney E. J., 1971, *ApJ*, 166, 605

Zola S., Kolonko M., Szczech M., 1997, *A&A*, 324, 1010
Zola S., Gazeas K., Kreiner J. M., Ogloza W., Siwak M., Koziel-
Wierzbowska D., Winiarski M., 2010, *MNRAS*, 408, 464



Kateryna Andrych i Agnieszka Kuźmich

The size of the emitting region in the magnetic eclipsing cataclysmic variable stars

Kateryna D. Andrych¹, Ivan L. Andronov²,

¹ Department of Astronomy, Faculty of Physics, Odessa National University, Ukraine

² Department "High and Applied Mathematics" Odessa National Maritime University, Ukraine

Abstract

We discuss a method for determination of the size of the emitting region close to the compact star in a binary system with eclipses by a secondary, which fills its Roche lobe. The often used approach is to model the Roche lobe by a sphere with the "effective radius" corresponding to the volume of the Roche lobe. This approach leads to a 4-6% overestimate of the radius, if taking into account the angular dimensions of the Roche lobe seen from the compact star. Andronov (1992) had shown that the projection of the Roche lobe onto the celestial sphere is close to an ellipse and had tabulated these dimensions as a function of the mass ratio. Also he published the coefficients of the approximation similar to that of the Eggleton (1983) for the "sphere corresponding to the same volume". We compare results obtained for the "circle+circle", "ellipse+circle" and "ellipse+point" approximations of the projections of the red dwarf and a white dwarf, respectively. Results are applied to the recently discovered eclipsing polar CSS 081231:071126+440405.

Introduction

Cataclysmic variables are excellent laboratories to study numerous processes taking place in the Universe. Especially interesting are the systems, in which the magnetic field of the white dwarf is strong enough to channelize the plasma flow (accretion stream) at far distances, namely, closer to the inner Lagrangian point. In this case, the spin and orbital periods of the magnetic white dwarf coincide, as was initially found by S.Tapia (1977) for the prototype star AM Her. Because of the polarization of the emission, such objects are called "polars". Recent reviews on our results were published by Andronov (2007, 2008).

The object CSS 081231:071126+440405 (also called OTJ0711) was discovered by Denisenko and Korotkiy (2009) on the New Year night 31.12.2008, and was included in our list for monitoring according to the "Inter-Longitude Astronomy" campaign (Andronov et al. 2010). The observations were obtained during dozens of nights using CCD by Arto Oksanen (Finland), Pavol Dubovsky (Slovakia), Jon-Na Yoon et al. (Korea). But only fast photometry with 1s resolution obtained by Sergej Kolesnikov using the 2.6m Shain telescope of the Crimean Astrophysical Observatory allowed determination of the

(very short) duration of the ascending and descending branches of only 4.752 ± 0.306 seconds.

Andronov and Andrych (2014) presented an analysis of the data assuming the mass ratio of components obtained using statistical relationship. In this paper, we discuss dependence of the angular dimensions of the Roche lobe on the mass ratio.

Angular dimensions of the Roche lobe

The Roche lobe has a distorted shape, which prevents determination of the characteristics analytically. We need to apply a numerical analysis and determine the angles. They are listed in Andronov (1992). The distance from the center of the star to the Roche lobe is dependent on the direction, but, for many applications, the Roche lobe was approximated in the simplest way – as the sphere. As to the “effective radius”, there are some approaches. The main one is to use the radius of “equal volume” r_V , i.e. the radius of the sphere, the volume of which is equal to the volume of the Roche lobe. We will use this index “V” (“volume”), despite in other papers it may be “e” (“effective”) or “L” (“lobe”). Kopal (1959) tabulated these values, and Paczynski (1971) proposed a two-interval approximation:

$$r_V = \begin{cases} 0.46224 \mu^{1/3} & \text{if } q < 0.523 \\ 0.38 + 0.21 \lg q & \text{if } 0.523 \leq q \leq 20 \end{cases} \quad (1)$$

Here $q = M_2 / M_1$ is called the “mass ratio” of two stars, with the indexes “1” and “2” corresponding to the primary and secondary (the Roche lobe of which is studied). The parameter $\mu = M_2 / (M_1 + M_2) = q / (1 + q)$. Although this approximation has a relative accuracy of $< 2\%$, the derivative of this function has a discontinuity of $\sim 20\%$, what has no physical sense and made evolutionary computations less accurate.

Eggleton (1983) made numerical computations of the volume and proposed an analytical approximation

$$r_V = \frac{Aq^{2/3}}{Bq^{2/3} + \ln(1 + q^{1/3})} \quad (2)$$

with coefficients $A=0.49$, $B=0.6$ and relative accuracy of 1% both for the function and its derivative. The asymptotic simplifications are $r_V \approx Aq^{1/3}$ for $q \ll 1$ and $r_V \approx A/B$ for $q \gg 1$. This approximation is extremely popular and the number of citations in the ADS approaches 1200.

Andronov (1982) preferred to use another characteristic of the Roche lobe, which is the “barotropic” radius r_B , which was introduced by Kopal (1959) as a characteristic radius of the Roche lobe. This is the radius of the spherically symmetrical star with the same difference of the potentials between the center

and the atmosphere as in the Roche lobe. This seems to be more reasonable approximation for stars with outer layers distorted by tidal forces. Detailed study of the distribution of density and pressure for polytropic models was presented by Sirotkin (1997). The corresponding asymptotic approximation

$$r_B = B \mu^{1/3} \quad (3)$$

was corrected as

$$\lg B = -0.3390 + 0.0561 \lg q + 0.0354 (\lg q)^2 \quad (4)$$

Such two-step approximation produces relative accuracy of 0.12% for $0.1 \leq q \leq 1$ and 0.5% for $0.07 \leq q \leq 1.5$.

To determine angular dimensions of the Roche lobe, Andronov (1992) determined directions of tangent lines to the Roche lobe. The tables were fitted by a function in form of Eggleton (1983). The main angles are in the orbital plane ($\sin \varphi_0^{\mathcal{R}}$, $A=0.449$ (a misprint 0.499 in the paper), $B=0.5053$, $\psi=0^\circ$), perpendicular to the orbital plane ($\sin \varphi_{90}^{\mathcal{R}}$, $A=0.4394$, $B=0.5333$, $\psi=90^\circ$), “effective” in a sense of equal solid angles of the Roche lobe and the sphere ($\sin \varphi_e^{\mathcal{R}}$, $A=0.4441$, $B=0.5195$).

For a comparison of these characteristic dimensions, let’s list them for a sample value $q=1$: $r_V = 0.3799$ (Eggleton 1983),

$$r_B = 0.3636, \sin \varphi_0^{\mathcal{R}} = 0.3746, \sin \varphi_{90}^{\mathcal{R}} = 0.3591, \sin \varphi_e^{\mathcal{R}} = 0.3666,$$

so we can see a significant difference (Fig.1).

The true shape of the Roche lobe is marked by a thick red line “Roche”. Even in the orbital plane, the largest visible dimension of the Roche lobe does not reach the value of r_V . The barotropic radius r_B is much closer to the “effective” r_e , but, anyway, taking into account the elliptic shape will produce much more accurate results. The ratio $\sin \varphi_0^{\mathcal{R}} / \sin \varphi_{90}^{\mathcal{R}}$ increases from 1.038 for small q to 1.043 at $q=1$ and even to 1.093 at $q=19$.

In Fig.1. one may see that the use of r_V instead of correct computations of $\sin \varphi_0^{\mathcal{R}}$ changes the limiting inclination by 1.3° . It will also cause different impact angles of the trajectory into the limb, so the estimates of the normal velocities, and so estimates of the size of the white dwarf from the duration of the ascending/descending branch.

In Fig. 2, we show the shapes of the Roche lobe as seen from the center of the compact object for a set of different values of the parameter m . From the duration of the eclipse (Andronov and Andrych 2014), one may set also the minimal limit $\mu > 0.1$. They adopted the mass ratio of $q=0.3$ in this system and masses of $M_1=0.543M_\odot$ and $M_2=0.163M_\odot$. Then the parameters are the following: $r_V=0.28103$, $\sin \varphi_0^{\mathcal{R}} = 0.27216$, $\sin \varphi_{90}^{\mathcal{R}} = 0.26219$. Using the observed duration of the eclipse ϕ , one may determine two values for inclination

of the orbit i for the elliptical ($i=79.1177^\circ \pm 0.0075^\circ$) and the spherical (r_V) approximations ($i=77.1231^\circ \pm 0.0029^\circ$). The difference of 2° shows a necessity of correct computations of the shape of the Roche lobe instead of old spherical approximation with the radius r_V .

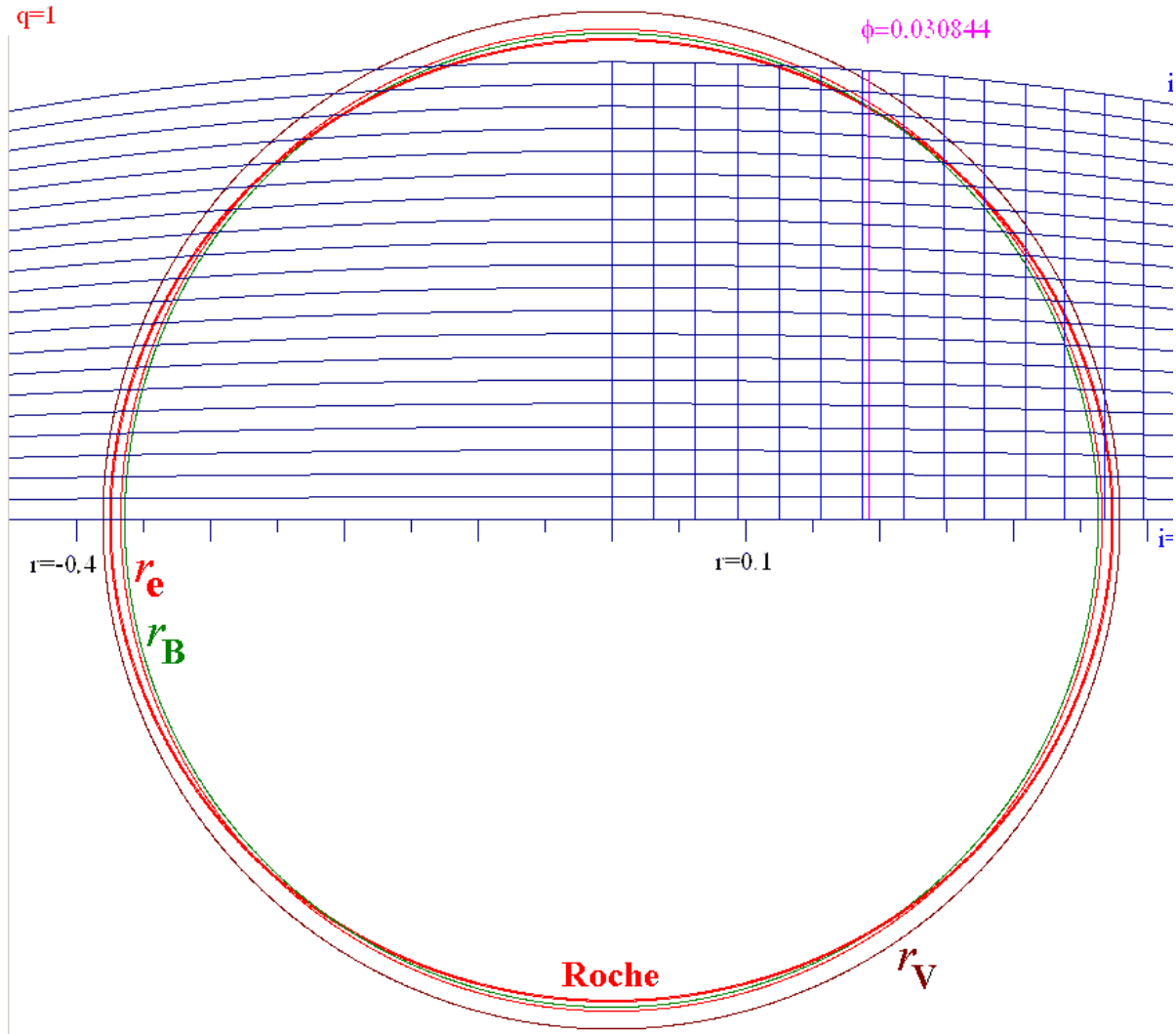


Figure 1. Different models of the Roche lobe seen from the center of the compact object: spheres of “effective” radiuses r_B , r_V , r_e and the accurate nearly elliptic “Roche”. Elliptic arcs correspond to the tracks of the observer (in the system of co-ordinates rotating with a binary system) for inclination i from 70° to 90° (step 1°), Vertical lines correspond to phases of eclipse (step 0.005) (blue), and the violet line corresponds to the observed value $\phi = 0.030844$ for the object OTJ0711. The diagram is calibrated (r) in units of orbital separation a .

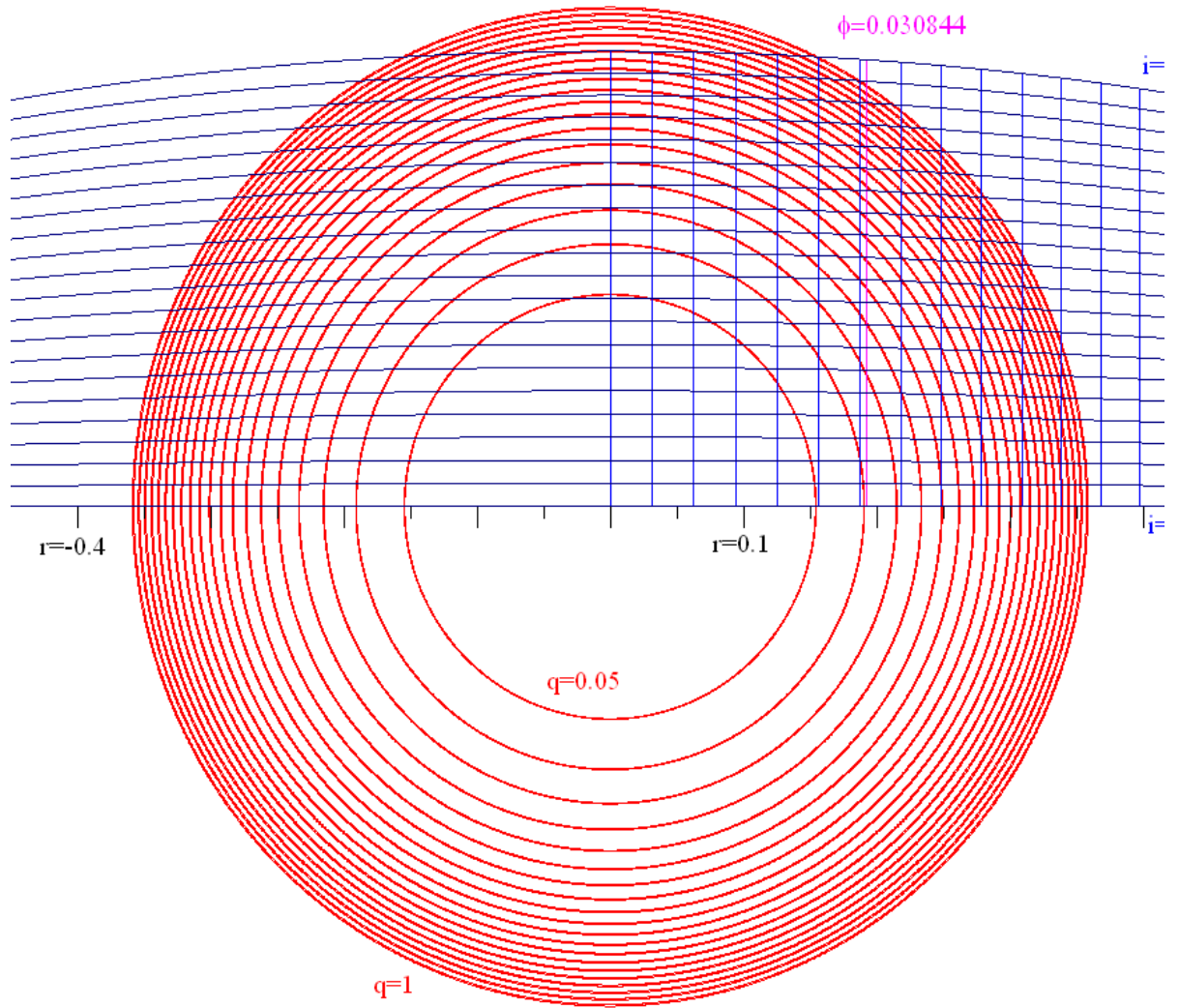


Figure 2. Nearly elliptic projections of the Roche lobe seen from the center of the white dwarf for the mass ratio q from 0.05 to 1 (step 0.05) (red). Elliptic arcs correspond to the tracks of the observer (in the system of co-ordinates rotating with a binary system) for inclination i from 70° to 90° (step 1°). Vertical lines correspond to phases of eclipse (step 0.005) (blue), and the violet line corresponds to the observed value $\phi = 0.030844$ for the object OTJ0711. The diagram is calibrated (r) in units of orbital separation a .

The radius of the white dwarf may be determined from the “mass-radius” relation (Andronov and Yavorskij 1990)

$$\frac{R_{WD}}{R_{\oplus}} = 0.011153 \left[\left(\frac{M_*}{M} \right)^p - \left(\frac{M}{M_*} \right)^p \right]^q$$

with $p=2/3$, $q=0.465$ and $M^*=1.44M_{\odot}$. Here we corrected the misprint in the coefficient 0.01153 published in the paper by Andronov and Yavorskij (1990). The radius of the white dwarf is much smaller than that of the white dwarf, so the corrections to the duration of the descending/ascending branch of the light curve due to the non-linearity of the visible trajectory are negligible at a scale of the dimension of the white dwarf. If needed, these corrections may be com-

puted as described by Andronov and Andrych (2014). The size of the hot spot is 1300km. This is much smaller than the size of the white dwarf, so this “hot spot” may be the accretion column impacting the atmosphere of the white dwarf.

Acknowledgements

This study is a part of the projects “Inter-Longitude Astronomy” (Andronov et al., 2010, 2014) and “Ukrainian Virtual Observatory” (Vavilova et al., 2012). We thank Dr. Bogdan Wszolek for excellent hospitality.

References

- Andronov I.L., 1982, Problemy Kosmicheskoi Fiziki, 17, 106,
1982PrKFi..17..106A
- Andronov I.L., 1992, Astron.Astrophys. Transact., 2, 341,
1992A&AT....2..341A
- Andronov I. L., 2007, As. Soc.Pacific Conf.Ser., 362, 200,
2007ASPC..362..200A
- Andronov I. L., 2008, J. Phys. Studies, 12, 2902, 2008JPhSt..12.2902A
- Andronov I.L., Andrych K.D., 2014, Odessa As.Publ., 27,38,
2014OAP....27...38A
- Andronov I.L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8, 2010OAP....23....8A
- Andronov I.L. et al., 2014, Advances in Astronomy and Space Physics, 4, 3,
2014AASP....4....3A
- Andronov I.L., Yavorskij Yu.B., 1990, Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso,
20, 155, 1990CoSka..20..155A
- Denisenko D., Korotkiy S. // vsnet-alert, 2009. – N 10870,
<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/10870>
- Eggleton P.P., 1983, Astrophys.J., 268, 368, 1983ApJ...268..368E
- Kopal Z., 1959, Close Binary Systems, London: Chapman & Hall,
1959cbs..book.....K
- Paczyński B., 1971, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 9, 183,
1971ARA&A...9..183P
- Sirotkin F.V., 1997, Odessa Astron. Publ., 10, 41, 1997OAP....10...41S
- Tapia S., 1977, Astrophys. J., 212, L125, 1977ApJ...212L.125T
- Vavilova I.B., et al., 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies* 28, 85,
2012KPCB...28...85V.

LISA Pathfinder: the gravity explorer

Michele Armano

European Space Astronomy Centre of ESA

Gravitational waves are ripples in the fabric of spacetime, first explained in the century-old General Theory of Relativity by Albert Einstein. Although predicted as universal and generated by accelerating massive objects, these fluctuations have not been directly detected to date because they are tiny. For example, the ripples emitted by a pair of orbiting black holes would stretch a million kilometre-long ruler by less than the size of an atom.

LISA Pathfinder will test the extraordinary technology needed to observe gravitational waves from space. At its core is a pair of identical 46 mm gold-platinum cubes separated by 38 cm, isolated from all external and internal forces acting on them except one: gravity.



LISA Pathfinder fairing encapsulation in Kourou space-port, French Guyana. The LPF spacecraft seen from above while placed vertically with the fairing sides ready to be closed. (ESA)

These cubes will be put in the purest free-fall ever produced in space and their relative positions monitored to astonishing precision, laying the foundations for gravitational wave observatories in space. Such future missions will be key partners to the ground sites already searching for these elusive cosmic messengers. Space and ground experiments are sensitive to different sources of gravitational waves, both opening up new possibilities to study some of the most powerful phenomena in the Universe.

LISA Pathfinder was launched on a Vega rocket on Dec. 3rd, 2015 at 05:04 CET, from the European Spaceport of Kourou, French Guyana. The spacecraft shall reach its operational orbit about 10 weeks after launch, in mid February 2016. After final checks, it will begin its six-month scientific mission at the beginning of March. En route to the final orbit, the two cubes will be released from the locking mechanisms that hold them during launch and cruise. Once in orbit around L1, the final mechanisms will be unlocked and the cubes will no longer be in mechanical contact with the spacecraft. A complex system of laser beams bouncing between the two cubes will measure how close to true free-fall they are to within a billionth of a millimetre – a precision never previously achieved in space. The spacecraft itself will be an active part of the experiment, firing tiny thrusters about 10 times a second to adjust its position and avoid making contact with the cubes, thus shielding them from any forces that would prevent them from moving under the effect of gravity alone.



LISA Pathfinder fairing encapsulation in Kourou space-port, French Guyana. (ESA)

If these extraordinarily high-precision measurements and operations can be achieved by LISA Pathfinder, the door will be open to building a future space observatory, capable of detecting the minute disturbances in spacetime produced by gravitational waves, expected to be a few tens of a billionth of a millimetre over distances of millions of kilometres.

LISA Pathfinder will operate as a physics laboratory in space. Over an intense period of six months, mission scientists will analyse the data received

on Earth from each day's operations to plan the experiments to be performed on the satellite during the following days.



Kourou space-port, French Guyana. Fully assembled Vega rocket in its gantry. (ESA)



Michele Armano



Uczestnicy VII konferencji “Astrophisica nova”.

Analysis of photometric observations of an eclipsing dwarf nova – IY UMa

Karolina Bąkowska^{1,2}, Remigiusz Pospieszyński³

¹N.Copernicus Astronomical Center, Polish Academy of Sciences, ul. Bartycka 18,
00-716 Warszawa, Poland

²Fulbright Visiting Scholar, Dept. of Astronomy, The Ohio State University,
140 W. 18th Ave, Columbus, OH 43210, USA

³Comets and Meteor Workshop, ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa, Poland

Abstract

We present CCD photometry of the cataclysmic variable IY UMa. During 12 nights from 2010 October 3 to 2013 March 6 we detected one normal outburst. Based on eclipses observed in light curves of the IY UMa, the orbital period was calculated.

Introduction

Cataclysmic variable stars are close binary stars which consist a white dwarf (the primary) and a main-sequence (the secondary) stars. In such systems the white dwarf accretes matter from the secondary component through the inner Lagrangian-point L1 creating a luminous accretion disk. The place where the matter hits the disk is called the hot spot.

One of the subclasses of cataclysmic variables are SU-UMa type stars which are easily distinguishable due to their two types of outbursts. Superoutbursts are usually one magnitude brighter and they last longer than normal outbursts. Also, during superoutburst periodic oscillations called superhumps manifest their presence in light curves. Worth noting is that the period of superhumps is usually few percent longer than the orbital period (for review Hellier 2001).

IY UMa was observed in 1997 for the first time and was classified as a SU UMa-type star with the name TmzV 85 (Uemura, 2000). The first world-wide campaign dedicated to IY UMa was conducted by Patterson (2000) during which the physical parameters of the system were precisely determined, e.g. the orbital period $P_{\text{orb}}=0.0739091(1)$ days and the superhumps period $P_{\text{sh}}=0.07583$ days.

Observations

Our observations of IY UMa were conducted during 12 nights between 2010 October 3 and 2013 March 6. In total, we obtained 702 exposures. The star was monitored in “white light”. Depending on the brightness of the star and the weather conditions the exposure times varied from 90 to 210 seconds. The observation log is presented in Table 1. In Fig.1 we present finding chart of IY UMa.

All frames were obtained in Warsaw's University observing station in Ostrowik. The detector was Tektronix TK512CV backside illuminated CCD chip with the resolution of 512×512 pixels with 0.76 arcsec/pixel providing a 6.5×6.5 field of view. The camera was mounted on 60 cm Cassegrain telescope.

Table 1: The journal of observations of IY UMa.

| Date | Time of start 2450000 + [HJD] | Length of run [h] | Number of frames |
|-----------------|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| 2010 October 3 | 5473.64238 | 0.25 | 5 |
| 2010 October 4 | 5474.56190 | 0.96 | 18 |
| 2010 October 5 | 5475.62334 | 0.73 | 15 |
| 2010 October 8 | 5475.62334 | 2.41 | 45 |
| 2010 October 9 | 5479.54754 | 1.51 | 29 |
| 2010 October 16 | 5486.58886 | 2.08 | 36 |
| 2011 March 29 | 5650.38576 | 1.99 | 51 |
| 2012 March 27 | 6014.42303 | 1.60 | 29 |
| 2012 April 17 | 6035.29211 | 2.65 | 111 |
| 2012 April 23 | 6041.31852 | 0.95 | 36 |
| 2013 March 5 | 6356.45747 | 4.06 | 165 |
| 2013 March 6 | 6357.44345 | 4.36 | 162 |
| | Total: | 23.49 | 702 |

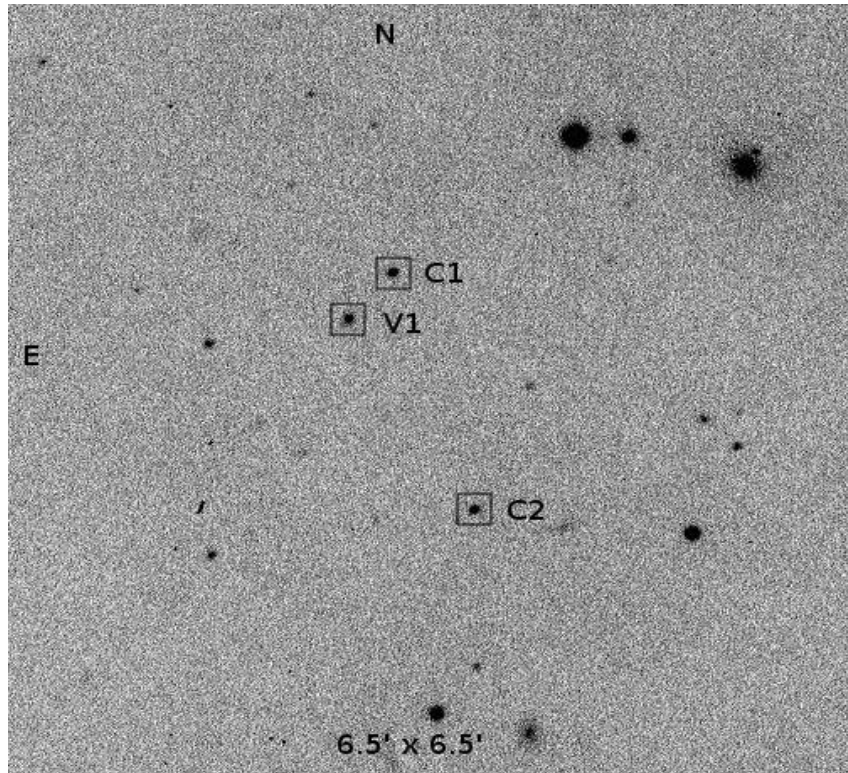


Fig.1 Sky chart of IY UMa. The field of view is $6.5'$ by $6.5'$, the North is up, the East is left. The variable star is marked as V1 and the comparison stars are marked as C1 and C2, respectively.

Results

In Fig.2 we present four light curves from 2010-2013 period. Deep eclipses preceded by the hot spot are clearly visible during quiescence (left panels and right top panel), absence of the hot spot was detected during outburst (right bottom panel). Global light curve of IY UMa is shown in Fig. 3, data from 2010 are presented on top panel, on bottom left panel observations from 2011 and 2012 are displayed, and on bottom right panel light curves from 2013.

In order to derive the orbital period, the O-C diagram was constructed. Our value of the orbital period $P_{\text{orb}}=0.07390873(2)$ day closely corresponds to $P_{\text{orb}}=0.0739091(1)$ day obtained by Patterson (2000). In Fig.4 the O-C diagram for 12 minima is presented and it is clearly seen that the orbital period of IY UMa was stable during four years of our observations.

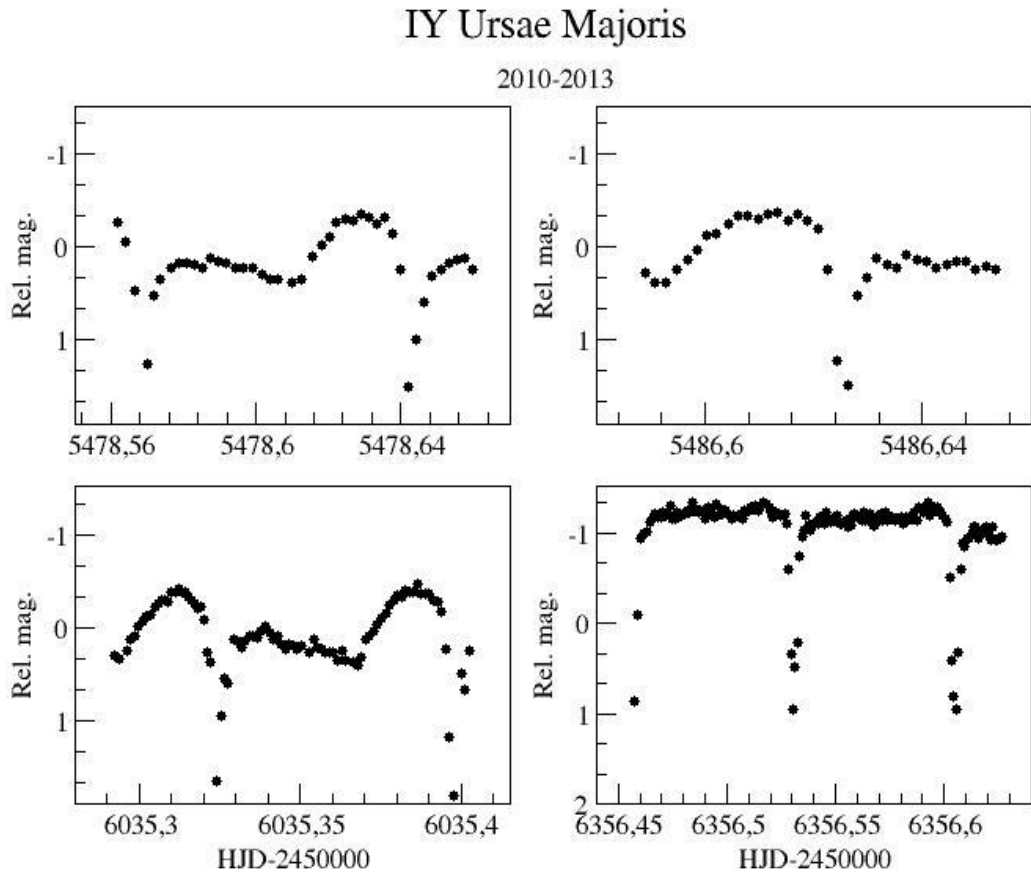


Fig. 2. Four light curves of IY UMa. On the left panels and on the right top panel the object was during quiescence. On the right bottom panel IY UMa was during normal outburst.

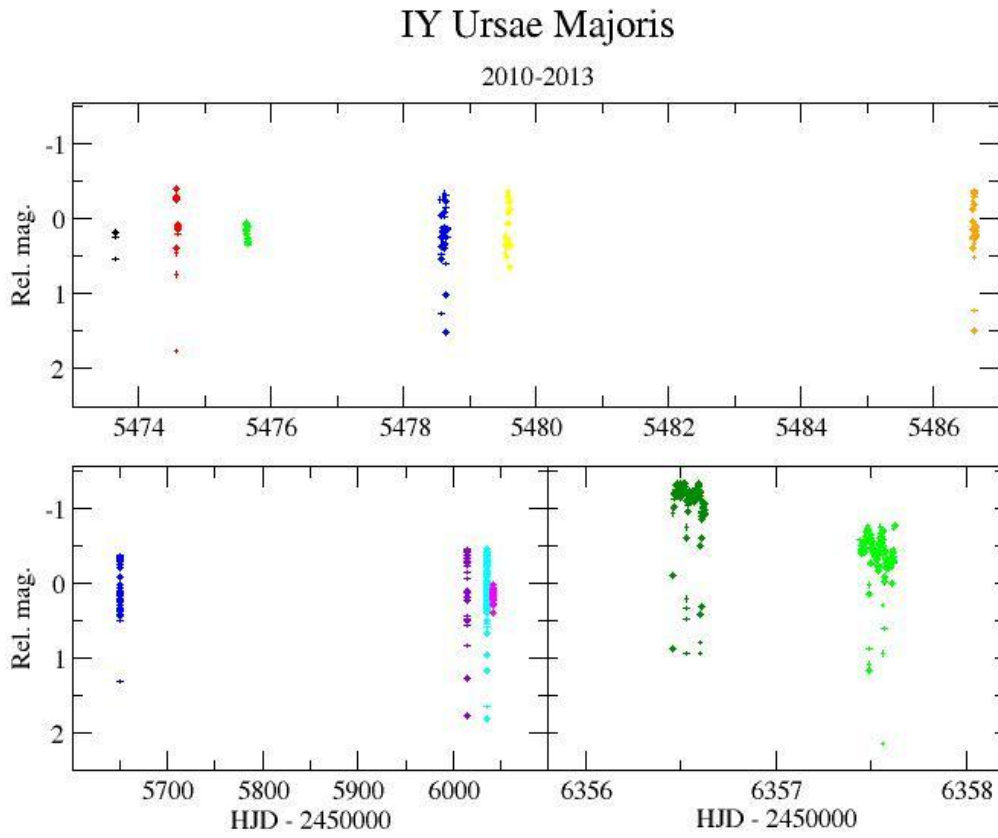


Fig.3. Global photometric behavior of IY UMa.

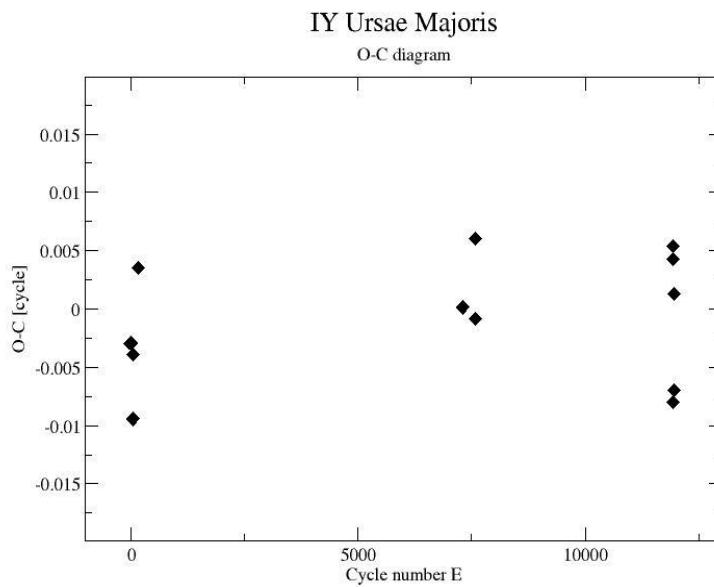


Fig. 4. O-C diagram for the moments of minima based on the 2010-2013 data set.

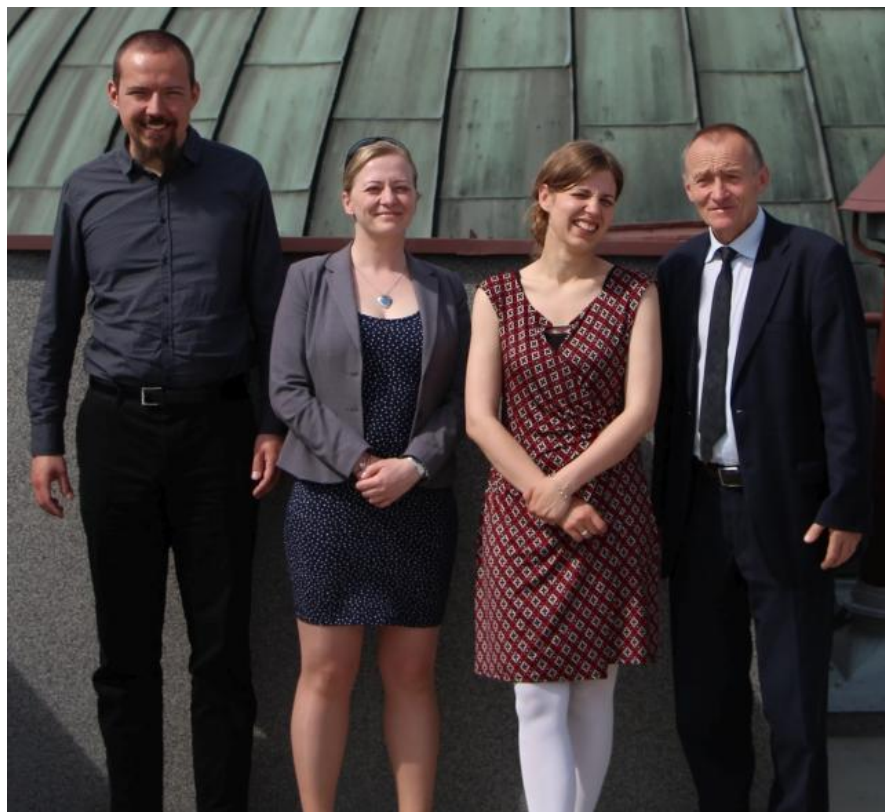
Summary

Our team monitored IY UMa during 12 nights over the period between October 2010 and March 2013. In the light curves of this cataclysmic variable the hot spot, followed by deep eclipses, was clearly visible during quiescence, and during normal outburst hot spot was absent. To check the hot spot manifestation (as it was done in case of HT Cas, Bąkowska & Olech 2014), the authors of this project plan further analysis of the hot spot of IY UMa.

Project was supported by Polish National Science Center grants awarded by decisions DEC-2012/07/N/ST9/04172 and DEC-2015/16/T/ST9/00174 for KB.

References

- Bąkowska K., Olech A., 2014, *Acta Astronomica*, Vol. 64, No. 3
Hellier C., 2001, *Cataclysmic Variable Stars*, Springer Verlag
Patterson J. et al., 2000, *PASP*, Vol. 112, No. 778
Uemura M. et al., 2000, *PASJ*, Vol. 52, No. 9



Od lewej: Remigiusz Pospieszyński, Karolina Bąkowska, Magda Butkiewicz-Bąk i Bogdan Wszółek.



Vitalii Breus

On the orbital period of the intermediate polar V2306 Cygni

V. Breus¹, K. Petrik², S. Zoła^{3,4}, A. Baransky⁵, T. Hegedus⁶

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

²Hlohovec Astronomical Observatory, Hlohovec, Slovak Republic

³Jagiellonian University Astronomical Observatory, Kraków, Poland

⁴Mt. Suhora Observatory, Pedagogical University, Kraków, Poland

⁵Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University, Kiev, Ukraine

⁶Baja Astronomical Observatory, Baja, Hungary

Abstract

We present the results of 6 years photometric monitoring of the magnetic cataclysmic variable V2306 Cygni (formerly known as 1WGA J1958.2+3232) obtained at collaborating observatories. Using the (O-C) analysis, we tried to study variability of the spin period of the white dwarf, but the scatter does not allow us to make a firm conclusion on it. At the same time, using (O-C) diagram of orbital minima, we found that the value of 0.181545(3) days better corresponds to the light curve than previously published orbital period values. Also we found the variability with 2.01 day period, this variability may be interpreted as possible precession of the accretion disk in this system.

Introduction

The pulsating X-ray source 1WG AJ1958.2+3232 was discovered by Israel et al. [4]. Authors discussed the possible nature of the 12-min pulsations and concluded that the source may be a long-period, low-luminosity X-ray pulsar, or an intermediate polar. Later on, Negueruela et al. [7] classified this object as an intermediate polar by its X-ray and optical characteristics. They noticed the double-peaked structure of the emission lines that indicates the presence of the accretion disc. Uslenghi et al. [9] suggested that the true spin period of the white dwarf could be 24 min rather than 12 min, and mentioned that this object has one of the slowest rotators exhibiting a double-peaked spin profile.

Zharikov et al. [10] reported the detection of the orbital period of $4^{\text{h}}36^{\text{m}}$ ($0^{\text{d}}.1802 \pm 0^{\text{d}}.0065$) from photometry and the final value of $0^{\text{d}}.18152 \pm 0^{\text{d}}.00011$ from radial velocity variations. They confirmed the presence of (733.82 ± 1.25) seconds spin period of the white dwarf using the spectroscopy and photometry and interpreted strong modulations with orbital period in the emission lines as a presence of a bright hot spot on the edge of the accretion disk.

Later on, Norton et al. [8] reported that the orbital period is (5.387 ± 0.006) hours, corresponding to the -1 day alias of the period found by Zharikov et al. [10] and confirmed that the rotational period of the white dwarf is twice the pulse period. Soon afterwards, Zharikov et al. [11] repeated the analysis using their own data along with the data provided by A. Norton. They confirmed

their previous results and published the final value of $0^{\text{d}}.181195 \pm 0^{\text{d}}.000339$. However, they mentioned that a longer time base of observations is needed to improve this value.

The star was named as V2306 Cyg in 2003. In this paper, we present the results of the long-term multi-colour photometric CCD monitoring of this system.

Observations

The CCD photometric observations of the V2306 Cyg were obtained using 60-cm Zeiss-Cassegrain telescope at the Observatory and Planetarium in Hlohovec, Slovakia, equipped with SBIG ST-9 camera, 50-cm Zeiss reflector at the Fort Skala Observatory in Kraków, Poland, equipped with Andor DZ936 camera, 70-cm AZT-8 telescope at the Astronomical Observatory of the Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, equipped with PL47-10 FLI and 50-cm reflector of the Baja Astronomical Observatory, Hungary, using the Apogee camera.

Along with our time series we analyzed all long CCD time series published in the AAVSO database (14 runs). All observations used in this research were obtained between 08.08.2009 and 30.06.2014.

The CCD frames were processed using C-MuniPack software package. The final time series were obtained using the program MCV (Andronov and Baklanov 2004) [2] taking into account multiple comparison stars method [5], the same software was used for periodogram analysis.

To determine spin maxima and orbital minima timings, we used two-cosine approximation with spin and orbital periods realized in the program MCV [2]. We calculated only one moment per set of observations (i. e. per night) because the accuracy estimate is much better then for individual extrema timings. This method is regularly used for approximation of observations of intermediate polars, e. g., MU Cam [6], EX Hya [3]. We took into account only best 41 spin and 41 orbital timings from 46 determined using all photometric data. To study period variations we used (O-C) analysis. Two O-C diagrams were built: for spin maxima and for orbital minima timings. Contrary to a classical representation of the O-C diagrams as a dependence of the timings from an ephemeris, we have used phases instead. For a correct ephemeris, the phases should be concentrated near the zero value.

White dwarf spin period

Period variations are frequently observed in the intermediate polars and are typically detectable at a time scale of decades. Using polynomial approximations to the (O-C) diagrams it is possible to study variations of the spin period of the white dwarf. Using coefficients of these approximations after many years of monitoring, it is possible to determine the value of the period more

precisely and detect period variability of the white dwarf. During our research in some objects we found a spin-up, sometimes the period increase was turned to a period decrease, sometimes the period is constant.

We tried to study variations of the spin period of V2306 Cygni the same way. Unfortunately, the relatively short timescale and large scatter at the (O-C) makes all attempts to correct cycle miscount ambiguous. Longer time base is needed, but we found no published spin maxima timings or time series obtained earlier.

On the orbital period

We used the preliminary value of the orbital period of $0^{\text{d}}.22446$ [8] among two published aliases of each other for (O-C) analysis due to larger amplitude of variations at the phase curves for some selected nights of observations. We found regular cycle miscount: all minima timings obtained during different years looked like separate trends not connected to each other. Using consecutive photometric runs obtained in May-June 2014 (see Figure 1), we found the value of a cycle miscount and corrected it for all (O-C) data.

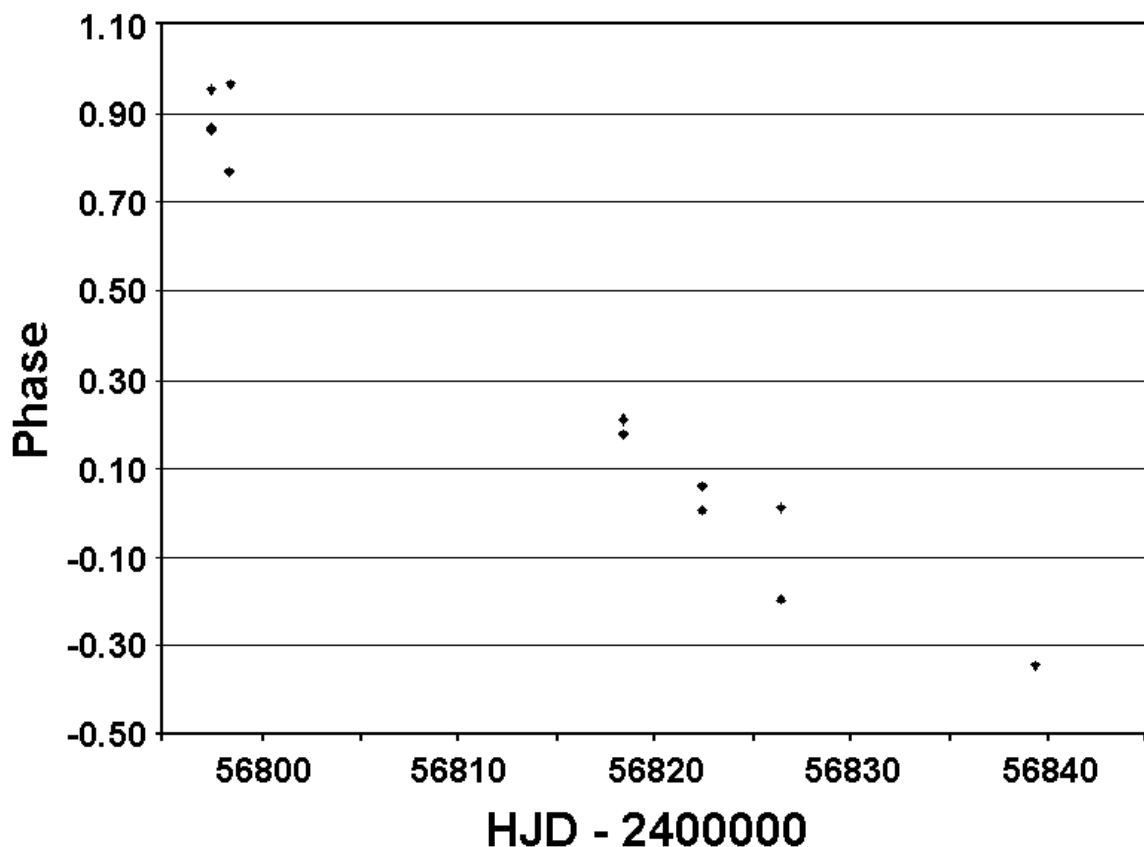


Fig.1. (O-C) diagram of V2306 Cyg for orbital minima using data obtained in May – June 2014.

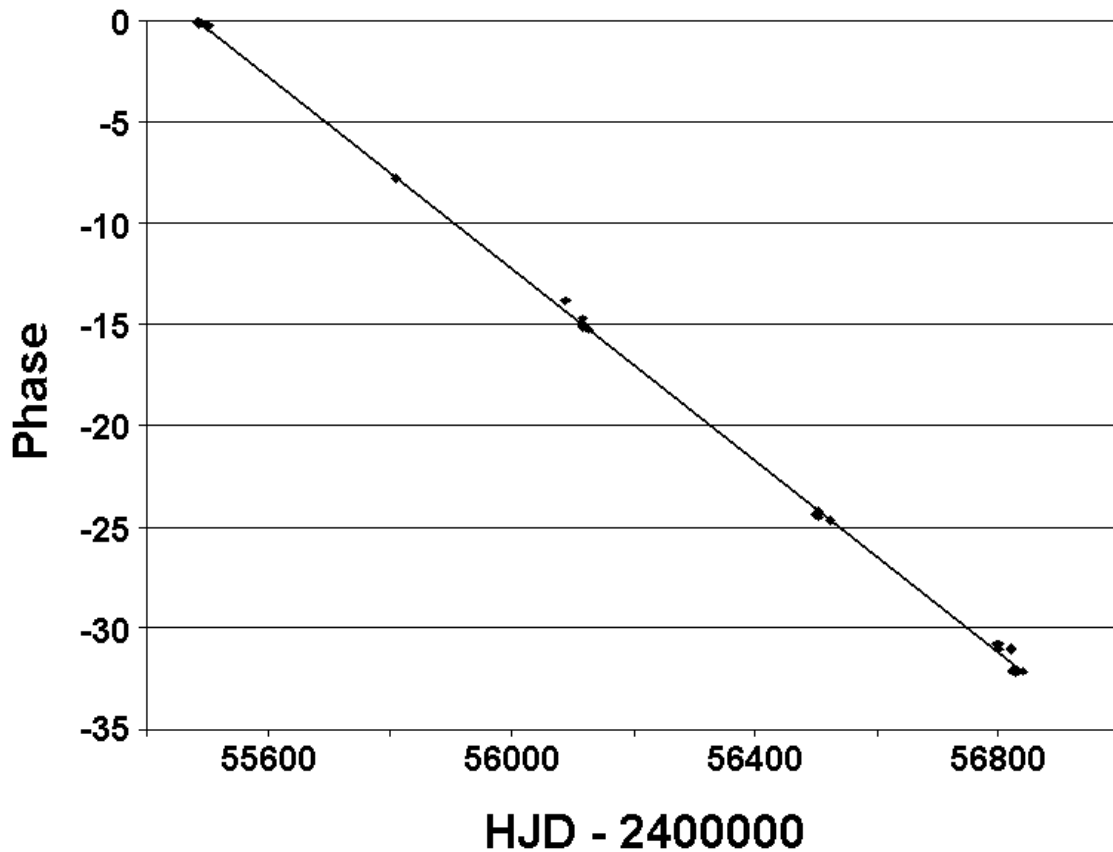


Fig.2. (O-C) diagram of V2306 Cyg for orbital minima using data obtained in 2010 – 2014.

After this, we smoothed the (O-C) diagram with a polynomial of statistically-optimal degree, which ended up being a linear approximation (see Fig. 2). Using coefficients of the polynomial, we determined a more accurate value for the orbital period of V2306 Cyg, which was $0.2232685(24)$ days.

Then we checked the (O-C) diagram for the period of $0^{\text{d}}.1825179$, which is a daily alias of our “corrected” value and close to that published by Zharikov et al. [10]. There were same separate linear trends from year to year. Using similar calculations we determined the new value of the orbital period of $0^{\text{d}}.181545 \pm 0^{\text{d}}.000003$, which is slightly different from the value of $0^{\text{d}}.181195 \pm 0^{\text{d}}.000339$ determined from radial velocities by Zharikov et al. [11].

Of course, longer time series and a larger time base enables to determine the orbital period of the system with better accuracy.

Longer periodicity

Periodogram analysis for the entire available time series revealed a prominent peak, which corresponds to the double value of the beat period of the orbital one and previously unknown one ($P = 2^{\text{d}}.0183$). This new period is visible at

the larger range periodogram. Despite the fact that this value is a multiple of the length of the day and observations cover only part of the phase curve, we noticed significant ascending and descending branches of it due to different mean brightness from night to night. It is worth noting that the phase curve in V has a much larger amplitude than in R filter, so if this variability is real, it may be interpreted as a possible precession of the accretion disk in this system.

Conclusions

We tried to find variability of the white dwarf spin period in the intermediate polar V2306 Cyg on the timescale of 5 years (2009–2014). Unfortunately, we found no unambiguous correction of present cycle miscount. However, using (O-C) analysis we corrected the value of the orbital period of this binary system and obtained the result $0^{\text{d}}.181545 \pm 0^{\text{d}}.000003$ which is consistent with the value published by Zharikov et al. [11]. Orbital phase curves of V2306 Cyg, calculated with this period, show larger amplitudes than all previously published or obtained by us for most seasons. Currently the accuracy estimate of our result is 113 times better. We report the detection of the $P = 2^{\text{d}}.0183$ periodicity, which may be interpreted as the precession of the accretion disk in this system.

References

- [1] Andronov I. L., 2003, ASP Conf. Ser., 292, 391
- [2] Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Visnyk Astronomichnoi Shkoly, 5, 264
- [3] Andronov I. L., Breus V. V., 2013, Astrophysics, 56, 518
- [4] Israel G. L., Angelini L., Campana S. et al., 1998, MNRAS, 298, 502
- [5] Kim Y., Andronov I. L., Jeon Y.-B., 2004, J. Astron. Space Sci., 21, 191
- [6] Kim Y.-G., Andronov I. L., Park S.-S. et al., 2005, J. Astron. Space Sci., 22, 197
- [7] Negueruela I., Reig P., Clark J. S., 2000, A&A, 354, L29
- [8] Norton A. J., Quaintrell H., Katajainen S. et al., 2002, A&A, 384, 195
- [9] Uslenghi M., Bergamini P., Catalano S., Tommasi L., Treves A., 2000, A&A, 359, 639
- [10] Zharikov S. V., Tovmassian G. H., Echevarria J., Cardenas A. A., 2001, A&A, 366, 834
- [11] Zharikov S. V., Tovmassian G. H., Echevarria J., 2002, A&A, 390, L23



Od lewej: Larisa Kudashkina, Piotr Flin, Vladyslava Marsakova i Ivan Andronov.



Kateryna Andrych z Odessy.

Astronomia aksjonowa

Filip Ficek

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

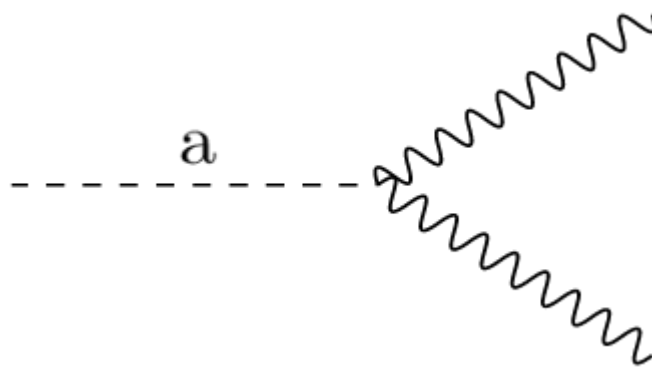
Współczesna fizyka pomimo swych niezaprzeczalnych sukcesów w objaśnianiu zjawisk z naszego otoczenia boryka się z wieloma problemami. Jednym z najpoważniejszych jest problem ciemnej materii: czym jest niewidoczna materia odpowiedzialna za anomalne zachowania galaktyk oraz stanowiąca 27% masy Wszechświata. Podejrzanych jest wiele: od bardzo lekkich, ale za to bardzo licznych, słabo oddziałujących cząstek, po zimne, niewidoczne obiekty astrofizyczne. Pomimo szeroko zakrojonych poszukiwań do tej pory nie udało się znaleźć zadowalającego kandydata na wyjaśnienie tej zagadki.

Innym, mniej znanym zagadnieniem jest problem braku łamania symetrii CP w chromodynamice kwantowej. Lagranżjan chromodynamiki kwantowej zawiera człon

$$\Theta \frac{\alpha_s}{8\pi} G^{\mu\nu a} G_{\mu\nu}^a,$$

gdzie $G^{\mu\nu a}$ są tensorami gluonowymi a Θ to stała z zakresu $(-\pi, \pi)$, która musi być wyznaczona doświadczalnie. Najdokładniejsze pomiary tej stałej opierają się na szukaniu elektrycznego momentu dipolowego neutronu i wyznaczają bardzo mocny limit $|\Theta| < 10^{-10}$. Oznacza to, że człon ten praktycznie nie wchodzi do lagranżjanu teorii, a jako że jest to jedyny człon łamiący symetrię CP (jednoczesne odbicie ładunkowe i przestrzenne) to cała teoria charakteryzuje się tą symetrią, skąd też bierze się nazwa problemu. Dlaczego wielkość Θ jest tak bliska zeru? Można spróbować odpowiedzieć na to pytanie na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest po prostu stwierdzenie, że tak już jest w naszym Wszechświecie, jednakże nie jest to zadowalające wyjaśnienie dla tak niesamowitego zbiegu okoliczności. Większość fizyków przychyliła się do drugiej możliwości - istnienia jakiegoś nieznanego nam jeszcze mechanizmu, który sprowadzałby wartość Θ do zera. Przykładem takiego mechanizmu jest zaproponowane w 1977 roku przez Roberto Peccei i Helen Quinn pole aksjonowe wraz ze swoją cząstką - aksjonem. Cząstka ta wchodziłaby do Modelu Standardowego w taki sposób, że parametr Θ , niezależnie od swej wartości, byłby efektywnie widziany jako zerowy, rozwiązując tym samym problem braku łamania symetrii CP w oddziaływaniach silnych. Ponadto aksjony, jako obdarzone masą cząstki, mogłyby być kandydatami na ciemną materię. W ten sposób poprzez wprowadzenie tylko jednej nowej cząstki rozwiązałibyśmy dwa istotne problemy fizyczne. Dalsze teorie przewidują także związki tych hipotetycznych aksjonów z ciemną energią lub brakiem symetrii w ilości materii i antimaterii w obserwowalnym Wszechświecie, czyniąc z nich istne panaceum na problemy współczesnej fizyki i astrofizyki.

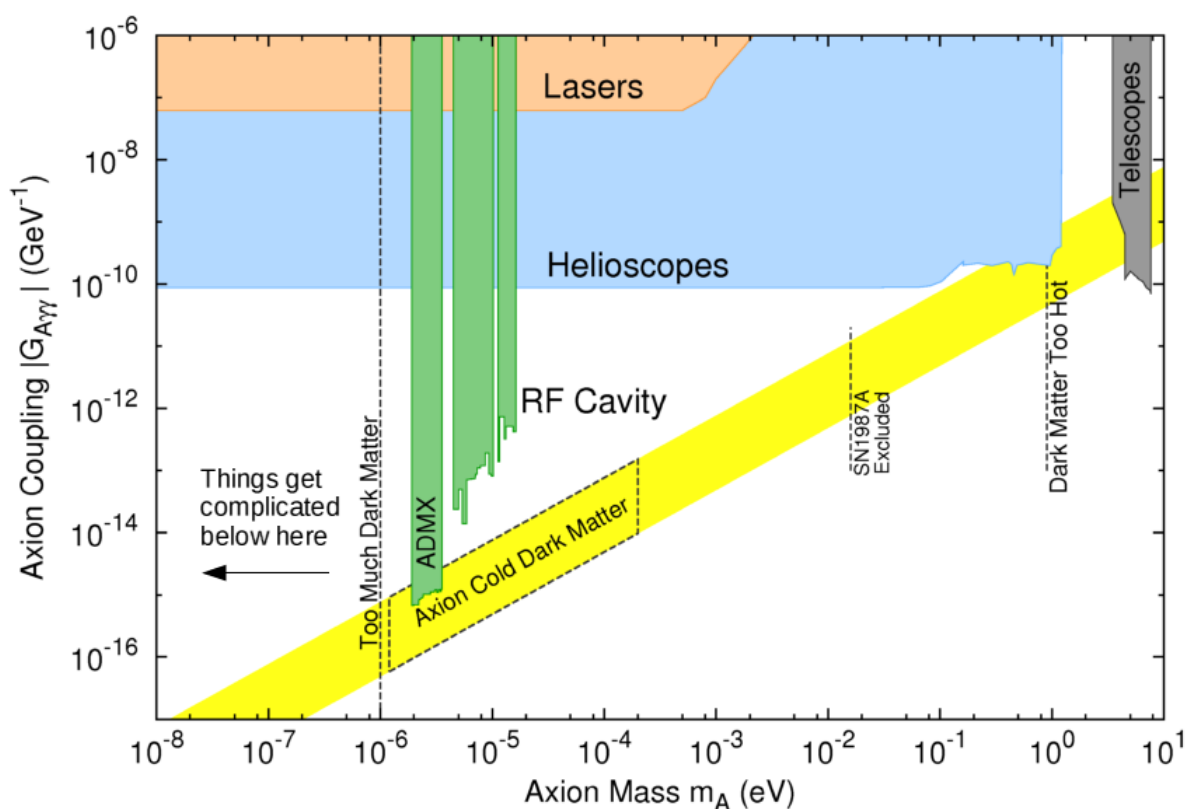
Czy, jeżeli aksjony faktycznie istnieją, da się je zaobserwować? Owszem, aksjony mimo tego, że słabo oddziałują z normalną materią, powinny być możliwe do wykrycia. Większość proponowanych metod ich detekcji opiera się na efekcie Primakoffa. Jest to zjawisko, w którym fotony ulegają konwersji do aksjonu w zewnętrznym polu magnetycznym. W związku z tym procesem gwiazdy powinny produkować dużą ilość aksjonów. Taka zwiększona emisja energii z gwiazd wiąże się z większym tempem reakcji termojądrowych w gwieździe niż przypuszczane. Większe tempo reakcji oznacza większą produkcję fotonów i neutrin, których strumienie znamy. Nakłada to naturalne limity na parametry cząstek aksjonowych, takie jak masa czy stała sprzężenia aksjon-foton.



Rys. 1. Efekt odwrotny do efektu Primakoffa.

Poza efektem Primakoffa zachodzi również zjawisko odwrotne do niego, w którym aksjon rozpada się na fotony. Zjawisko to jest podstawą działania helioskopów i haloskopów. Helioskopy są metalowymi cylindrami przesłoniętymi z obu stron i skierowanymi w stronę Słońca. Wewnątrz tych cylindrów generowane jest pole magnetyczne i umieszczony jest detektor promieniowania elektromagnetycznego. Jeżeli aksjony produkowane są w Słońcu, to jako słabo oddziałujące cząstki powinny z łatwością wniknąć do cylindra, a następnie część z nich powinna w polu magnetycznym zostać skonwertowana do fotonów, które byłyby wykryte przez detektor. W ten sposób funkcjonują takie eksperymenty jak CAST (CERN Axion Solar Telescope) albo Tokyo Axion Helioscope. W podobny sposób działają haloskopy, jednakże są one nastawione na wykrywanie aksjonów wchodzących w skład galaktycznego halo. Przykładem takiego doświadczenia jest amerykański ADMX (Axion Dark Matter eXperiment). Składa się on z rezonatora, który może być strojony poprzez wsuwanie i wysuwanie prętów, umieszczonego w polu magnetycznym. Poszukiwania prowadzone tym urządzeniem nakierowane są na aksjony o masach odpowiadających energiom promieniowania mikrofalowego.

Konwersja typu aksjon-foton nie jest jedynym sposobem, w jaki aksjony wchodzi w interakcję ze zwykłą materią. Pole aksjonowe oddziałuje z fermionami (elektronami i nukleonami) w sposób podobny do pola magnetycznego. Sugeruje to możliwość wykrycia pola aksjonowego przy użyciu magnetometrów, czyli urządzeń mierzących pole magnetyczne. Szczególnie interesujące dla tego zastosowania są magnetometry optyczne: są to urządzenia, które mierzą parametry wiązki świetlnej przechodzącej przez ośrodek, którego właściwości optyczne zależą od działającego na niego pola magnetycznego. Przy użyciu odpowiednio dostosowanego urządzenia, teoretycznie możliwe byłoby wykrycie pola aksjonowego, jednakże fermiony sprzęgają się nie tyle do pola aksjonowego, co do jego gradientu. Oznacza to, że jeżeli byłibyśmy w obszarze stałego pola aksjonowego (np. będącego w jego stanie podstawowym) niczego byśmy nie zaobserwowali. W tym miejscu wkracza jednak kosmologia aksjonowa.

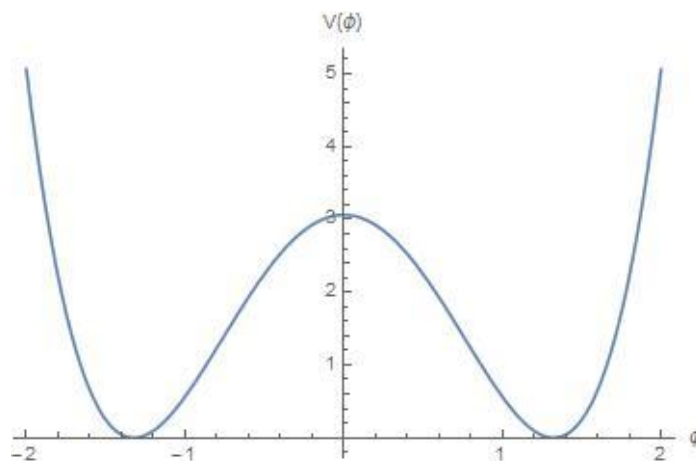


Rys. 2. Przestrzeń fazowa masy aksjonu i stałej sprzężenia aksjon-foton z zaznaczonymi wykluczonymi eksperymentalnie wartościami parametrów. Żółte pole pokrywa przewidywane teoretycznie wartości parametrów. (Źródło: Prezentacja G. Rybki na Workshop on Frontiers of New Physics: Colliders and Beyond)

Przypuszcza się, że istnieje możliwość, aby pole aksjonowe miało strukturę domenową podobną do struktury domenowej ferromagnetyków. Jest to związane z występowaniem specyficznego potencjału aksjonowego charakteryzującego się kilkoma minimami. Przykład takiego potencjału z dwoma minimami prezentuje rysunek 3. Gdy Wszechświat był niewielki i gęsty pole aksjo-

nowe mogło mieć praktycznie dowolne wartości w różnych miejscach, jednakże równocześnie z powiększaniem się i ochładzaniem się Wszechświata, wartość pola aksjonowego też musiała się zmniejszać, aż w końcu musiało ono wpaść do jednego z minimów potencjału i zlokalizowanego w nim stanu podstawowego. W jednych miejscach pole to mogło spaść do innego stanu podstawowego niż w innych. Ponieważ pole jest ciągłe, oznacza to, że pomiędzy takimi miejscami pole gładko przechodzi przez lokalne maksimum potencjału ($\varphi=0$ na rysunku 3). Miejsca takiego przejścia to ściany domenowe, kosmiczne struktury w których gradient pola aksjonowego jest niezerowy, a zatem powinien być wykrywalny przez wyżej opisane magnetometry optyczne. Prób wykrycia ścian domenowych w ten sposób podejmować się będzie powstający eksperyment GNOME.

GNOME (Global Network of Optical Magnetometers for Exotic physics) jest systemem docelowo składającym się z kilku baz rozmieszczonych na całym świecie (powstają one obecnie między innymi w Krakowie i Moguncji). W każdej z tych baz znajdowałby się magnetometr optyczny przystosowany do wykrywania przejść przez aksjonowe ściany domenowe. Niestety przewiduje się, że takie tranzyty są zdarzeniami dość rzadkimi (zdarzającymi się co najmniej co kilka lat) i krótkimi (trwającymi milisekundy) dlatego istnieje możliwość pomylenia sygnału przejścia ze zwykłym szumem aparatury. W związku z tym GNOME zamiast z pojedynczego magnetometru, składać się będzie z całej ich sieci, co jest możliwe dzięki względnie niskim kosztom



Rys. 3. Przykładowy potencjał pola aksjonowego. W tym przypadku istnieją dwa stany podstawowe.

postawienia pojedynczej stacji. Urządzenia te będą stale wymieniać między sobą wyniki pomiaru i dopiero sygnał zarejestrowany przez wszystkie z nich będzie mógł być uznany za rzeczywiste przejście przez ścianę domenową. Ponadto dzięki separacji przestrzennej urządzeń, tranzyty powinny być wykrywane przez różne z nich w różnych momentach. Przy sieci składającej się z czterech magnetometrów pozwoli to na określenie orientacji oraz prędkości

ściany domenowej. Każda dodatkowa baza będzie stanowiła referencyjny pomiar pozwalający zwiększyć dokładność przeprowadzanego doświadczenia.

Pierwsze próby działania systemu GNOME już się odbyły. Udało się sprząc ze sobą dwa magnetometry, jeden w Krakowie, drugi w Berkeley, na okres dwóch godzin. Oczywiście w tak krótkim czasie nie udało się zaobserwować żadnych interesujących zjawisk, jednakże doświadczenie to udowodniło, że powstanie całego systemu jest możliwe. Eksperyment GNOME powinien zacząć zbierać dane w 2016 roku. Nie wiemy czy istotnie wykryje on tranzyty przez ściany domenowe, czy też będzie milczał, ale wiemy jedno: niezależnie od wyniku zwiększy on naszą wiedzę o Wszechświecie.

Bibliografia

- Pustelny S. et al., 2013, The Global Network of Optical Magnetometers for Exotic physics (GNOME): A novel scheme to search for physics beyond the Standard Model, *Ann. Phys.* 525, No. 8-9, 659-670
- Pospelov M. et al., 2013, Detecting Domain Walls of Axionlike Models Using Terrestrial Experiments, *PRL* 110, 021803
- Stadnik Y. V., Flambaum V. V., 2014, Axion-induced effects in atoms, molecules and nuclei: parity non-conservation, anapole moment, electric dipole moments, and spin-gravity and spin-axion momentum coupling, *Phys. Rev. D*, 89, 043522
- Ringwald A., Rosenberg L.J, Rybka G., 2014, Axions and other similiar particles



Od lewej: Ivan Andronov, Anna Andronova, Agata Kołodziejczyk, Agnieszka Kuźmicz i Bogdan Wszolek.



Od lewej: Włodzimierz Godłowski, Bogdan Wszolek i Marek Jamrozy.

Nowa metoda badania orientacji galaktyk w gromadach

Włodzimierz Godłowski, Paulina Pajowska, Joanna Popiela

Uniwersytet Opolski, Instytut Fizyki, Oleska 48, 45-052 Opole, Poland

Abstrakt

W przedstawionej pracy zajmujemy się badaniem orientacji galaktyk w gromadach galaktyk. Odkrycie związanych z katalogami efektów systematycznych oraz udoskonalenie metodyki testowej pozwoliło uporządkować i ujednolicić dotychczasowy, mocno niejednorodny, obraz obserwacyjny. Przeprowadzenie badań w oparciu o próbki dużej liczebności zwiększyło wiarygodność statystyczną uzyskanych rezultatów, jednocześnie pozwalając na zbadanie problemu w obszarach dotychczas nieeksplorowanych. Nową możliwością daje zastosowanie metody opisanej w pracach Godłowski i in. (2010) oraz Godłowski (2012), która w czasie bieżących badań została istotnie ulepszona. Wyniki przedstawionych badań interpretujemy w sensie istnienia lub nie uporządkowania orientacji galaktyk w różnych skalach, a także pod kątem zgodności z przewidywaniami różnych scenariuszy powstawania galaktyk i ich struktur.

Wstęp

Jednym z fundamentalnych problemów współczesnej astronomii pozagalaktycznej i kosmologii jest problem formowania się galaktyk i ich struktur. Klasyczne modele teoretyczne, obrazujące różne koncepcje podejścia do tego zagadnienia (Peebles 1969, Zeldovich 1970, Efstathiou & Silk 1983), były poprawiane oraz modyfikowane przez wielu badaczy (np. Lee & Penn 2002, Navarro, Abadi & Steinmetz 2004, Codis i in. 2012, Varela i in. 2012). Efektem każdego z nich jest inny scenariusz powstawania struktur wielkoskalowych we Wszechświecie. Ostatecznym testem prawdziwości danego scenariusza jest konfrontacja jego przewidywań z obserwacjami. Testowanie rozmaitych scenariuszy jest możliwe, ponieważ dają one odmienne oczekiwania odnośnie orientacji galaktyk w strukturach, rozkładów momentów pędów galaktyk, jak też np. współliniowości położenia najjaśniejszej galaktyki i dużej osi struktury. Coraz bogatszy materiał obserwacyjny, zwłaszcza ten dotyczący dalekich obiektów, uzyskany m.in. przy użyciu Kosmicznego Teleskopu Hubble’a, daje szansę nie tylko na zwiększenie wiarygodności uzyskanych rezultatów, ale także na porównanie własności struktur bliskich i odległych.

W powszechnie przyjętym modelu Λ CDM, uważa się, iż Wszechświat jest przestrzennie płaski, izotropowy i jednorodny w odpowiednio wielkiej skali. Rozmiar tej „odpowiednio wielkiej skali” ulega zmianie wraz ze wzrostem naszej wiedzy o Wszechświecie. W modelu tym struktury formują się z pierwotnych, adiabatycznych, samoskalujących gaussowskich fluktuacji

(Silk 1968, Peebles & Yu 1970, Sunyaev & Zeldovich 1970). Na tych założeniach oparty jest model hierarchicznego grupowania. Przeprowadzone symulacje numeryczne potwierdziły, że taki scenariusz powstawania struktur jest możliwy (Bond, Kofman & Pogosyan 1996, Springel i in. 2005, van de Weygaert and Bond 2008a, 2008b). Jednocześnie, badania mikrofalowego promieniowania tła wykluczają znaczącą rotację Wszechświata jako całości.

Modele formowania struktur we Wszechświecie są ściśle związane z modelami formowania galaktyk. Podstawowym problemem jest rozróżnienie między różnymi modelami i szczegółowymi scenariuszami formowania galaktyk. Badanie orientacji galaktyk w przestrzeni jest standardowym testem poprawności scenariuszy powstawania galaktyk i ich struktur. Jest to możliwe, ponieważ różne scenariusze powstawania i ewolucji struktur kosmicznych dają różne przewidywania odnośnie momentów pędów galaktyk (Peebles 1969, Doroshkevich 1973, Shandarin 1974, Efstathiou i Silk 1983, Catelan i Theuns 1996, Li 1998, Lee i Pen 2000, 2001, 2002, Navarro, Abadi i Steinmetz 2004, Trujillio i in., 2006). Jeśli założymy, że normalne do płaszczyzn galaktyk są ich osiami rotacji, co jest sensownym założeniem przynajmniej w przypadku galaktyk spiralnych, oznacza to że rozmaite scenariusze formowania galaktyk dają rozmaite przewidywania odnośnie orientacji galaktyk w przestrzeni dla obiektów należących do poszczególnych struktur - w szczególności grup, gromad i supergromad galaktyk. Dlatego też badania nad orientacją galaktyk dostarczają cennych informacji na temat formowania galaktyk.

Podobną rolę pełnią badania orientacji grup i gromad galaktyk względem otaczającej je materii („efekt Binggeli’ego”), które również umożliwiają uzyskanie istotnych informacji o formowaniu galaktyk i ich struktur.

Metody badania orientacji galaktyk

Istnieją dwie główne metody badania orientacji galaktyk. Pierwsza metoda, szczegółowo przeanalizowana przez Hawleya i Peeblesa (1975), polega na badaniu rozkładów kątów pozycyjnych galaktyk. Podstawową wadą tej metody jest to, że kąty pozycyjne dają dobre informacje o orientacji płaszczyzny galaktyki jedynie dla galaktyk widocznych z boku. Druga metoda bazuje na idei Oepika (1970) rozwiniętej przez Jaaniste i Saar (1977, 1978). W metodzie tej bierze się pod uwagę nie tylko kąty pozycyjne galaktyk, ale także ich eliptyczności (kąty nachylenia do kierunku widzenia). W metodzie tej wylicza się dwa kąty (δ_D i η) opisujące przestrzenny rozkład orientacji galaktyk. Flin i Godłowski (1986), a następnie Godłowski (1993, 1994) poprawili metodę Jaaniste i Sarra (1977, 1978) usuwając błędy, które znalazły się w oryginalnej pracy.

Metoda ta umożliwia wykorzystanie do badań galaktyk o wszelkich możliwych ustawieniach i położeniach na sferze niebieskiej. Jednakże musimy uwzględnić zarówno fakt, iż galaktyki są spłaszczonymi sferoidami (Holm-

berg 1946), przy czym ich rzeczywiste stosunki osi zależą od typu morfologicznego (Heidmann, Heidmann, de Vaucouleurs 1972), jak i efekt Holmberga (Holmberg 1946, 1958, 1975, Fouque i Paturel 1985). Głównym problemem jest fakt, że obecne katalogi galaktyk na ogół nie zawierają informacji o ich typach morfologicznych, w związku z czym przyjmuje się uśrednioną wartość „prawdziwego” stosunku osi galaktyk $q_0=0.2$ (np. Tully 1988). W związku z tym konieczne stało się przedyskutowanie konsekwencji tego założenia, a co za tym idzie generowanych przez nie błędów.

Standardowa metoda badania orientacji galaktyk polega na analizie statystycznej rozkładów kątów dających informacje o momentach pędu galaktyk. Analizuje się kąty pozycyjne dużych osi galaktyk oraz dwa kąty (δ_D i η) opisujące przestrzenny rozkład orientacji galaktyk. Rozkłady te są testowane pod kątem odchylenia od rozkładów izotropowych przez zastosowanie różnych testów statystycznych. Hawley i Peebles (1975) do analizy orientacji galaktyk w strukturach wielkoskalowych zaproponowali użycie trzech testów statystycznych. Jednakże testy te były przystosowane do badań orientacji galaktyk w pojedynczych strukturach. Obecnie w związku ze zwiększeniem bazy obserwacyjnej stało się możliwe badanie orientacji w znacznie większej liczbie struktur. Dlatego też konieczne było poprawienie zaproponowanych przez Hawleya i Peeblsa (1975) metod zarówno poprzez dostosowanie ich do badania orientacji w próbie liczącej wiele grup i gromad galaktyk, jak również poprzez usunięcie przybliżeń, których użyto w metodzie oryginalnej.

Badania orientacji płaszczyzn galaktyk były prowadzone już w XIX wieku (Abbe 1875). Przegląd metod i wyników badań wykonanych przed drugą wojną światową zawiera, mająca dzisiaj już znaczenie wyłącznie historyczne, praca Danvera (1942). Nowoczesne badania nad orientacją galaktyk zaczynają się od pracy Holmberga z 1946 roku. Porównywał on ilości galaktyk widocznych z boku i z przodu. Przedyskutował efekty obserwacyjne występujące w optycznych pomiarach rozmiarów osi galaktyk i udowodnił, że obserwowana nadwyżka galaktyk widocznych z boku jest efektem obserwacyjnym. W swojej pracy Holmberg omówił problemy, które pojawiają się w tego typu badaniach. Kwestie omówione przez Holmberga zachowują aktualność aż do dzisiaj. Po pierwsze, zwrócił on uwagę na występowanie tzw. efektu Holmberga, (Holmberg 1946, 1958, 1975, Fouque i Paturel 1985), który polega na tym, że mikrometrycznie mierzone wartości dużej i małej półosi galaktyk zależą od eliptyczności obrazu, co z kolei powoduje konieczność redukcji otrzymanego z pomiarów mikrometrycznych stosunku osi q do standardowego systemu fotometrycznego. Holmberg podał, przy założeniu że galaktyki są „spłaszczonymi sferoidami”, wzór na obliczenie kąta nachylenia galaktyki (do „płaszczyzny” sfery niebieskiej) na podstawie jej obserwowanego stosunku osi q . Formuła ta ma postać: $\cos^2 i = (q^2 - q_0^2) / (1 - q_0^2)$, gdzie i jest kątem nachylenia (inklinacji), $q = b/a$ to obserwowany stosunek osi galaktyki, a q_0 jest

„prawdziwym” stosunkiem osi galaktyki, rozumianej jako trójosiowa elipsoida.

Jednakże większość prac z tego okresu, jak Wyatt i Brown (1955), Brown (1964, 1968), oparta była na analizie rozkładów kątów pozycyjnych dużych półosi galaktyk w bogatych w galaktyki rejonach nieba. Rozkłady kątów pozycyjnych badali też Reinhardt (1971) oraz Reinhardt i Roberts (1972) (w Reference Catalogue of Bright Galaxies de Vaucouleurs 1964) i Nilson (1974a) (w katalogu UGC Nilson (1973)). Znaleźli oni bardzo słabą preferencję ustawienia płaszczyzn galaktyk równoległe do płaszczyzny równika Lokalnej Supergromady. Nilson stosował tutaj kryterium jasnościowe – uwzględniał galaktyki jaśniejsze od 14.5^m . Prace te ilustrują kolejny problem, który pojawia się w badaniu orientacji galaktyk w strukturach – obciążenie wyników obecnością w analizowanej próbce galaktyk nienależących do badanej struktury. Postęp w tej dziedzinie okazał się możliwy, gdy pojawiły się katalogi prędkości radialnych galaktyk, jak Rood (1980) czy Tully (1988), ponieważ przy selekcji próbki można się było oprzeć na kryterium prędkości radialnych zamiast jasności.

Istotny postęp w badaniach nad orientacją płaszczyzn galaktyk datuje się od pracy Hawleya i Peeblesa (1975). Ich metoda badania orientacji galaktyk polegała na analizie statystycznej rozkładów kątów, w celu wykrycia ewentualnych odchyłek od rozkładu izotropowego. Hawley i Peebles zaproponowali użycie trzech testów statystycznych do analizy orientacji galaktyk w strukturach wielkoskalowych. Od tego czasu, zaczynając od pracy Thompsona (1976), metoda ta stała się standardową metodą do badania uporządkowania orientacji galaktyk. Główne testy zaproponowane przez autorów to: test χ^2 , test Fouriera i test Pierwszej Autokorelacji. We wszystkich testach wartości kątów pozycyjnych są przypisywane do $n=36$ kątowych przedziałów o równej długości. Liczba galaktyk w k -tym przedziale kątowym jest liczbą galaktyk o kątach pozycyjnych o wartościach odpowiadających temu przedziałowi. W teście Fouriera zakłada się, że odchylenia od izotropii są wolno zmienną funkcją testowego kąta θ (równego w omawianym przypadku kątowi pozycyjnemu galaktyki). Są one opisywane za pomocą modelu falowego, zgodnie ze wzorem $N_k=N_{0,k}(1+\Delta_{11}\cos 2\theta_k+\Delta_{21}\sin 2\theta_k)$, gdzie $N_{0,k}$ jest teoretyczną liczbą galaktyk w k -tym przedziale kątowym. W omawianym przypadku badamy rozkłady kątów pozycyjnych, a naszą hipotezą H_0 jest hipoteza, że rozkład jest izotropowy, więc wszystkie wartości $N_{0,k}$ są sobie równe. Test Pierwszej Autokorelacji bada korelację między ilościami galaktyk w sąsiednich przedziałach kątowych, wyrażoną wzorem: $C=\Sigma(N_k N_{0,k})(N_{k+1}-N_{0,k})/N_{0,k}$, przy czym przedział $k=n+1$ (w naszym przypadku $k=37$) odpowiada przedziałowi $k=1$.

Analiza przedstawionego wyżej modelu falowego pozwala również wyznaczyć kierunek odchylenia od izotropii. Interesujące jest zwłaszcza badanie współczynnika Δ_{11} . Jeśli wartość tego współczynnika jest ujemna oznacza to, że mamy przewagę galaktyk z kątami testowymi w zakresie ($45^\circ - 135^\circ$).

W analizowanym przypadku oznacza to, że kąty pozycyjne mają tendencję do ustawiania się równolegle do płaszczyzny głównej układu współrzędnych. W przypadku układu Supergalaktycznego jest to płaszczyzna główna Lokalnej Supergromady.

Niestety kąty pozycyjne dają dobre informacje o orientacji płaszczyzny galaktyki jedynie dla galaktyk widocznych z boku. W konsekwencji, galaktyki widoczne z przodu lub prawie z przodu muszą być wykluczone z analizy. Dodatkowo, jeżeli znajdujemy się w środku analizowanej struktury, to galaktyki muszą się znajdować blisko płaszczyzny głównej struktury. Przykładowo, gdy rozpatrujemy galaktyki należące do Lokalnej Supergromady (LSC) powinniśmy uwzględniać jedynie galaktyki leżące na małych szerokościach supergalaktycznych B (Godłowski 1994).

Alternatywna metoda zaproponowana przez Oepika (1970), a rozwinięta przez Jaaniste i Saara (1977, 1978) bazuje na deprojekcji obrazów galaktyk. Bierze ona pod uwagę nie tylko kąty pozycyjne galaktyk, ale także ich eliptyczności (kąty nachylenia do kierunku widzenia). W tej metodzie nie ma przeszkód do użycia galaktyk o wszelkich możliwych ustawieniach oraz położeniach na sferze niebieskiej. W metodzie tej orientacja galaktyk w przestrzeni jest opisywana przez dwa kąty. Pierwszy z nich („biegunowy”, δ_D) to kąt między normalną do płaszczyzny galaktyki, a płaszczyzną główną struktury. Drugi kąt („azymutalny”, η) opisuje kierunek między rzutem normalnej na płaszczyznę główną struktury a wybranym kierunkiem na tej płaszczyźnie (kierunek osi X rozważanego układu współrzędnych). Przykładowo, w przypadku analizy galaktyk należących do Lokalnej Supergromady, może to być kierunek łączący naszą galaktykę z centrum Gromady Panny. Oryginalna metoda Jaaniste i Sarra (1977, 1978) zawierała jednak błędy, które zostały poprawione przez Flina i Godłowskiego (1986).

Na podstawie samego obrazu galaktyki, na ogół trudno jest ustalić zwrot momentu pędu galaktyki. Ponadto, zazwyczaj nie wiemy, który „kant” galaktyki jest skierowany w naszą stronę. Tym samym w tego typu metodzie mamy cztery możliwe ustawienia osi rotacji galaktyki w przestrzeni. Jeśli nawet interesują nas tylko kierunki normalnych do płaszczyzn galaktyk, to w dalszym ciągu mamy dwa możliwe ustawienia galaktyk, z których oba muszą być wzięte pod uwagę. Znając wartości kąta pozycyjnego i inklinacji galaktyki oraz jej położenie na sferze niebieskiej możemy wyznaczyć wartości kątów δ_D oraz η (Flin Godłowski 1986). W praktyce wyznaczamy wartość $\sin \delta_D$, co daje nam informacje na temat wartości kąta δ_D oraz wartości $\sin \eta$ i $\cos \eta$, co daje nam pełną informację o wartości kąta η . Jednakże, ponieważ ze względu na brak informacji o zwrocie momentu pędu galaktyki ograniczamy się do uwzględnienia tylko dwóch rozwiązań, to w konsekwencji ograniczamy zakres analizowanego kąta η do wartości z przedziału $[0^\circ; 180^\circ)$, utożsamiając wartości η i $180^\circ + \eta$.

Samo ograniczenie się do dwóch rozwiązań też nie rozwiązuje wszystkich problemów. Rozważmy przykładowo (Flin i Godłowski 1986) galaktykę leżącą na supergalaktycznej szerokości $B > 0$ o supergalaktycznym kącie pozycyjnym $P = \pi/2$. Jeżeli teraz wybierzemy dwa rozwiązania skierowane „do wewnątrz sfery niebieskiej” to okazuje się, że rozkłady kątów „biegunowych” dla galaktyki nie będą „cosinusoidalne” (teoretyczny izotropowy rozkład na sferze), ponieważ dla żadnej wartości kąta inklinacji nie otrzymamy wartości $\delta_D > -B + \pi/2$, natomiast dwukrotnie otrzymamy wartości kąta $\delta_D < B - \pi/2$. Żeby w przypadku rozkładu losowego dostać teraz rozkład cosinusoidalny musimy przy „przejściu przez biegun” (to jest dla kąta inklinacji większego niż $\pi/2 - B$) zmienić znak wartości kąta „biegunowego” z ujemnej na dodatnią. W praktyce, badamy znak wyrażenia $S = -\cos i \cos B \mp \sin i \cos r \sin B$, (gdzie $r = P - \pi/2$) i jeżeli znak wyrażenia $S < 0$, to zmieniamy znak δ_D na przeciwny (Flin i Godłowski 1986, Godłowski 2012). Omawiany problem zawsze pojawi się w tej metodzie bez względu na to, którą parę rozwiązań weźmiemy. Alternatywą jest rozpatrywanie tylko bezwzględnych wartości kąta δ_D , jednak w ten sposób tracimy część informacji.

Po wyznaczeniu kątów „biegunowego” i „azymutalnego” możemy analizować ich rozkłady metodami statystycznymi, na przykład tymi zaproponowanymi przez Hawleya i Peeblesa (1975), w celu znalezienia ewentualnych nieprzypadkowych trendów. Ponieważ w przypadku kąta „biegunowego” teoretycznym rozkładem izotropowym na sferze jest rozkład cosinusoidalny, w którym nie wszystkie wartości $N_{0,k}$ są sobie równe, metoda Hawleya i Peeblesa (1975) musi zostać zmodyfikowana tak, by nadawała się do analizy badanych w tej metodzie rozkładów kątów (Flin i Godłowski 1986). W tym przypadku testowy kąt $\theta = \delta_D + \pi/2$ lub $\theta = \eta$. Teraz, jeśli wartość tego współczynnika Δ_{11} jest ujemna, oznacza to, że osie rotacji mają tendencję do ustawiania się równolegle do płaszczyzny głównej rozważanego układu współrzędnych (w przypadku Układu Supergalaktycznego równika Lokalnej Supergromady). W przypadku analizy kątów η jeśli wartość współczynnika Δ_{11} jest dodatnia, to rzuty normalnej do płaszczyzny galaktyki na płaszczyznę główną układu współrzędnych mają tendencje ustawiania się w kierunku osi X rozważanego układu współrzędnych.

Wspomniane metody zostały następnie rozwinięte w kolejnych pracach Godłowskiego (1993, 1994). W pracach tych explicite wprowadzono formuły na test Fouriera i Pierwszej Autokorelacji uwzględniające fakt, że dla kąta „biegunowego” poszczególne wartości $N_{0,k}$ są różne. Rozszerzono ponadto test Fouriera wprowadzając w modelu falowym nowy człon zależny od 4θ . Teraz odchylenia od izotropii będą wolno zmienną funkcją testowego kąta θ zgodnie ze wzorem: $N_k = N_{0,k}(1 + \Delta_{11}\cos 2\theta_k + \Delta_{21}\sin 2\theta_k + \Delta_{12}\cos 4\theta_k + \Delta_{22}\sin 4\theta_k)$. Możliwe jest również analizowanie podpróbek galaktyk, z których usuwamy część obiektów. Najczęściej usuwa się obiekty widoczne „z przodu”, ponieważ dla

tych obiektów dokładne wyznaczenie kątów pozycyjnych i inklinacji jest utrudnione. Dla tej klasy obiektów występują też największe problemy z różnieniem gwiazda-galaktyka. Godłowski (1993) zwrócił uwagę, że w takim przypadku „teoretyczne rozkłady izotropowe” będą odbiegać od idealnego rozkładu cosinusowego (dla kąta „biegunowego”) albo równomiernego (dla kąta azymutalnego) i muszą być wyznaczone za pomocą symulacji komputerowych. Dopiero takie poprawione „teoretyczne rozkłady izotropowe” można używać do badania rozkładów obserwowanych kątów. Przykład zastosowania tej procedury został zilustrowany rysunkami w pracy Flin i in. (2011).

Różne warianty omówionych wyżej metod zostały użyte w badaniach uporządkowania osi rotacji przez wielu autorów (patrz przykładowo Hu (1995, 1998), Wu (1997, 2006) Aryal i Saurer (2000)). Należy tu zwrócić uwagę na pracę Aryala i Saurera (2000), którzy zaproponowali nieco inne, niż w pracach Flin i Godłowski (1986) oraz Godłowski (1993, 1994), rozwiązanie problemu. W przypadku kątów „biegunowych” rozpatrywali oni wyłącznie ich bezwzględne wartości. Nie przeprowadzali oni opisanej wyżej procedury „symetryzacji” rozwiązań i od razu, z symulacji numerycznych, wyznaczyli teoretyczne rozkłady „izotropowe”. Ta metoda ma tę wadę, że w przypadku badania kątów „biegunowych” powoduje, poza utratą części informacji związanej ze znakiem kąta δ_D , również problemy z właściwym zastosowaniem testu Pierwszej Autokorelacji. Dzieje się tak dlatego, że test ten ma charakter „cykliczny”, przy czym (gdy dzielimy zakres testowego kąta na n przedziałów) przedział $k = n+1$ odpowiada przedziałowi $k = 1$, a nie ma fizycznych podstaw do utożsamiania kąta $\delta_D = 0^\circ$ z kątem $\delta_D = 90^\circ$.

Kolejnym istotnym problemem jest to, że w metodzie wyznaczania orientacji galaktyk bazującej na deprojekcji ich obrazów optycznych musimy uwzględnić zarówno fakt, iż galaktyki są spłaszczonymi sferoidami (Holmberg 1946), przy czym ich rzeczywiste stosunki osi zależą od typu morfologicznego (Heidmann, Heidmann, de Vaucouleurs 1972), jak i efekt Holmberga (Holmberg 1946, 1958, 1975, Fouque i Paturel 1985). Wpływ efektów prawdziwej eliptyczności i Holmberga na wyniki dotyczące analizy orientacji galaktyk został przedyskutowany w pracach Flina i Godłowskiego (1986, 1989a) oraz Godłowskiego (1993, 1994).

Krytyczną analizę metody badania przestrzennej orientacji galaktyk przy użyciu ich eliptyczności omówiono w pracy Godłowskiego i Ostrowskiego (1999). Badając grupy galaktyk należące do lokalnej Supergromady na podstawie katalogu Tully’ego (1988), w pracy tej znaleziono, że w grupach tych występuje silna nadwyżka galaktyk o normalnych do ich płaszczyzn (osiach rotacji) zgodnych z linią widzenia. Pokazano, iż proces deprojekcji galaktyk w oparciu o dane katalogowe generuje znaczące błędy systematyczne, które muszą być wzięte pod uwagę w analizie uporządkowania osi rotacji galaktyk. Wysłano hipotezę, że przyczyną była przyjęta przez Tully’ego (1988) metoda wyznaczania kąta inklinacji. Do jego wyznaczenia zastosował on co praw-

da wzór Holmberga zakładający, że galaktyki są spłaszczonymi sferoidami, jednakże przyjął jako wartość „prawdziwego” stosunku osi galaktyk, jednakową dla wszystkich galaktyk uśrednioną wartość $q_0=0.2$. Efekt ten (nazwany przez nas efektem „line of sight” LOS), potwierdzony w pracach Godłowskiego, Baiera i MacGillivraya (1998) oraz Baiera, Godłowskiego i MacGillivraya (2003), mógł mieć wpływ na zafałszowanie części wcześniejszych wyników badań dotyczących orientacji galaktyk. Procedura generowania „teoretycznych rozkładów izotropowych” (Godłowski 1993) została użyta w pracy Godłowski i Ostrowski (1999) do modelowania efektu LOS. Należy podkreślić, że modelując efekt LOS dla próbki galaktyk pochodzących z katalogów UGC (Nilson 1973) i ESO (Lauberts 1982), z uwzględnieniem efektów prawdziwej eliptyczności (według przepisu Heidmanna, Heidmann i de Vaucouleursa (1972)) i efektu Holmberga (według przepisu Fouquet i Paturela (1985)) znaleziono, że badany efekt, jeśli istnieje jest znacznie mniejszy. Wynik ten jest zgodny z wynikiem Bahcalla, Guhathakurta i Schneidera (1990), którzy stwierdzili, że w UGC nie występuje nadwyżka galaktyk eliptycznych widocznych z przodu.

Problem ten został przebadany szczegółowo w pracy Godłowski (2011b). W pracy tej ponownie przebadano grupy galaktyk Tully’ego. Tym razem zamiast przyjąć wartości kątów inklinacji podanych w katalogu Tully’ego (1988) wyliczamy kąt inklinacji ze wzoru Holmberga: $\cos^2 i = (q^2 - q_0^2) / (1 - q_0^2)$, ale q_0 bierzemy z pracy Heidmann, Heidmann, de Vaucouleurs (1972), która podaje zależność q_0 od typu morfologicznego. Jest to możliwe, ponieważ w katalogu Tully’ego (1988) zawarto informacje o typach morfologicznych galaktyk. Dodatkowo uwzględniamy korektę na efekt Holmberga według przepisu Fouquet i Paturela (1985). W rezultacie okazało się, że znaleziona w pracy Godłowski i Ostrowski (1999) nadwyżka galaktyk z normalnymi do ich płaszczyzn skierowanymi w kierunku osi widzenia znika. Ponieważ obie prace, Godłowski i Ostrowski (1999) i Godłowski (2011b) zostały wykonane na tym samym materiale obserwacyjnym, można wnioskować, że przyjęcie średniej wartości $q_0=0.2$, faktycznie jest odpowiedzialne za występowanie efektu LOS i w konsekwencji za możliwe zafałszowanie części wcześniejszych wyników badań dotyczących orientacji galaktyk.

Problem „prawdziwego” kształtu galaktyk jest również bardzo istotny w kontekście relacji Tully-Fishera (Tully i Fisher 1977) i barionowej relacji Tully-Fishera (Freeman i in. 1999, McGaugh i in. 2000 oraz ostatni przegląd Gurovich i in. 2010). Jednym z istotnych problemów w tej relacji jest skorygowanie położenia galaktyki na położenie „z boku” (edge-on). Kąt inklinacji jest otrzymywany przy założeniu „prawdziwej eliptyczności” 0.2, co jak pokazaliśmy nie jest dobrym przybliżeniem. Relacja Tully Fishera jest tym miejscem gdzie spotykają się obserwacje i teoria wyznaczania momentów pędów galaktyk.

Orientacja galaktyk w gromadach

Kolejnym interesującym problemem badawczym jest pytanie czy orientacja galaktyk zależy od masy badanej struktury. Problem ten był badany jakościowo przez Godłowskiego, Szydłowskiego i Flina (2005) oraz Aryala, Pudela i Saurera (2007). Wraz z pojawieniem się nowych danych obserwacyjnych stało się możliwe przebadanie tego problemu w sposób ilościowy. W pracy Godłowski i in. (2010) przeanalizowano orientację galaktyk w 247 gromadach Abell'a. Analiza została przeprowadzona w próbie 247 gromad o liczebności co najmniej 100 obiektów pochodzącej z katalogu PF (Panko i Flin 2006) i mających identyfikację w katalogu ACO (Abell, Corwin i Olowin 1989). Dla każdej analizowanej w pracy Godłowski i in. (2010) gromady, wyznaczono zarówno rozkłady kątów pozycyjnych jak i kątów „biegunowych” i „azymutalnych”, zarówno w układzie równikowym jak i w układzie Supergalaktycznym. Do analizy rozkładów tych kątów użyto statystyk testów χ^2 i testu Fouriera (Hawley i Peebles 1975, Flin i Godłowski 1986, Godłowski 1993, 1994). Metodą regresji liniowej przebadano czy wartości analizowanych statystyk rosną wraz ze wzrostem liczebności gromady, co świadczyłoby o wzroście uporządkowania orientacji galaktyk z liczebnością gromady. Niezależnie tą samą metodą przebadano zależność uporządkowania orientacji galaktyk od jej typu morfologicznego według klasyfikacji Bautz-Morgan (BM) oraz dyspersji prędkości galaktyk w gromadach.

W pracy Godłowski i in. (2010) znaleziono, że następuje wzrost uporządkowania orientacji galaktyk z liczebnością gromady. Pytaniem, które się nasywa jest to, czy w takiej próbie bogatych gromad Abell'a można stwierdzić występowanie uporządkowania galaktyk jako takiego, a nie tylko samego wzrostu uporządkowania wraz z liczebnością. Problemem tym zajęto się w pracy Godłowski (2012).

Do tej pory prace dotyczące orientacji w gromadach dotyczyły jednej, albo co najwyżej paru gromad galaktyk. Najwięcej obiektów przebadali Aryal, Pudel i Saurer (2007) w pracy podsumowującej cykl ich prac poświęconych orientacji galaktyk w gromadach. W pracy Godłowski (2012) rozważono próbkę 247 gromad Abell'a. Jest to o rząd wielkości więcej niż w pracy Aryal, Pudel i Saurer (2007). Dzięki temu możliwe było skuteczne przebadanie własności statystycznych całej próbki.

W pracy użyto testów: χ^2 , Fouriera, Pierwszej Autokorelacji i Kołmogorowa-Smirnowa. Dla każdej z badanych gromad wyliczono wartości statystyk testowych mierzących odchylenie rozkładów kątów pozycyjnych od rozkładu równomiernego. Następnie wyliczono średnie wartości statystyk testowych oraz ich błędy. Te wartości można teraz było porównać zarówno z przewidywaniami teoretycznymi, jak i z wynikami symulacji komputerowych. Analiza testu Pierwszej Autokorelacji pokazała, że oryginalny wynik Peeblesa został otrzymany przy założeniu, iż ilości galaktyk w poszczegól-

nych przedziałach kątowych są od siebie niezależne. Tymczasem, jeżeli badamy „zbinowane” rozkłady kątów mamy do czynienia z rozkładem wielomianowym, w którym istnieje nieznikająca kowariancja między ilościami galaktyk w sąsiednich przedziałach kątowych. W rezultacie trzeba było powtórzyć wyliczenia Peeblesa dotyczące wartości oczekiwanych statystyki C. Okazało się, że wartość ta wynosi $C=-1$ zamiast $C=0$, jak w przybliżeniu Peeblesa. Przybliżenie Peeblesa działa dobrze w przypadku jednej struktury, ponieważ wariancja jest równa liczbie przedziałów kątowych i przy 36 przedziałach kątowych (każdy o „długości” 5°) $\sigma^2=36$. W tym przypadku różnica wartości oczekiwanych równa jeden nie jest duża. Jednakże, gdy rozpatrujemy próbkę 247 struktur, różnica wartości oczekiwanych równa jeden przekłada się na efekt prawie na poziomie 3σ . Z kolei analiza testu Fouriera wykazała, że błąd amplitudy Δ , mierzącej odchylenie od izotropii $\Delta^2=\Delta_{11}^2+\Delta_{21}^2$, wyliczono z prawa propagacji błędów, które zakłada liniową zależność między zmiennymi (albo przynajmniej zakłada, że rozwinięcie funkcji w szereg Taylora z dokładnością do wyrazu liniowego jest wystarczające). W pracy Godłowski (2012) pokazano, że w rozpatrywanym przypadku przybliżenie liniowe nie jest zadowalające. W konsekwencji konieczne było ponowne wyliczenie błędów amplitudy Δ w oparciu o dokładniejsze przybliżenie oraz sprawdzenie jego poprawności poprzez symulacje komputerowe, przy zastosowaniu generatora liczb losowych.

Okazało się, że dotychczas stosowane generatory losowe mają niewystarczająco dla naszych celów okres powtarzalności generatora, nie są również wolne od efektów autokorelacji oraz specyficznych efektów powstających przy losowaniu po hiperpowierzchniach. Przebadano szereg generatorów liczb losowych w ten sposób, że przy pomocy każdego z nich wygenerowano losowe rozkłady kątów pozycyjnych w 247 gromadach, liczących po 2360 galaktyk każda. Dla każdej z gromad wyliczono wartości statystyk testowych, a następnie wartość średnią w całej próbce. Wykonano 1000 takich symulacji. Do testów wybrano statystyki: χ^2 , X , $\Delta_{11}/\sigma(\Delta_{11})$, ponieważ mają one dobrze przewidziane teoretycznie zarówno wartości oczekiwane jak i wariancje (z wyjątkiem wariancji statystyki C). Wyliczono wartości średnie statystyk z 1000 symulacji oraz ich wariancje, wariancje wartości średnich oraz wariancje estymatora wariancji. Ostatecznie okazało się, że wymagania spełnia jedynie zazwyczaj niestosowany w badaniach astronomicznych generator RANLUX. Generator ten wybrano, jako generator bazowy.

Omówione wyżej ulepszenia oryginalnej metody Hawleya i Peeblesa dotyczące analizy rozkładów kątów pozycyjnych (Godłowski 2011b, 2012) zostaną rozszerzone na badania orientacji przestrzennej płaszczyzn galaktyk (Panko i in. 2013), co znacznie rozszerzy zakres uzyskiwanych z takich badań informacji. Metody używane do wyznaczenia orientacji galaktyk mogą też być łatwo przeniesione do badania problemu orientacji struktur galaktyk takich jak

grupy i gromady galaktyk, jak również do badania relacji między orientacjami gromad a orientacją poszczególnych ich członków (Godłowski i Flin, 2010). Analogicznie można badać relacje między orientacjami gromad a wyróżnionymi kierunkami, takimi jak kierunek na centrum supergromady albo kierunek linii łączącej dwie najjaśniejsze galaktyki w gromadzie. Możliwe jest też badanie efektu Binggeli'ego, czyli zależności między położeniami dużych osi gromad galaktyk a kierunkami na ich sąsiadów (Binggeli 1982). W przypadku badania tego ostatniego efektu szczególnie przydatny jest test Kołmogorowa-Smirnowa i metoda regresji liniowej.

Wyniki testowania orientacji galaktyk w strukturach

Orientację galaktyk badano w rozmaitych strukturach o różnych rozmiarach. Historycznie pierwsze badania dotyczyły Lokalnej Supergromady (LSC). Orientacja galaktyk w LSC i jej bliskim otoczeniu była studiowana w wielu pracach. Rezultaty większości wczesnych badań poświęconych uporządkowaniu osi rotacji galaktyk (Wyatt i Brown 1955, Brown 1964, 1968, Reinhardt 1971, Reinhardt i Roberts 1972, Nilson 1974a, Jaaniste i Saar 1978, MacGillivray i in. 1982a,b, MacGillivray i Dodd 1985a,b, Kapranidis i Sullivan 1983) wskazywały, że galaktyki są zorientowane albo przypadkowo albo ich płaszczyzny ustawione są równoległe do płaszczyzny głównej struktury. Wyniki te potwierdzały przewidywania teorii grupowania hierarchicznego, jak również teorię pierwotnej turbulencji. W tym czasie jedynie Jaaniste i Saar (1978), wykorzystując nie tylko kąty pozycyjne galaktyk, ale i ich nachylenie twierdzili, iż w LSC występuje nadwyżka galaktyk z osiami rotacji ustawionymi w płaszczyźnie równika LSC.

Przyczyny występowania rozbieżności między wynikami wczesnych badań dotyczących orientacji galaktyk zostały omówione w pracach Flina i Godłowskiego (1986) oraz Godłowskiego (1993, 1994). Pokazano w nich między innymi, że głównymi przyczynami ich występowania było zanieczyszczenie próbek przez obiekty tła oraz trudności z właściwą interpretacją uzyskanych rezultatów spowodowane zastosowaniem równikowego układu współrzędnych zamiast układu Supergalaktycznego. Na rolę odpowiedniego wyboru układu współrzędnych zwrócili też uwagę Flin (1994), Godłowski (1995), Bukhari i Cram (2003), Wu (2006), a zwłaszcza Aryal, Kandel i Saurer (2006), którzy pokazali, że interpretacja wyników badań nad orientacją galaktyk w jądrze („core”) Koncentracji Shapleya – gromadzie Abell 3558 - zależy właśnie od zastosowanego układu współrzędnych.

W pracy Flin i Godłowski (1986) oraz Godłowski (1993, 1994) wskazano, że normalne do płaszczyzn galaktyk należących do Lokalnej Supergromady są ustawione równoległe do płaszczyzny głównej równika LSC, a ich rzuty skierowane są równoległe do kierunku łączącego naszą Galaktykę z centrum Lokalnej Supergalaktyki - Gromadą Panny. Znaleziony efekt zależny jest od

typu morfologicznego galaktyk. Wyniki Flina i Godłowskiego (1986) oraz Godłowskiego (1993, 1994) potwierdziła późniejsza praca Parnovskyego i in. (1994), w której znaleziono nadwyżkę osi rotacji galaktyk skierowanych w kierunku $4-6^{\text{h}}$, $20-40^{\circ}$. Autorzy ci uznali, iż obserwowana anizotropia ma charakter globalny, ponieważ jak zauważyli, ich rezultat jest generalnie zgodny z wcześniejszymi wynikami Flichea i Soriana (1990) dotyczącymi orientacji rozszerzonych galaktycznych otoczek HI i „kosmicznego bieguna” wykrytego w analizie odległych kwazarów ($5^{\text{h}}30^{\text{m}}$, 7°). Jednakże, Flin (1995) przeanalizował te wyniki wskazując, iż obserwowana anizotropia w orientacji galaktyk jest zgodna z wynikami pracy Flina i Godłowskiego (1986), co więcej, nie ma ona charakteru globalnego, lecz jest związana z LSC. Wyniki prac Flina i Godłowskiego (1986) oraz Godłowskiego (1993, 1994) zostały później potwierdzone również przez innych autorów (patrz np. przegląd wyników badań nad orientacją galaktyk w LSC Hu i in. 2006).

Na pierwszy rzut oka wydawało się, że wyniki badań nad orientacją galaktyk w LSC faworyzują model „naleśników” Zeldowicza. Jednakże odnajdujemy argumenty przemawiające za tym, iż sytuacja jest bardziej skomplikowana. Pierwszą przesłanką wskazującą na ten fakt, jest orientacja galaktyk w podstrukturach Lokalnej Supergromady. Flin i Godłowski (1990) oraz Godłowski (1993) analizując orientację galaktyk w podstrukturach LSC, zdefiniowanych na podstawie pracy Tully’ego (1986), znaleźli, iż orientacja zmienia się w zależności od podstruktury. W pracy Godłowski (1994) wykryto zależność orientacji od prędkości radialnych badanych galaktyk. Natomiast w pracach Flina i Godłowskiego (1989a), Kashikawy i Okamury (1992) oraz Godłowskiego (1994) pokazano, że osie rotacji galaktyk leżących na małych szerokościach supergalaktycznych są równoległe do płaszczyzny głównej LSC, a osie rotacji galaktyk leżących na wysokich szerokościach supergalaktycznych są ustawione prostopadle do tej płaszczyzny. W tym przypadku, osie rotacji galaktyk mają tendencję do kierowania się na centrum Gromady Panny. Taki rezultat, potwierdzony w pracy Hu i in. (2006), wspiera raczej bardziej skomplikowany model hybrydowy aniżeli prosty model „naleśników”. Również wyniki Aryala i Saurera (2005a), którzy znaleźli słabą preferencję ustawienia spinów galaktyk spiralnych należących do LSC w kierunku prostopadłym do płaszczyzny równika supergalaktycznego, nie są zgodne z przewidywaniami teorii „naleśników” Zeldowicza. Z kolei Aryal i jego współpracownicy w serii prac (Aryal, Kafle i Saurer 2008, Aryal, Neupane i Saurer 2008, Aryal, Paudel i Saurer 2008, Aryal 2011) analizowali różne próbki galaktyk spiralnych w LSC i jej otoczeniu (prędkości radialne $V < 5000$ km/sek) znajdując, że tylko galaktyki spiralne z poprzeczką wykazują uporządkowanie orientacji płaszczyzn galaktyk, przy czym efekt uporządkowania zależy od prędkości radialnych galaktyk.

Okazało się, że wyniki badań nad orientacją galaktyk w LSC mogą być także interpretowane zgodnie ze scenariuszem grupowania hierarchicznego.

Wczesne wyniki teoretyczne dotyczące scenariusza grupowania hierarchicznego implikowały, że rozkład momentów pędów galaktyk powinien być losowy (i wynik ten jest ciągle podtrzymywany przez część badaczy jak np. Brook i in. 2008), ale później pokazano, że lokalny pływowy tensor ścinania może powodować lokalne uporządkowanie osi rotacji (Dubinski 1992, Cate-lan i Theuns 1996, Lee i Pen 2000, 2001, 2002, Navarro, Abadi i Steinmetz 2004). Głównym mechanizmem generowania rotacji galaktyk w scenariuszu grupowania hierarchicznego jest mechanizm oddziaływań pływowych, który przewiduje występowanie uporządkowania orientacji galaktyk. W związku z tym wyniki wcześniejszych prac wskazujących na istnienie uporządkowania galaktyk, takich jak prace Flina i Godłowskiego (1986, 1989a) były reinterpretowane jako zgodne z mechanizmem oddziaływania pływowego (np. Navarro, Abadi i Steinmetz 2004, Lee 2004, Lee i Erdogdu 2007, Varela in. 2012). Lee i jego współpracownicy (Lee i Pen 2002, Lee 2004, Lee i Erdogdu 2007 oraz Lee 2011) analizowali wewnętrzne uporządkowanie galaktyk bazując na danych obserwacyjnych, poprzez rekonstrukcję pływowego tensora ścinania, znajdując korelację między kierunkami spinów galaktyk spiralnych, a kierunkiem osi pływowego tensora ścinania. Navarro, Abadi i Steinmetz (2004) analizując próbkę widocznych z boku bliskich galaktyk spiralnych znaleźli, że płaszczyzny tych galaktyk są ustawione prostopadle do płaszczyzny głównej LSC, czyli zgodnie z wynikami prac Flin i Godłowski (1986) oraz Godłowski (1993, 1994). Lee (2004) zinterpretował te wyniki, jako zgodne z modelem oddziaływań pływowych. Opierając się na tym scenariuszu, analitycznie badał jego konsekwencje dla wielkoskalowej orientacji galaktyk, znajdując zgodność swoich przewidywań z rozkładem orientacji bliskich galaktyk spiralnych. Trujillo, Carretero i Patiri (2006) badając rozkład kątów między osiami rotacji galaktyk, a wektorem łączącym galaktykę z centrum lokalnej „pustki” stwierdzili, iż spiny galaktyk spiralnych znajdujących się w otoczeniu lokalnej pustki są ustawione prostopadle do kierunku na centrum pustki, czyli zgodnie z kierunkiem powłoki definiowanej przez otaczającą pustkę materię. W będącej kontynuacją tych badań pracy Varella i in. (2012) również znaleziono zależność uporządkowania orientacji galaktyk w zależności od otaczającej je materii. Jednak uporządkowanie było przeciwne do znalezionego w pracy Trujillo, Carretero i Patiri (2006), przy czym efekt zależał od rozmiarów badanej struktury.

Noh i Lee (2006a, 2006b), analizując katalog Tully’ego bliskich galaktyk (Tully 2000), znaleźli uporządkowanie płaszczyzn galaktyk spiralnych prostopadle do płaszczyzny lokalnego „naleśnika”, co zinterpretowane zostało zgodnie z nowo zaproponowanym scenariuszem „złamanej hierarchii” (Bower i in. 2006). W scenariuszu tym nie mamy do czynienia z hierarchicznym grupowaniem we wszystkich skalach mas. Zamiast tego mamy anty-hierarchiczne grupowanie dla małej skali, ponieważ grawitacyjne efekty pływowe powodują powstanie raczej obiektów typu „naleśników” Zeldowicza (Zeldovich 1970),

niż obiektów typu sferycznie kolapsującego halo. W przeciwieństwie do klasycznego scenariusza „naleśników” efekt jest lokalny i zachodzi w małej skali.

Z kolei, niektórzy badacze sygnalizowali występowanie lokalnego uporządkowania orientacji galaktyk. I tak Lambas, Groth i Peebles (1988) badając kąty pozycyjne galaktyk eliptycznych w katalogu UGC (Nilson 1973) znaleźli, że galaktyki eliptyczne są uporządkowane względem wielkoskalowych struktur w skali co najmniej $\sim 2 h^{-1}\text{Mpc}$. Następnie, Muriel i Lambas (1992), uwzględniając trójwymiarowy rozkład galaktyk uzyskany z przesunięć ku czerwieni znaleźli, iż galaktyki spiralne są zorientowane w kierunku swoich najbliższych sąsiadów, a galaktyki eliptyczne wykazują uporządkowanie w skali mniejszej niż $3 h^{-1}\text{Mpc}$. Cabanela i Aldering (1998) badając orientację galaktyk w Supergromadzie Perseusza zwrócili uwagę na fakt, że znaleziona przez nich anizotropia w rozkładzie orientacji galaktyk może mieć lokalny, a nie globalny (w całej supergromadzie) charakter. Wyniki te można interpretować, jako rezultat lokalnych oddziaływań pływowych. Podobnie można eksplikować wyniki Brown i in. (2002), którzy badając eliptyczności galaktyk pochodzących z przeglądu SuperCosmos (średni redshift $z=0.1$) wykryli, że są one skorelowane w skali między 1 a 100 minut kątowych. Znaczenie tego ostatniego wyniku jest niejasne, jakkolwiek autorzy interpretują go jako efekt lokalny, zgodny z teorią oddziaływań pływowych.

Zwrócono również uwagę, że badanie orientacji galaktyk jest ważne z punktu widzenia badań nad słabym soczewkowaniem grawitacyjnym. Heavens, Refregier i Heymans (2000) stwierdzili, że wewnętrzne uporządkowanie spinów w parach galaktyk musi być wzięte pod uwagę w trakcie badań nad słabym soczewkowaniem grawitacyjnym, ponieważ inaczej będzie ono pełniło rolę efektu systematycznego. Crittenden i in. (2001) wykazali, że przynajmniej w scenariuszu oddziaływania pływowego, istnieje możliwość odróżnienia efektów uporządkowania spinów od efektów słabego soczewkowania grawitacyjnego. Z kolei Heymans i in. (2004) potwierdzili występowanie uporządkowania spinów w parach galaktyk oraz szczegółowo przeanalizowali metodę ich wyznaczania i usuwania, przy prowadzeniu badań nad słabym soczewkowaniem grawitacyjnym. Efekty systematyczne w badaniach słabego soczewkowania grawitacyjnego, związane z uporządkowaniem orientacji galaktyk, były również przedyskutowane w pracy Mandelbaum i in. (2005).

Kolejnym zagadnieniem, które rzuca światło na scenariusze formowania galaktyk, jest badanie orientacji galaktyk w grupach i gromadach galaktyk. Wyniki badań nad orientacją galaktyk w gromadach nie dają jednoznacznych wyników co do występowania uporządkowania orientacji. Pierwszą grupę stanowią wyniki wskazujące na istnienie takiego uporządkowania. Thompson (1976) odkrył uporządkowanie w orientacjach galaktyk w Gromadzie Panny i A2197. Helou i Salpeter (1982) analizując 20 galaktyk należących do Gromady Panny stwierdzili, że ich spiny nie są rozłożone losowo, jakkolwiek

natura takiego nielosowego rozkładu była niejasna. Mac Gillivray i Dodd (1985a) zbadali rozkład orientacji galaktyk należących do Gromady Panny i pokazali, że płaszczyzny galaktyk należących do tej gromady są zorientowane prostopadłe do „kierunku na centrum gromady”. To znaczy, iż osie rotacji galaktyk są skierowane w kierunku centrum gromady. Ten wynik jest zgodny z późniejszymi wynikami dotyczącymi całej Lokalnej Supergromady (Flin i Godłowski 1986, Godłowski 1993 i 1994, Hu i in. 2006). Adams (1980) odkrył bimodalny rozkład orientacji galaktyk, analizując kombinowane dane dotyczące siedmiu gromad galaktyk (A76, A179, A194, A195, A999, A1016, A2197). Duże półosie galaktyk wykazywały tendencję do ustawiania się albo zgodnie z kierunkiem dużych półosi gromad albo w kierunku prostopadłym do niego, unikając ustawień pośrednich. Podobny wynik otrzymali Gregory, Tompson i Tift (1981), znajdując w supergromadzie Perseusza (A426, A262) i grupach wokół galaktyk NGC383 i NGC507 bimodalny rozkład kątów pozycyjnych galaktyk z dwoma maksimumami. Położenie jednego z nich odpowiada kątowi pozycyjnemu supergromady Perseusza. W tym przypadku mamy dwie populacje galaktyk o prawie prostopadłe zorientowanych osiach. W gromadach o dużej liczebności, takich jak A754 (Godłowski, Baier i MacGillivray 1998), A14 (Baier, Godłowski i MacGillivray 2003), A1656 (Djorgovski 1983, Wu i in. 1998, Kitzbichler i Saurer 2003), zostało znalezione nielosowe uporządkowanie osi rotacji galaktyk. Najnowsza analiza uporządkowania orientacji galaktyk w gromadzie Coma została przeprowadzona przez Adami i in. (2009). Znaleźli oni, że uporządkowanie orientacji galaktyk występuje jedynie w części obszarów gromady, przy czym galaktyki wczesnych i późnych typów widmowych są różnie zorientowane. Tak samo preferowany kierunek orientacji w różnych obszarach gromady różni się między sobą. Ostatnio, uporządkowanie płaszczyzn galaktyk zostało znalezione w gromadzie 1689 (Hung i in. 2010). Wynik ten jest wart podkreślenia, ponieważ jest to najodleglejsza gromada, w której efekt uporządkowania był jak dotąd poszukiwany. W skali supergromad znaleziono nielosową orientację galaktyk nie tylko w Lokalnej Supergromadzie, ale i w innych supergromadach (Gregory, Thompson i Tift 1981, Djorgovski 1983, Flin 1988, 1989, 1994, 2001, Cabanella i Aldering 1998, Flin i Godłowski 1989b, Garrido i in. 1993, Wu i in. 1997).

Inni badacze nie znaleźli żadnego znaczącego uporządkowania orientacji galaktyk. Kindl (1987), Bukhari (1988), jak również Bukhari i Cram (2003) badając orientację galaktyk w gromadach nie znaleźli żadnego uporządkowania. Han, Gould i Sackett (1995) badali obszar Lokalnej Supergromady o podwyższonej gęstości galaktyk. Analizując próbkę 60 galaktyk z precyzyjnie wyznaczonymi spinami, nie znaleźli żadnego uporządkowania. Również Hoffman i in. (1989) nie znaleźli uporządkowania, badając orientację próbki 85 galaktyk z gromady Panny z dokładnie wyznaczonymi spinami.

Z kolei Flin i Olowin (1991), Trevese, Cirimele i Flin (1992), Kim (2001)

badając izolowane gromady Abell'a znaleźli, iż tylko najjaśniejsze galaktyki wykazują śladowe uporządkowanie. Podobny rezultat otrzymali Torlina, De Propriis i West (2007) badając gromadę Coma i jej otoczenie. Korelację między orientacją najjaśniejszej galaktyki w gromadzie i dużą osią gromady znaleźli również Sastry (1968), Carter i Metcalfe (1980), Binggeli (1982), Struble i Peebles (1985), Rhee i Katgert (1987), West (1989b, 1994), van Kampen i Rhee (1990), Plionis (1994), Fuller i in. (1999) oraz Kim i in. (2002). Gonzalez i Teodoro (2010) interpretują występowanie uporządkowania jedynie najjaśniejszych galaktyk w gromadzie jako efekt oddziaływania grawitacyjnych sił pływowych.

Godłowski i Ostrowski (1999) przeanalizowali w różnych układach współrzędnych, orientację galaktyk w 18 grupach Tully'ego. Grupy te, wyselekcjonowane na podstawie katalogu Tully'ego (1988), wchodzi w skład Lokalnej Supergromady. Głównym wynikiem pracy jest wykrycie w danych katalogowych silnego efektu (nazwanego efektem „line of sight” LOS), związanego z procesem deprojekcji osi galaktyk z ich obrazów optycznych. Wykazano, iż proces deprojekcji galaktyk w oparciu o dane katalogowe generuje znaczące błędy systematyczne, które muszą zostać uwzględnione w badaniach nad orientacją galaktyk. Znaleziony efekt w znacznym stopniu maskuje ewentualny słaby efekt uporządkowania orientacji galaktyk w analizowanych gromadach. Orientacja galaktyk w grupach Tully'ego została ponownie zbadana w pracy Godłowski, Szydłowski i Flin (2005). Analizując rozkład kątów pozycyjnych w supergalaktycznym układzie współrzędnych nie znaleziono anizotropii w rozkładzie badanych kątów.

W pracy Godłowskiego, Baiera i MacGillivraya (1998) zajęto się analizą orientacji galaktyk w gromadzie Abell 754. Analizowano zarówno rozkłady kątów pozycyjnych galaktyk, jak i rozkłady kątów „biegunowych” i „azymutalnych”. Tą samą metodą przebadano również gromadę Abell 14 (Baier, Godłowski i MacGillivray 2003). Potwierdzono obecność wykrytego przez Godłowskiego i Ostrowskiego (1999) efektu LOS powodującego, iż proces deprojekcji galaktyk w oparciu o dane katalogowe generuje znaczące błędy systematyczne. Z tego też powodu, przy wyciąganiu wniosków dotyczących orientacji galaktyk w badanych gromadach, oparto się na analizie rozkładów kątów pozycyjnych galaktyk. W pracy wykazano, że rozkład orientacji galaktyk w podwójnej gromadzie Abell 754 jest nielosowy, z płaszczyznami galaktyk ustawionymi prostopadłe do płaszczyzny głównej gromady. W gromadzie Abell 14 także znaleziono nielosowy rozkład orientacji galaktyk, jednakże kierunek znalezionego uporządkowania (względem płaszczyzny głównej gromady) jest prostopadły do znalezionego w gromadzie Abell 754.

Zdaniem Di Fazio i Flina (1988) taka rozbieżność w kierunkach preferowanych orientacji galaktyk względem płaszczyzny głównej gromady może być związana z występowaniem dwóch typów gromad galaktyk: spłaszczonych („oblate”) i wydłużonych („prolate”). Inne wytłumaczenie zaobserwowanych

rozbieżności jest możliwe na gruncie scenariusza oddziaływań pływowych. Paz, Stasyszyn i Padilla (2008) zauważyli, że kierunek ustawienia momentów pędu indywidualnych członków struktury względem płaszczyzny głównej wielkoskalowej struktury zależy od jej masy. Podobny wynik otrzymał Trujillo ze swoimi współpracownikami (Trujillo, Carretero i Patiri 2006, Varella i in. 2012). Ponadto prace te wskazują na związki między orientacją ciemnej materii a orientacją galaktyk. Jest to istotne, ponieważ wyniki najnowszych prac nad orientacją halo ciemnej materii (Codis i in., 2012), bazujące na wcześniejszych pracach Sugerman i in. 2000, Lee i Pen 2000, Bailin i Steinmetz 2005, Aragón-Calvo i in. 2007, Hahn i in. 2007, Paz, Stasyszyn i Padilla 2008, Zhang i in. 2009) również wskazują, że ustawienia spinów będą zależne od masy struktury.

Podjęto też badania uporządkowania momentów pędów galaktyk w wielkiej skali. I tak Paz, Stasyszyn i Padilla (2008) analizowali galaktyki z katalogu Sloan Digital Sky Survey. Znaleźli oni, że momenty pędu galaktyk układają się prostopadle do płaszczyzn wielkoskalowych struktur. Dla struktur mało masywnych nie obserwują tego efektu. Paz, Stasyszyn i Padilla (2008) zinterpretowali uzyskane wyniki, jako zgodne z przeprowadzonymi przez nich symulacjami wynikającymi z mechanizmu oddziaływania pływowego. Jones, van der Waygaert i Aragon-Calvo (2010) znaleźli, że spiny galaktyk spiralnych leżących na kosmicznej sieci mają tendencję do ustawiania się zgodnie z dużą osią włókna („filaments”), co interpretują jako „kopalną” ewidencję efektu długozasięgowych oddziaływań pływowych.

Największa skala uporządkowania została znaleziona w serii prac Hutsemekersa (Hutsemekers 1998, Hutsemekers i 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. Globalna rotacja Wszechświata może potencjalnie wytłumaczyć ten efekt. Obserwacje można wytłumaczyć też jako efekt oscylacji pseudoskalarnych fotonów. 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 Lamyego (2001), Hutsemekersa i in. (2005) oraz później przez wielu autorów (Jaini i in. 2002 i 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, Szydłowski i Flin (2005) zasugerowano, iż rysuje się następujący obraz obserwacyjny. Dla takich struktur galaktyk, jak pary galak-

tyk i ich zwarte grupy, mamy ewidencję wskazującą na niezerowy moment pędu takiej struktury. 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. Hipoteza Godłowski, Szydłowski i Flin (2005) została szczegółowo przedyskutowana w przeglądowej pracy Godłowski (2011a), gdzie przedstawiono liczne argumenty za jej poparciem.

Zależność między masą struktury a jej momentem pędu zazwyczaj wyraża się empiryczną relacją $J \sim M^{5/3}$ (Wesson 1979, 1983, Carrasco, Roth i Serrano 1982, Brosche 1986). Na gruncie teorii formowania galaktyk, rysują się dwie możliwości jej wyjaśnienia. Heavens i Peacock (1988), a następnie Catelan i Theuns (1996) pokazali, że relacja $J \sim M^{5/3}$ jest przewidywana przez scenariusz oddziaływań pływowych. Również analizy Noh i Lee (2006a, 2006b) wskazują, że w liniowej teorii oddziaływań pływowych winna występować zależność między uporządkowaniem orientacji galaktyk, a masami struktur. Drugą możliwością jest model Li (1998), który zwrócił uwagę na to, że w rotującym Wszechświecie, w przyjętym modelu taka relacja między momentem pędu a masą jest prostą konsekwencją zasady zachowania pędu. Model Li (1998) poza tym, że wymaga globalnej, a przynajmniej wielkoskalowej rotacji Wszechświata ma jednak tę zasadniczą wadę, że obserwowana wielkość rotacji galaktyk spiralnych nie może być wyłącznie wynikiem rotacji Wszechświata, ponieważ wymagana wielkość rotacji Wszechświata byłaby zbyt duża w porównaniu do wykrytej anizotropii mikrofalowego promieniowania tła.

Ponieważ dla grup i gromad galaktyk nie mamy ewidencji świadczącej, iż obiekty te rotują, co więcej Hwang i Lee (2007) badając dyspersję i gradient prędkości w 899 gromadach Abell'a znaleźli, że tylko 6 z nich wykazuje możliwą rotację, ewentualny niezerowy moment pędu grup i gromad galaktyk będzie pochodził głównie z ewentualnego uporządkowania spinów galaktyk. Konsekwencją przyjęcia zależności między masą struktury a jej momentem pędu jest więc to, że uporządkowanie orientacji galaktyk powinno wzrastać wraz z masą struktury. Aryal i Saurer w serii prac (Aryal i Saurer 2004, 2005b, 2005c, 2006, Aryal, Pudiel i Saurer 2007) zajmowali się orientacją galaktyk w 32 gromadach o różnej liczebności. Potwierdzili oni (Aryal, Pudiel i Saurer 2007) obraz, w którym nie wykrywamy uporządkowania orientacji galaktyk w gromadach o małej liczebności, natomiast uporządkowanie takie jest obserwowane w szeregu bogatych gromad galaktyk. Jednakże zarówno analiza Godłowski, Szydłowski i Flin (2005), jak i Aryal, Pudiel i Saurer (2007) była tylko analizą jakościową, a nie ilościową.

Dlatego też Godłowski i in. (2010) przeanalizowali orientację galaktyk w 247 gromadach Abell'a, zarówno jakościowo jak i ilościowo, znajdując silny wzrost uporządkowania orientacji galaktyk wraz z liczebnością gromady.

Analiza została przeprowadzona na próbce 247 gromad Abell'a, o liczebności co najmniej 100 obiektów, pochodzącej z katalogu Panko i Flin (2006). Katalog Panko i Flin (2006) bazuje na katalogu 'Muenster Red Sky' (MRSS - Ungruhe, Saiter i Durbeck 2003), który swym zakresem pokrywa obszar 5000 stopni kwadratowych półkuli południowej, co daje nam informację o 5.5 milionów galaktyk. Katalog ten jest statystycznie kompletny do wartości jasności $m=18.3$ mag. Katalog PF zawiera struktury składające się przynajmniej z 10 członków, których jasności znajdują się w przedziale m_3 do m_3+3 , gdzie m_3 to jasność trzeciej co do jasności galaktyki znajdującej się w rozważanym obszarze. Gromady zostały wyselekcjonowane metodą teselacji Voronoya (Panko, Juszczyk i Flin 2009b).

Dla każdej analizowanej w pracy Godłowski i in. (2010) gromady, wyznaczono zarówno rozkłady kątów pozycyjnych, jak też rozkłady kątów „biegunowych” i „azymutalnych”, zarówno w układzie równikowym, jak i układzie supergalaktycznym. Do analizy rozkładów tych kątów użyto statystyk testów χ^2 i testu Fouriera (Hawley i Peebles 1975, Flin i Godłowski 1986, Godłowski 1993, 1994). Znalaziono, że wartości analizowanych statystyk silnie rosną wraz ze wzrostem liczebności gromady, co świadczy o wzroście uporządkowania orientacji galaktyk wraz ze wzrostem liczebności obiektu, przy czym efekt jest silniejszy w przypadku kątów „biegunowych” i „azymutalnych”, niż w przypadku kątów pozycyjnych. Co więcej, znaleziony efekt jest wyraźniejszy w przypadku, gdy ograniczymy się do badania jedynie galaktyk jaśniejszych niż m_3+3 , co sugeruje że znaleziony efekt jest rzeczywiście związany z analizowanymi gromadami.

W pracy Godłowski i in. (2010), wbrew sugestii Aryal i Saurer (2004, 2005b, 2005c, 2006) oraz Aryal, Pudel i Saurer (2007), znaleziono że uporządkowanie orientacji galaktyk jest słabo skorelowane z jej typem morfologicznym według klasyfikacji Bautz-Morgan (BM). Nie potwierdzono również sugerowanej przez Plionisa i in. (2003) korelacji między stopniem uporządkowania orientacji galaktyk, a dyspersją prędkości galaktyk w gromadach.

Wyniki pracy Godłowski i in. (2010) zostały potwierdzone w pracy Flin i in. (2011). W pracy tej analizowano tę samą próbkę galaktyk należących do 247 bogatych gromad Abell'a, co w przypadku pracy Godłowski i in. (2010), jednak tym razem rozpatrywano tylko próbkę galaktyk widocznych z boku, nie znajdując istotnych różnic z pracą Godłowski i in. (2010).

Pojawia się teraz pytanie, czy możemy stwierdzić, że w analizowanej próbce 247 gromad Abell'a znajdujemy uporządkowanie orientacji galaktyk. Rozkłady kątów pozycyjnych galaktyk należących do rozpatrywanych gromad zbadaliśmy przy użyciu testów statystycznych: χ^2 , Fouriera, Pierwszej Autokorelacji oraz testu Kołmogorowa. Oryginalne testy Hawleya i Peeblesa (1975) zostały dokładnie przeanalizowane i wprowadzono pewne poprawki i usprawnienia, które są konieczne, gdy statystyki testowe stosuje się nie do analizy pojedynczych obiektów, ale do całej próbki gromad. Dla próbki 247 gromad

Abell'a wyliczono średnie wartości analizowanych statystyk. Hipotezą zerową H_0 jest hipoteza, że wartości średnie analizowanych statystyk są takie same jak wartości oczekiwane w przypadku rozkładu losowego. Porównano uzyskane wyniki z przewidywaniami teoretycznymi, jak również z wynikami symulacji numerycznych. Stwierdzono, że orientacja galaktyk w badanych gromadach jest nielosowa, czyli znaleziono występowanie uporządkowania orientacji galaktyk w analizowanej próbkę 247 bogatych gromad Abell'a. Jednocześnie, analiza nie wykazała jakiegoś globalnego kierunku uporządkowania orientacji galaktyk, co świadczy o tym, że znaleziony efekt jest związany z orientacją galaktyk w gromadach, a nie z jakąś globalną wielkoskalową orientacją.

W pracy Godłowski i in. (2011) analizowano ponownie orientację galaktyk w bogatych gromadach Abell'a biorąc pod uwagę ich przynależność lub nie do supergromad. Zaobserwowano statystycznie istotną różnicę między obu tymi przypadkami. W przeciwieństwie do próbki 247 gromad, gdzie uporządkowanie wzrastało z liczebnością gromady, dla gromad należących do supergromad nie obserwujemy tego efektu. Ponadto, uporządkowanie maleje wraz z liczebnością supergromady. Jednakże, ciągle orientacje galaktyk w gromadach należących do supergromad (analizowanych metodą Godłowski (2012)) są nielosowe. To, że obserwuje się zależność uporządkowania orientacji galaktyk zarówno od położenia gromad, jak i od liczebności supergromad, wskazuje na znaczący wpływ warunków, w których tworzyły się poszczególne struktury („environmental effects”), na formowanie momentów pędu galaktyk.

W pracy Godłowski (2011b) badano ponownie grupy galaktyk Tully'ego. Analizowano konsekwencje różnych aproksymacji prawdziwego kształtu galaktyki i ich implikacje dla badań orientacji galaktyk. Pokazano, że znaleziony przez Godłowskiego i Ostrowskiego (1989) efekt LOS występowania nadwyżki galaktyk z osiami rotacji skierowanymi w kierunku patrzenia, jest wynikiem złej aproksymacji prawdziwego kształtu galaktyk i zaproponowano rozwiązanie tego problemu. Polegało ono na tym, że kąt inklinacji należy wyznaczyć ze wzoru: $\cos^2 i = (q^2 - q_0^2) / (1 - q_0^2)$, zwracając jednocześnie uwagę, że dla różnych typów morfologicznych przyjmujemy różne wartości q_0 , zgodnie z wynikami pracy Heidmann, Heidmann i de Vaucouleurs (1972). Jest to możliwe, ponieważ, mimo że Tully przyjmował w swoim katalogu dla wszystkich galaktyk średnią wartość $q_0 = 0.2$ (Tully 1988), to jednak katalog ten podaje informacje o typach morfologicznych galaktyk. Dodatkowo, w analizowanej pracy została uwzględniona korekta Fouqeta i Paturela (1985). Pokazano, że w takim przypadku efekt występowania nadwyżki galaktyk z osiami rotacji skierowanymi w kierunku widzenia znika. Pokazano również, że w tych małych, analizowanych strukturach występuje losowa orientacja osi rotacji galaktyk, co oznacza że w grupach galaktyk Tully'ego nie obserwujemy uporządkowania ustawienia galaktyk.

W serii prac (Godłowski i in. 2010, Flin i in. 2011, Godłowski i in. 2011, Godłowski 2011b, Godłowski 2012) potwierdzono, iż uporządkowanie orientacji galaktyk w strukturach zależy od ich masy. Ponadto wykazano, że orientacja galaktyk w bogatych gromadach jest nielosowa.

Podsumowanie

Analiza prac dotycząca konsekwencji dostępnego materiału obserwacyjnego w różnych skalach (Godłowski 2011a) na obecnym etapie pozwala na stwierdzenie, że dla takich struktur, jak pary i zwarte grupy galaktyk istnieje ewidencja wskazująca na występowanie niezerowego momentu pędu. Dla grup i gromad galaktyk nie mamy ewidencji świadczącej, iż obiekty te rotują. Co więcej Hwang i Lee (2007) w klasycznej już pracy (2007 *Astroph. J.* 662, 236) badając dyspersję i gradient prędkości w 899 gromadach Abell'a znaleźli, że tylko 6 z nich wykazuje możliwą rotację. Stąd ewentualny niezerowy moment pędu grup i gromad galaktyk będzie pochodził głównie z ewentualnego uporządkowania spinów galaktyk. Dla grup i ubogich gromad galaktyk nie ma ewidencji, że występuje uporządkowanie orientacji. Analiza bogatych gromad galaktyk i supergromad pokazuje, że orientacja galaktyk jest w nich nielosowa. 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. Przytoczone fakty sugerują, 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 on również zgodny z modelem Li, w którym galaktyki formują się w rotującym Wszechświecie. Niniejszy projekt, rozszerzający bazę obserwacyjną, pozwoli na znalezienie dodatkowych przesłanek świadczących o prawdziwości któregoś ze scenariuszy. Istotny dla weryfikacji scenariuszy będzie zarówno zespół wyników istotnych statystycznie, jak i brak takiej istotności dla części rezultatów.

Wyniki badań dotyczących formowania gromad galaktyk w Lokalnej Supergromadzie (Godłowski, Flin 2010) wskazują, że na początku formują się dwie najbardziej masywne galaktyki na włóknie („filamencie”) materii skierowanym w kierunku centrum supergromady, czyli w kierunku Gromady Panny. Zaobserwowane korelacje sugerują, że dwie najjaśniejsze galaktyki formują się na włóknie materii skierowanej na centrum protostruktury. Następnie galaktyki tworzą się wokół tych dwóch galaktyk zgodnie ze scenariuszem hierarchicznego grupowania. Gromady tworzą się na tak samo lub podobnie zorientowanych włóknach. Te wyniki są zgodne z wynikami symulacji numerycznych otrzymanych w modelu Λ CDM, w którym struktury formują się w wyniku hierarchicznego grupowania. Należy zaznaczyć, iż wyniki pracy Godłowski i Flin (2010) nad badaniem orientacji grup galaktyk mają

znaczenie dla interpretacji faktu, iż w pracy Godłowski i in. (2010) oraz Godłowski (2012), analiza nie wykazała jakiegoś globalnego kierunku uporządkowania orientacji galaktyk. Można to wyjaśnić albo jako wpływ efektów środowiskowych, albo jako wpływ efektów wielkoskalowych orientacji gromad galaktyk. Planowane w niniejszym projekcie badania wzajemnej orientacji gromad oraz zależności uporządkowania orientacji galaktyk od przynależności lub nie gromady do supergromad pozwoli na rozstrzygnięcie tej kwestii. Dodatkowo, niniejszy projekt pozwoli odpowiedzieć na pytanie, czy znaleziony w pracach Godłowski i in. (2005), Godłowski i in. (2010) oraz Godłowski (2011a) rezultat, iż stopień uporządkowania orientacji galaktyk w bogatych gromadach Abell'a zależy od ich liczebności jest również prawdziwy dla mniej licznych gromad.

Żaden z obecnie istniejących scenariuszy formowania galaktyk i ich struktur we Wszechświecie nie wyjaśnia równocześnie wszystkich obserwowanych własności rozważanych obiektów. Różne modele wyjaśniają różne aspekty procesu formowania galaktyk i ich struktur w różnych skalach, jak też różne obserwacyjne zależności charakteryzujące struktury.

W szczególności można stwierdzić, iż wyniki badań orientacji galaktyk w Lokalnej Supergromadzie mogą być interpretowane albo na rzecz scenariusza „naleśników”, albo na rzecz scenariusza oddziaływań pływowych w modelu hierarchicznego grupowania. O ile w scenariuszu „naleśników” jest jasny mechanizm generowania nielosowych ustawień osi rotacji galaktyk, to w przypadku pozostałych scenariuszy mechanizm ten nie jest tak oczywisty.

Nowoczesne wersje scenariusza oddziaływań pływowych mają jednak tą przewagę, że umożliwiają wyjaśnienie faktu, iż lokalne ustawienia orientacji galaktyk w strukturze mogą się zmieniać, co jest trudne do wyjaśnienia w innych modelach. Model pierwotnych turbulencji daje jednoznaczne, ale sprzeczne z obserwacjami przewidywania odnośnie ustawienia płaszczyzn galaktyk w Lokalnej Supergromadzie.

Zależność momentu pędu struktury od jej masy może być wyjaśniona na gruncie scenariusza oddziaływań pływowych w modelu hierarchicznego grupowania albo przez model Li. Pozostałe modele nie przewidują takiej zależności. Z dwóch modeli przewidujących omawianą zależność, model Li wymaga globalnej, a przynajmniej wielkoskalowej rotacji Wszechświata. Wymagana przez niego wielkość rotacji Wszechświata, jest jednak zbyt duża w stosunku do wykrytej anizotropii promieniowania relikтового, jeśli miała by ona wyjaśniać obserwowaną wielkość rotacji galaktyk spiralnych.

Model grupowania hierarchicznego jest jedynym, w którym w sposób jawny uwzględnia się występowanie ciemnej materii. W modelu Li rozpatruje się składową pyłową, choć można prosto wprowadzić jako tło bezkolizyjną ciemną materię. Pozostałe dwa scenariusze, pierwotnych turbulencji i „naleśników” Zeldowicza zasadniczo dotyczą składowej pyłowej i nie ma jasnych, zakończonych sukcesem prób wprowadzenia ciemnej materii do tych modeli.

Model „naleśników” Zeldowicza odżył jednak w postaci lokalnych „naleśników”, ponieważ pokazano, iż grawitacyjne efekty pływowe powodują również powstanie lokalnych obiektów typu „naleśników” Zeldowicza. Wprowadzenie takich obiektów pozwoliło udoskonalić oryginalny scenariusz oddziaływań pływowych i wyjaśnić efekty, których wyjaśnienie w oryginalnym modelu było trudne lub niemożliwe.

Na gruncie scenariusza oddziaływań pływowych można wyjaśnić występowanie wielkoskalowych orientacji galaktyk w przestrzeni, a także wyniki obserwacji wskazujące, że kierunek ustawienia momentów pędu względem płaszczyzny głównej wielkoskalowej struktury zależy od jej masy.

Zależność uporządkowania orientacji galaktyk zarówno od przynależności (lub nie) gromady do supergromady jak i od liczebności supergromad wskazuje na znaczącą rolę „efektów środowiskowych” na formowanie galaktyk i ich struktur.

Wyniki dotyczące analizy rozkładów kątów pozycyjnych grup galaktyk należących do Lokalnej Supergromady, ich korelacji z kierunkiem linii łączącej dwie najjaśniejsze galaktyki w gromadzie i kierunkiem na centrum lokalnej supergromady oraz zależności między położeniami dużych pól grup galaktyk, a kierunkiem na ich sąsiadów (efekt Binggeli’ego) są zgodne z modelem Λ CDM, w którym struktury formują się w wyniku hierarchicznego grupowania. Wskazują one, że najpierw tworzą się dwie najbardziej masywne galaktyki, a następnie wokół nich tworzą się kolejne, zgodnie ze scenariuszem hierarchicznego grupowania.

Reasumując, zmodyfikowany scenariusz grupowania hierarchicznego wyjaśnia największą liczbę faktów dotyczących orientacji galaktyk i ich struktur.

Bibliografia

- Abbe C., 1875, Amer. J. Sci. and Arts 9, 42
Abell G., Corwin H., Olowin R., 1989, Astrophysical J. Sup. Ser. 70, 1
Adami C. i in., 2009, Astron. Astroph. 493, 399
Adams M.T., Strom K.M., Strom S.E., 1980, Astrophys. J. 238, 445
Agarwal N., Kamal A., Jain P., 2011, Phys. Rev. D. 83, 065014
Antoniu I., Perivolaropoulos L., 2010, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 12, 12
Aragon-Calvo M. A., van de Weygaert R., Jones B. J. T., van der Hulst J. M., 2007, Astrophys. J. 655, L5
Aryal B., 2011, Res. Astr. Astroph. 11, 293
Aryal B., Kafle P.R., Saurer W., 2008, Mon. Not. R. Astr. Soc. 389, 741
Aryal B., Neupane D., Saurer W., 2008, Astroph and Space Science 314, 177
Aryal B., Kandel S.M., Saurer W., 2006, Astron. Astroph. 458, 357
Aryal B., Paudel S., Saurer W., 2007, Mon. Not. R. Astr. Soc. 379, 1011
Aryal B., Paudel S., Saurer W., 2008, Astron. Astroph. 479, 397

Aryal B., Saurer W., 2000, *Astron. Astroph.* 364, L97
 Aryal B., Saurer W., 2004, *Astron. Astroph.* 425, 871
 Aryal B., Saurer W., 2005a, *Astron. Astroph.* 432, 431
 Aryal B., Saurer W., 2005b, *Astron. Astroph.* 432, 841
 Aryal B., Saurer W., 2005c, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 360, L25
 Aryal B., Saurer W., 2006, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 336, 438
 Bahcall J., Guhathakurta P., Schneider D., 1990, *Science*, 248, 178
 Baier F., Godłowski W., Mac Gillivray H.T., 2003, *Astron. Astroph.* 403, 847
 Bailin J., Steinmetz M., 2005, *Astrophys. J.* 627
 Binggeli B., 1982, *Astron. Astrophys.* 107, 338
 Bond J. R., Kofman L., Pogosyan D., 1996, *Nature* 380, 603
 Bower R. G. i in., 2006, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 370, 645
 Brook C. i in., 2008, *Astroph. J.* 689, 678
 Brosche P., 1986, *Comm. Astroph.* 11, 213
 Brown F.G., 1964, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 127, 517
 Brown F.G., 1968, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 138, 527
 Brown M.L., Taylor A.N., Hambly N.C., Dye S., 2002, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 333, 501
 Bukhari F.A., 1988, *Astrophys. J.* 333, 564
 Bukhari F.A., Cram L.E., 2003, *Astroph. and Space Science* 283, 169
 Cabanela J.E., Aldering G., 1998, *Astronom. J.* 116, 1094
 Catelan P., Theuns T., 1996, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 282 436
 Carrasco L., Roth M. Serrano A., 1982, *Astron. Astroph.* 106, 89
 Carter D., Metcalfe J., 1980, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 191, 325
 Chambers S.C., Melott A. L., Miller C. J., 2000, *Astrophys. J.* 544, 10
 Codis S., 2012, arXiv:1201.5794
 Crittenden R., Natarajan P., Pen U., Theune T., 2001, *Astrophys. J.* 559, 552
 Danver C.G., 1942, *Annals of the Observatory of Lund* 10,
 di Fazio A., Flin P., 1988, *Astron. Astroph.* 200, 5
 Djorgovski S., 1983, *Astrophys. J.* 274, L11
 Doroshkevich A.G., 1970, *Astrofizika* 6, 581
 Doroshkevich A.G., 1973, *Astroph. Lett.* 14, 11
 Doroshkevich A.G., Saar E.M., Shandarin S.F., 1978, in: *The Large Scale Structure of the Universe*, IAU-Symp. No. 79, D. Reidel, Dordrecht, p.423
 Dubinski J., 1992, *Astroph. J.* 401, 441
 Efstathiou G.A., Silk J., 1983, *The Formation of Galaxies*, *Fundamentals of Cosm. Phys.* 9, 1
 Fliche H.H., Souriau J.M., 1990, *Astron. Astroph.* 233, 317
 Flin P., 1988, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 235, 857
 Flin P., 1989, in: *Morphological Cosmology*, eds. P. Flin H.W. Duerbeck, Springer Verlag, Berlin, p.124
 Flin P., 1994, in: *Cosmological Aspects of X-Ray Clusters of Galaxies* ed. W.C. Seitter Kluwer Academic Press, Dordrecht, p.363

- Flin P., 1995, *Comments Astrophys.* 18, 81
- Flin P., 2001, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 325, 49
- Flin P., Biernacka M., Godłowski W., Panko E., Piwowarsk P., 2011, *Baltic Astronomy* 20, 251
- Flin P., Godłowski W., 1986, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 222, 525
- Flin P., Godłowski W., 1989a, *Sov. Astron. Lett.* 15, 374
(*Pisma w Astronomiczeskij Žurnal* 15, 869)
- Flin P., Godłowski W., 1989b, in: *ASLL Vol.155, Astronomy, Cosmology and Fundamental Physics* eds. M. Caffo, R. Fanti, G. Giacomelli, A. Renzini, Kluwer Academic Press, Dorrecht. p.418
- Flin P., Godłowski W., 1990 *Sov. Astron. Lett.* 65, 209
(*Pisma w Astronomiczeskij Zurnal* 16, 490)
- Flin P., Olowin R.P., 1991, in: *Physical Cosmology*, eds. A. Blanchard, L. Celniker M. Lachieze-Rey, Tran Thanh Van, Edition Frontiere, Gif-sur-Yvette, p.512
- Fouque P., Paturel G., 1985, *Astron. Astroph.* 150, 192
- Freedman i in., 2001, *Astroph. J.* 553, 47
- Freeman K., 1999, in: *The Low Surface Brightness Universe*, eds. J.I. Davies, C. Impey, S. Phillipps, San Francisco ASP Conf. Ser. Vol. 170, p.3
- Fuller T.M., West M.J., Bridges T.J., 1999, *Astroph. J.* 519, 22
- Garrido J.L., Battaner E., Sanchez-Saavedra M.L., Florido E., 1993, *Astron. Astroph.* 271, 84
- Godłowski W., 1993, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 265, 874
- Godłowski W., 1994, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 271, 19
- Godłowski W., 1995, *Astro. Lett. and Comunciations* 31, 341
- Godłowski W., 2011a, *International Journal of Modern Physics D.* 20, 1643
- Godłowski W., 2011b, *Acta Physica Polonica B* 42, 2323
- Godłowski W., 2012, *Astrophys. J.* 747, 7
- Godłowski W., Flin P., 2010, *Astrophys. J.* 708, 920
- Godłowski W., Baier F., Mac Gillivray H.T., 1998, *Astron. Astroph.* 339, 709
- Godłowski W., Ostrowski M., 1999, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 303, 50
- Godłowski W., Panko E., Flin P., 2011, *Acta Physica Polonica B* 42, 2313
- Godłowski W., Piwowarska P., Panko E., Flin P., 2010, *Astrophys. J.* 723, 985
- Godłowski W., Szydłowski M., Flin P., 2005, *Gen. Rel. Grav.* 37, (3) 615
- Gonzalez-Sanchez A., Teodoro L., 2010, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 404 L11
- Gregory S.A., Thompson L.A., Tifft W.G., 1981, *Astrophys. J.* 243, 411
- Gurovich S., Freeman K., Jerjen H., Puerari I., 2010, *Astronom. J.* 140, 663
- Hahn O., Carollo C.M., Porciani C., Dekel A., 2007, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 381, 41
- Han C., Gould A., Sackett P., 1995, *Astrophys. J.* 445, 46
- Hawley D.L., Peebles P.J.E., 1975, *Astronom. J.* 80, 477
- Heavens A., Peacock J., 1988, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 232, 339

Heavens A. Refregier A. Heymans C., 2000, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 232, 339

Heidmann J., Heidmann N., de Vaucouleurs G., 1972, *Mem. R. Astr. Soc.* 75, 85

Helou G., Salpeter E.E., 1982, *Astroph. J.* 252, 75

Heymans C. i in., 2004, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 347, 895

Hofman G.L. i.in., 1989, *Astrophys. J. Supp.* 69, 65

Holmberg E., 1946, *Medd. Lund. Astron. Obs. Ser. VI, Nr.117*

Holmberg E., 1958, *Medd. Lund. Obs. II*, 136

Holmberg E., 1975, in: *Galaxies and the Universe*, eds. A.Sandage, M.Sandage, J.Kristian, University of Chicago Press, Chicago, p.123

Hu F.X., Wu G.X., Su H.J., Liu Y.Z., 1995, *Astron. Astrophys.* 302, 45

Hu F.X., Yuan Q.R., Su H.J., Wu G.X., Liu Y.Z., 1998, *Astrophys. J.* 495, 179

Hu F.X., Wu G.X., Song G.X. i in., 2006, *Astron. Space Sci* 302, 42

Hung L-W., Bañados E., De Propriis R., West M. J., 2010, *Astroph. J.* 720, 1483

Hwang H.S., Lee M.G., 2007, *Astroph. J.* 662, 236

Huizinga J.E., 1994, PhD thesis Univ. Groningen, The Netherlands

Hutsemekers D., 1998, *Astron. Astrophys.* 332, 410

Hutsemekers D., Lamy H., 2001, *Astron. Astrophys.* 367, 381

Hutsemekers D., Cabanac R., Lamy H., Sluse D., 2005, *Astron. Astrophys.* 441, 915

Hutsemekers D., Borguet B., Sluse D., Cabanac R., Lamy H., 2010, *Astron. Astrop.* 520, L7

Jaaniste J., Saar E., 1977, Tartu Obs., Preprint A-2

Jaaniste J., Saar E., 1978, in: *The large scale structures of the Universe.*, eds. M.S.Longair and J.Einasto, D.Reidel, Dordrecht (IAU Symp. 79), p.488

Jackson N., Battye R. A., Browne I. W. A., Joshi S., Muxlow T. W. B., Wilkinson P. N., 2007, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 376, 371

Jain P., Panda S., Sarala S., 2002, *Phys. Rev. D* 66, 085007

Jain P., Narain G., Sarala S., 2004, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 347, 394

Jones B., van der Waygaert R., Aragon-Calvo M., 2010, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 408, 897

Joshi S.A., Battye R. A., Browne I.W.A., Jackson N., Muxlow T. W. B., Wilkinson P. N., 2007, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 380, 162

Kapranidis S., Sullivan W.T. III., 1983, *Astron. Astrophys.* 118, 33

Kashikawa N., Okamura S., 1992, *PASJ* 44, 493

Kim R., 2001, in: *American Astronomical Society, 199 AAS Meeting, Bulletin of the American Astronomical Society vol. 33*, p.1521

Kim R. i in., 2002, in: *Tracing Cosmic Evolution with Galaxy Clusters*, eds S. Borgani, M. Mezzetti, R. Valdarnini, San Francisco ASP Conf. Proc. Vol. 268, p.395

Kindl A., 1987, *Astronom. J.* 93, 1024

Kitzbichler M.G., Saurer W., 2003, *Astroph. J* 590, L9
 Lambas D., Groth P., Peebles P.J.E., 1988, *Astronom. J.* 95, 975
 Lauberts A., 1982, ESO/Uppsala Survey of the ESO B Atlas. ESO Garching
 Lee J., 2011, *Astrophys. J.* 732, L99
 Lee J., Erdogdu P., 2007, *Astrophys. J.* 641, 1248
 Lee J., Penn U., 2000, *Astrophys. J.* 532, L5
 Lee J., Penn U., 2001, *Astrophys. J.* 555, 106
 Lee J., Penn U., 2002, *Astrophys. J.* 567, L111
 Lee J., 2004, *Astrophys. J.* 614, L1
 Li Li-Xin., 1998, *Gen. Rel. Grav.* 30, 497
 MacGillivray H.T., Dodd R.J., McNally B.V., Corwin Jr. H.G., 1982a,
 Mon. Not. R. Astr. Soc. 198, 605
 MacGillivray H.T., Dodd R.J., McNally B.V., Lightfoot J.F., Corwin Jr.H.G.,
 Heathcote S.R., 1982b, *Astrop. Space Sci.* 81, 231
 MacGillivray H.T., Dodd R.J., 1985a, in: ESO Workshop on the Virgo
 Cluster, ESO, ed. B. Binggeli Garching bei Munchen, p.217
 MacGillivray H.T., Dodd R.J., 1985b, *Astron. Astrophys.* 145, 269
 Mandelbaum i in., 2005, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 361, 1287
 McGaugh S.S., Schombert J.M., Bothun G.D., de Blok W.J.G., 2000,
 Astrophys. J. 533, L99
 Muriel H., Lambas D.G., 1992, *Astron. J.* 103, 393
 Navarro J.F., Abadi M.G., Steinmetz M., 2004, *Astrophys. J.* 613, L41
 Nilson P., 1973, Uppsala General Catalogue of Galaxies (Uppsala Astr. Obs.
 Ann. V., vol.1)
 Nilson P., 1974a, Uppsala Astr. Observatory Report No 3
 Noh Y. Lee J., 2006a, astro-ph /0602575
 Noh Y., Lee J., 2006b, *Astrophys. Lett.* 652, L71
 Oepik X.:. 1970, *Irish Astron. J.* 9, 211
 Panko E., Flin P., 2006, *Journal Astron. Data*, 12, 1
 Panko E., Juszczak T., Flin P., 2009b, *Astron. J.* 138, 1709
 Panko E., Piwowarska P., Godłowska J., Godłowski W., Flin P., 2013,
 Astrophysics, 56, 322, (2013 *Astrofizyka*, 56, 349)
 Parnovsky S.L., Karachensew I.D., Karachentseva V.E., 1994, *Mon. Not.*
 R. Astr. Soc. 268, 665
 Paz D.J, Staszyn F., Padilla N. D., 2008, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 389,
 1127
 Peebles P.J.E., 1969, *Astrophys. J.* 155, 393
 Peebles P. J. E., Yu J. T., 1970, *Astrophys. J.* 162, 815
 Plionis M., 1994 *Astroph. J. Supp.* 95, 401
 Plionis M., Benoist C., Maurogordato S., Ferreri C., Basilakos S., 2003,
 Astrophys. J. 594,144
 Poltis R., Stojkovic D., 2010, *Phys. Rev. Lett.* 105, 161301
 Ralston J. P., Jain P., 2004, *Int. J. Mod. Phys. D* 13, 1857

Reinhardt M., 1971, *Astroph. Sp. Sci.* 10, 363
 Reinhardt M., Roberts M.S., 1972, *Astrophys. Lett.* 12, 201
 Rhee G., Katgert P., 1987, *Astron. Astrophys.* 183, 217
 Rood H.J., The catalogue of Galaxy Redshifts 1980 unpublished (see also
 Rood H.J., 1995, *VizieR On-line Data Catalog: VII/36., SINDBAD*)
 Sastry G.N., 1968, *PASP* 80, 252
 Shandarin S.F., 1974, *Sov. Astr.* 18, 392
 Silantev N.A., Gnedin Y.N., Piotrovich M.Y., Natsvlishvili T.M., Buliga S.D.,
 2010, *Astrophysics*, 53, 453
 Silk J., 1968, *Astrophys. J.* 151, 459
 Springel V. i in., 2005, *Nature* 435, 629
 Struble M.F., Peebles P.J.E., 1985, *Astronom. J.* 90, 582
 Sugerman B., Summers F.J., Kamionkowski M., 2000, *Mon. Not. R. Astr.
 Soc.* 311, 762
 Sunyaev R.A., Zeldovich Ya. B., 1970, *Astroph. Sp. Sci.* 7, 3
 Thompson L.A., 1976, *Astrophys. J.* 209, 22
 Torlina L., De Propris R., West M.J., 2007, *Astroph. J.* 660, L97
 Trevese D., Cirimele G., Flin P., 1992, *Astronom. J.* 104, 935
 Trujillo I., Carretero C., Patri G., 2006, *Astroph. J.* 640, L111
 Tully R.B., 1986, *Astroph. J.* 303, 25
 Tully R.B., 1988, *Nearby Galaxy Catalogue.*, Cambridge University Press
 Tully R.B., 2000, *Nearby Galaxy Catalogue.*, unpublished
 Tully R.B., Fisher J.R., 1977, *Astron. Astrophys.* 54, 661
 Tully R.B., Shaya E.J., 1984, *Astroph. J.* 281, 31
 Ungruhe R., Saiter W.C., Durbeck H.W., 2003, *Journal Astronomical
 Data* 9, 1
 de Vaucouleurs G., de Vaucouleurs A., 1964, *Reference Catalogue Bright
 Galaxies*, University of Texas Monographs in Astronomy, University of
 Texas Press, Austin
 van Kampen E., Rhee G., 1990, *Astron. Astrophys.* 237, 283
 van deWeygaert R., Bond J R., 2008a, in *A Pan-Chromatic View of Clusters
 of Galaxies and the Large-Scale Structures*, ed. M. Plionis,
 O. Lopez-Cruz & D. Hughes (Dordrecht: Springer), 335
 van deWeygaert R., Bond J. R., 2008b, in *A Pan-Chromatic View of Clusters
 of Galaxies and the Large-Scale Structures*, ed. M. Plionis,
 O. Lopez-Cruz & D. Hughes (Dordrecht: Springer), 409
 Varela J., Betancort-Rijo J., Trujillo I., Ricciardelli E., 2012, *Astrophys. J.*
 744, 82
 Wesson P.S., 1979, *Astron. Astrophys.* 80, 296
 Wesson P.S., 1983, *Astron. Astrophys.* 119, 313
 West M.J., 1989b, *Astrophys. J.* 347, 610
 West M.J., 1994, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 268, 79
 Wu G.X., Hu F.X., Su H.J., Liu Y.Z., 1997, *Astron. Astrophys.* 323, 317

Wu G.X., Hu F.X., Su H.J., Liu Y.Z., 1998, *Chin. Astron. Astrophys.* 22, 17
Wu G.X., 2006, *Astron. Astrophys.* 452, 807
Wyatt, S., Brown F.G., 1955, *Astronom. J.* 60, 415
Zeldovich B.Ya., 1970, *Astron. Astroph.* 5, 84
Zhang Y., Yang X., Faltenbacher A., Springel V., Lin W., Wang H., 2009,
Astrophys. J. 706, 747



Bogdan Wszolek i Ivan Andronov.



Od lewej: Magdalena Dąbek, Ewa Kosturkiewicz i Sebastian Kurowski.



Alexandros Filothodoros, Anna Skrzypczak i Bogdan Wszolek.

Mosses as candidates for stratospheric biomarkers

Agata Kołodziejczyk¹, Oldrich Motyka², Daniel Karczmit³, Daniel Kaczmar⁴, Jędrzej Kowalewski⁵, Maciej Jakimiec⁶, Jędrzej Górski⁷

¹Jagiellonian University, Poland

²Technical University of Ostrava, Czech Republik

³Wrocław University, Poland

⁴West Pomeranian University in Szczecin, Poland

⁵Siviso-www.siviso.com, Swidnica, Poland

⁶Copernicus Project,

⁷Wrocław University of Technology

Abstract

Several plants are used to visualize ozone concentration in troposphere, however, there are no such biomarkers nor biological probes for ozone protective layer in stratosphere. Mosses - widespread, cosmopolitan, easy to handle and to analyse - are hereby proposed as suitable candidates for such a task for they can be used in a variety types of studies for large scientific community as well as for educational purposes. Three moss species representing two categories of ecological strategies typical for bryophytes (stress tolerator and ruderal), were applied for the first assessment of their ability to sustain conditions of the stratosphere. Samples of mosses were attached to balloon and lifted to stratosphere. Morphological changes and chlorophyll condition were observed to assess their survival abilities in chemically active ozone layer. *Orthotrichum anomalum* was found to be much more resilient than *Atrichum undulatum*. Our study revealed ozone-sensitive moss species and deepened the knowledge of plant survival strategies after exposure to rapid environmental changes.

Key words: Bryophytes, *Orthotrichum anomalum*, *Atrichum undulatum*, stress

Introduction

Biomonitoring of atmospheric chemistry is the best method to reveal visible effects of air quality on living organisms. It is also the best evidence to convince citizens and policy makers to find the ways to reduce pollution or activate climate protection programs. Chemical components of the atmosphere such ozone, nitric oxide and sulphur dioxide harm plants, animals, humans, and entire ecosystems. Several plants are sensitive to elevated ozone levels and show signs of visible injury. Conifers and broad-leaf trees, shrubs, lichens and mosses, domesticated crops and grasses all have member species susceptible to ozone injury. The Aura Ozone Monitoring Garden in the NASA Goddard Space Flight Center has the ozone monitoring garden full of plants that scientists have found to be ozone-sensitive. Each of these plants showed damage of their leaves after the exposure to high levels of ozone characterized

by fine coloured spots on the upper surfaces of their leaves called stipples, and some leaves also turn yellow. Ozone enters plants through leaf stomata. Oxidized tissue changes biochemical and physiological processes. Both visible injury (e.g. stipples and chlorophyll degeneration) and growth effects (e.g. premature leaf loss, reduced photosynthesis and reduced leaf, root and total dry weights) can occur in sensitive plant species (Skelly 2000).

Since the stratospheric ozone is one of the most crucial component for life on our planet, we wanted to find easy visual method of ozone detection which brings down to earth, what remote sensing observations are telling us.

This study was the first attempt to use biomonitoring in the second major layer of Earth's atmosphere (10-50 km).

Although in their scientific stratospheric mission, the Indian Space Research Organization (2009) revealed several metabolically active bacteria and fungi species in the stratosphere, it is impossible to use them for biomonitoring studies because of lack of „in situ” qualitative or quantitative detection methods. Therefore the main aim of our work was to select appropriate species living on Earth, which can resist harsh environmental factors and which can be used to monitor the chemistry in the stratosphere - its protective ozone layer located about 25 km above our planet surface. We selected 2 moss species known to be resistant to cold temperatures, low pressure levels and UV light radiation.

Materials and Methods

Moss material

Species *Orthotrichum anomalum* (Hedw.) and *Atrichum undulatum* (Hedw.) were utilized to assess their survival skills after exposure to the stratospheric conditions. These species represent bryophytes rather in the stress tolerator category. *O. anomalum* was proved to be desiccation tolerant (Alpert and Oliver. 2002). *A. undulatum* as a species of *Polytrichales* has a rather different water physiology - it is not ectohydric but mixohydric as well as it shows some characteristics of a Competitor category sensu Grime (1977). Both *O. anomalum* and *A.undulatum* are fairly abundant and cosmopolitan. Dark-green fresh gametophytes of *O. anomalum* with shoots 1.5 cm tall, with straight leaves 2.5-4 mm long were collected in Ostravian region (Czechia) a week before the experiment from its natural habitat on basic rocks. *A. undulatum* with 3 cm tall dark green leaves were collected in Kraków from the meadow in forest. Additionally we tested *Physcomitrella patens*, representing the more ruderal - ephemeral species. Our previous tests on this moss revealed very weak resistance to stratospheric conditions (not published data), so here we only added this organism to show chloroplast degradation. *P. patens* is widely used as a model organism in genetics thus well known in regards to its autecology and physiology. *P. patens* strain was purchased from

the International Moss Stock Center, Freiburg, Germany (Reute-K1 Cat. No. 40040) and the sample consisted of young, 0.5cm tall gametophytes of the light-green moss with star-shaped rosettes of leaves. All plants were washed in distilled water, dried on a paper towel and separately placed inside the 2 ml plastic eppendorf test vials (Sarstedt, Cat. Nr 72.694.106) 24 hours before the day of experiment. Total number of the experimental vials attached to the balloon was 32 (16 per species) and 32 control vials were kept on the ground. All vials were coded for further analysis. Opened and airtight closed samples, all in two copies (sustaining pressure and chemical components), were considered. *P. patens* was placed in one closed vial in the capsule and one on the ground. After the return of capsules to Earth, mosses in test vials were kept all under the same conditions and transported back to the laboratory (another 24 hours) for analysis. Additional control test was made by freezing mosses in -20°C .

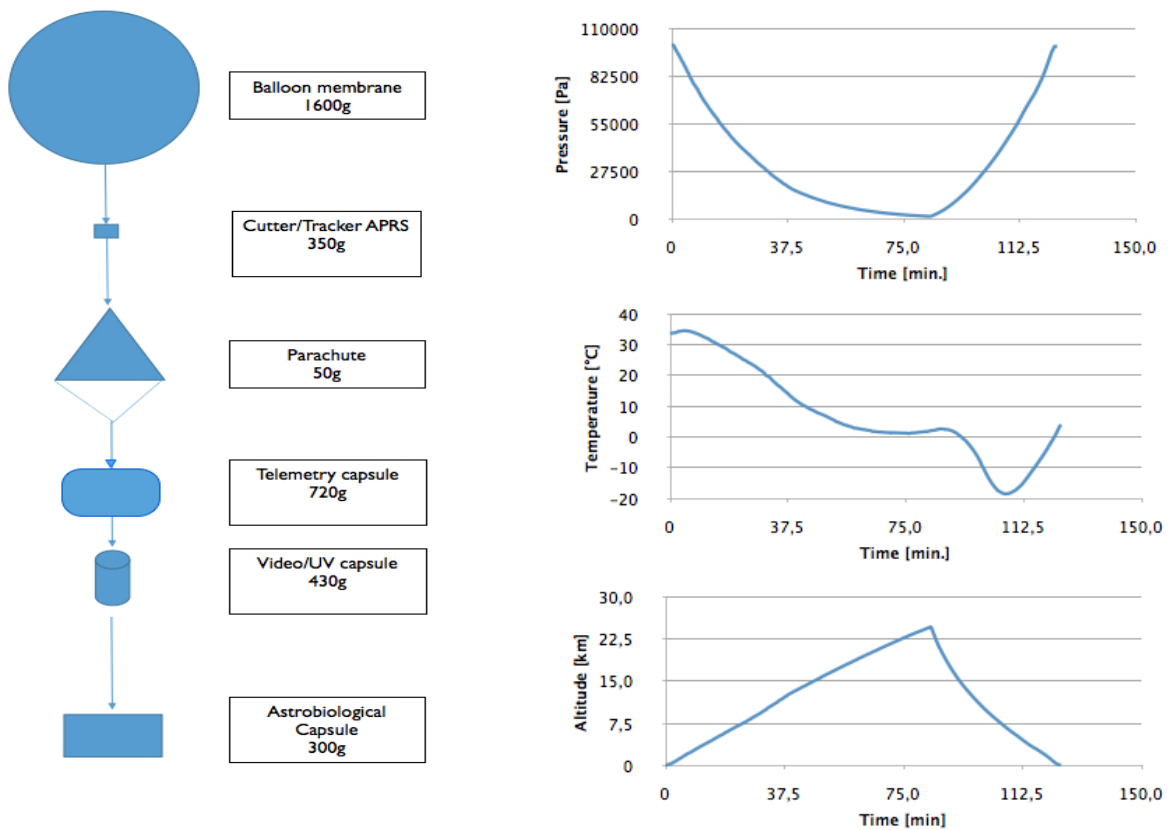


Fig.1. The scheme of balloon assembly (left), and the basic graphs from the Pt1000 temperature detector and BMP085 sensors (altitude and pressure), recorded during the balloon flight.

Balloon mission

Samples of mosses were launched to the stratosphere on 25th of April 2015 on specially designed for the mission capsule, from the Aeroclub in Kruszyń, Poland (52°35'09".79N, 19°00'43".38E). The main part of the capsule consisted of the cylindrical eppendorf holder protected from mechanical damage by light flexible carbon rods. 300g heavy capsule together with additional capsules for telemetry, UV-light measurements and video cameras were attached to balloon according to the Fig.1. left. Balloon has reached the stratosphere, samples of mosses were thus subjected to changes in altitude from 0 km to 28 km, and temperatures ranging from 27 °C on ground to -32 °C at the highest altitudes. The mission took about 2h, 82 min. of ascent and 40 min. of descent (Fig.1. right). After landing, capsules were collected by the members of the stratospheric mission (about 15 min. after landing). Balloon position was tracked using the flight tracker service at www.spacenear.us.

Cell imaging

Leaves in the third row from the top of each plant were cut and photographed with Axio Vision camera under the microscope. Cellular damage and cell wall deformations were detected under the bright light Nikon Microphot EPI-FL313682 microscope (10x objective). Changes in chloroplast morphology and chlorophyll autofluorescence were visualised using 100x oil immersion objective lens under the Leica fluorescent microscope (exciting light 546 nm). Obtained microscopic images were analysed and processed in Image J Software, version 1.44g (Schulze et al., 2011), using Wacom Bamboo tablet. Cell surface and mean grey value measurements were performed on three separate leaves in each moss sample as an indicator of dehydration. Each measurement consisted of randomly chosen 10 cells taken from the middle part of left side of the leaf. Measurements were repeated by the same person, using the same tools and software.

HPLC analysis

Vitamin C (ascorbic acid), is a key low molecular weight antioxidant in the plant cell. Ascorbic acid can directly react with reactive oxygen species like singlet oxygen, ozone, superoxide, and hydroxyl radical. To measure the concentration of L-ascorbic acid in tested samples we used high-performance liquid chromatography. Mosses were rubbed in a mortar with 2.5ml of 3% metaphosphoric acid. Obtained solution was sonificated for 15 min., filtered and analysed in chromatograph HPLC-DAD (Column: RPC18 35µm 4.6x150mm, Eluent: MeOH:100mM KH₂PO₄ (10:90), Flow: 0.5ml/min., Wavelength: 245nm).

Statistical analysis

Data was analysed using Hierarchical Clustering on Principal Components to find general trends in mosses response and Factorial Logistic regression to reveal main dependencies throughout the statistical sample. All analyses and plots were created using statistical tool R (R Development Core Team 2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Results

Cell damage as a marker

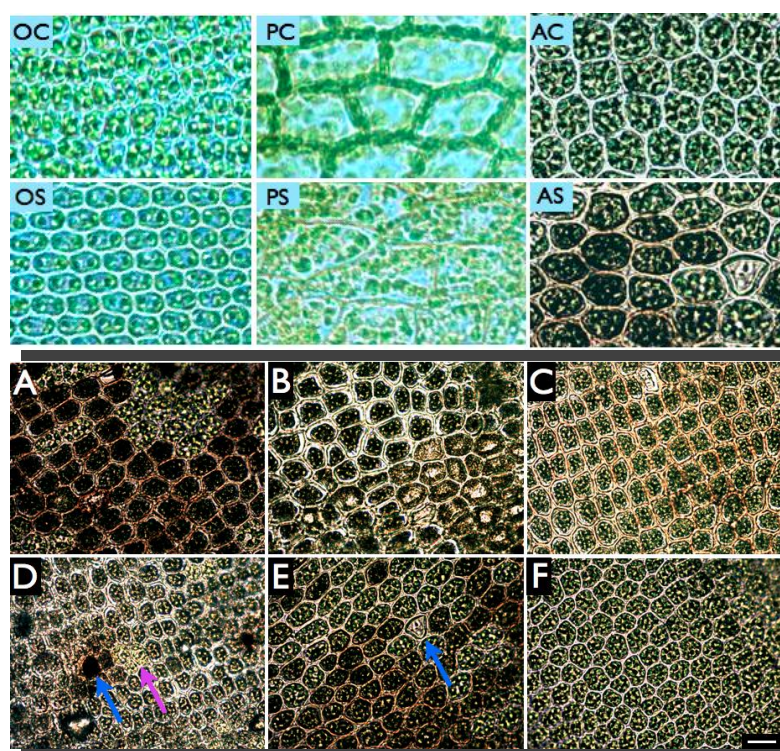


Fig.2. Microscopic images of leaves of three types of tested mosses (O-*Orthotrichum*, P-*Physcomitrella*, A-*Atrichum*). Green active chlorophyll is clearly seen in control samples (C) while chloroplast colour and location change after the exposure to the stratosphere. *Atrichum sp.* exhibited the most diverse types of cellular damage: dark brown stipples (A and blue arrow in D), dense cytoplasm and chloroplast condensation (B up), chloroplast edging (B down), cytoplasm shrinkage (B up, C and D). F-control with not damaged cells. Scale-50 microns.

Extreme stratospheric environment is lethal for nearly all living organisms because of simultaneous presence of three harsh physical factors: low temperature, pressure closed to 0 Pa and high-energetic solar and cosmic radiation. While temperature decreases and reaches freezing levels, appeared crystals of ice may cause mechanical damage inside plant cells. Another deleterious factor present in stratosphere is exposure to high-energetic

radiation such UV light and gamma rays. Ozone layer, as additional chemical factor, may influence generation of free radicals and reactive oxygen species (ROS), leading to cell necrosis. One of the characteristic damage caused by ozone are stipples - single dark brown damaged cells. Fig. 2 shows effects of stratosphere (S) compared to ground controls (C), revealed in cellular morphological changes in three tested moss species: *O. anomalum*, *P. patens* and *A. undulatum*. Orthotrichum was the less sensitive for stratospheric conditions, while *Physcomitrella* was too delicate. Atrichum appeared to show the most diverse cellular rearrangements. Green chloroplasts are equally dispersed inside the cells in control sample F, while after the stratospheric exposure cells changed color from green to brown and chloroplasts became rearranged and stuck to cellular walls (B bottom). Opened samples exposed for low pressures and ozone penetration revealed chloroplasts condensed in the centre by shrunk cellular membranes (B up and C, D). Blue arrow on D shows typical stipple while purple arrow reveals an island with still active chloroplasts. Cell necrosis is noted by blue arrow on E.

Table 1. Averages of all dead cells and stipples from obtained microscopic images. Stipples appeared only for opened samples suggesting that this damage might be caused by ozone.

| Stratosphere | Dead cells | Stipples |
|--------------|------------|----------|
| closed A | 1 | 0 |
| opened A | 25 | 6 |
| darkclosedA | 85 | 0 |
| darkopenA | 45 | 2 |
| closed O | 0 | 0 |
| opened O | 0 | 0 |
| darkclosedO | 0 | 0 |
| darkopenO | 0 | 5 |
| Control | Dead cells | Stipples |
| closed A | 0 | 0 |
| opened A | 0 | 0 |
| darkclosedA | 61 | 0 |
| darkopenA | 14 | 0 |
| closed O | 0 | 0 |
| opened O | 0 | 0 |
| darkclosedO | 0 | 0 |
| darkopenO | 0 | 0 |

Table 1 reveals data from the mission: Averages of all dead cells (brown colour with still visible chloroplasts) and stipples (very intensive dark brown cells with destroyed chloroplasts) counted from images. Interestingly we

observed that covering plants with aluminium foil for 48h strongly influenced chloroplast degradation in both types of analysed tissues (experimental and controls).

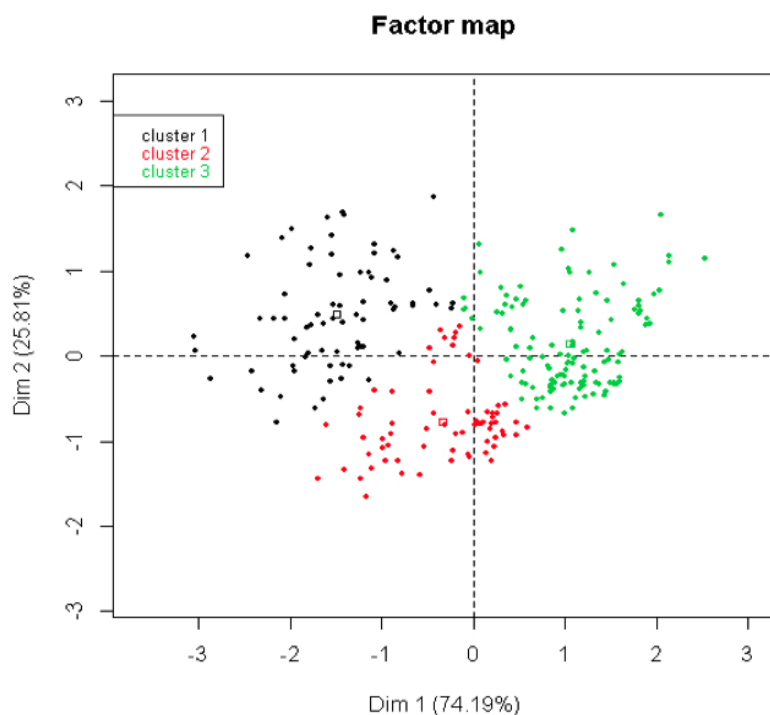


Fig. 3. The Hierarchical Clustering on Principal Components performed on the data on cell area, MGV (mean grey value), species, treatment and environment showed that there is indeed a distinction apparent in the data by separating it to three clusters two canonical axes accounting for most of the variability in the data (~100 %). However, although the PCA model was significant for all the variables ($p < 0.05$), their representation in the clusters was mostly species-specific and clear differentiation in the environmental factors was not found.

Cell size and chlorophyll intensity change in stratosphere

Since ice crystals and low pressure may affect cell size, we analyzed this parameters in tested samples (Fig. 3 and Fig. 4). Factorial logistic regression was used to assess the effect of the treatment and environmental factors on the mean grey value (MGV), and cell area values: significant dependencies ($p < 0.05$) of all the factors on the observed values was founded, with the species and environment being, not surprisingly, the key factors. When the data were assessed species-wise, the effect was most prominent in case of MGV in *Atrichum* where all the factors and their interactions were significant even among controls; cell area of *Atrichum* was affected by the stratospheric conditions and by treatment in interaction with the those conditions. *Orthotrichum* was significantly affected by the stratospheric conditions as well, but once in the stratosphere, the treatment (closed or opened lid) played no role. The response of the species, though in both significant, is rather diverse as is apparent from Fig. 4. Whilst *Atrichum* cells demonstrated increase in MGV after being subjected to stratospheric conditions – both in

closed and opened vials, the response of *Orthotrichum* cells was contrary (decrease in MGV) and not quite as prominent.

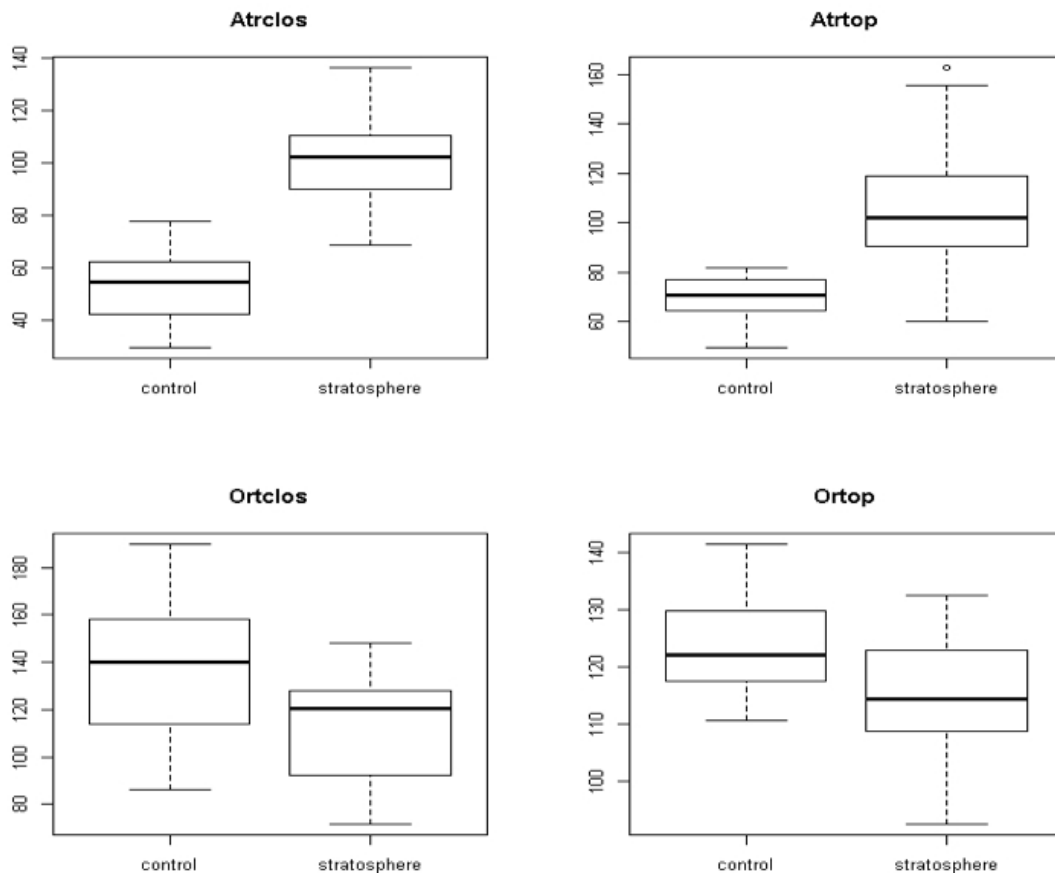


Fig. 4. Boxplots with mean grey value distribution in analysed groups of mosses: *Atrichum* and *Orthotrichum*, in two conditions: with opened and closed eppendorfs in the stratosphere and control samples. In case of *Atrichum*, increase in MGV was observed in both cases. No such effect, even slight decrease was observed in *Orthotrichum* samples.

Chlorophyll degradation

Active chlorophyll exhibits autofluorescence, which intensity is relative to amount of its concentration in the tissue. UV light may strongly reduce chlorophyll activity. During performed mission we detected the UV irradiance, with maximal value 6.222 mW/cm^2 at 24 km above the Earth (Fig.6). Strong differences in chlorophyll autofluorescence intensity between *O. anomalum* and *P. patens* were observed, either in initial state (C) or after the treatment in stratosphere (S) (Fig.5). In *P. patens* significantly lower chlorophyll autofluorescence was observed in the samples subjected to mission ($p < 0.001$ compared to the control). In the end, *P. patens* samples showed lower autofluorescence than *O. anomalum* control despite the initial state, hence the drop in fluorescence after the exposure to the stratospheric conditions is much more dramatic in *P. patens*.

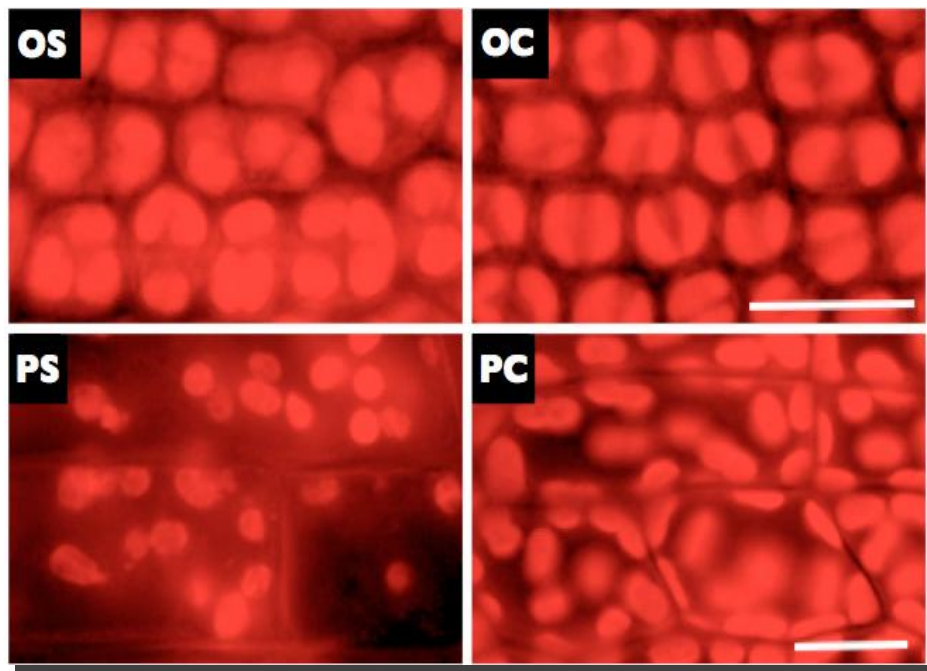


Fig.5. Autofluorescence of the chlorophyll in *Orthotrichum anomalum* (O) and *Physcomitrella patens* (P) in S (stratospheric) and C (control) conditions. Scales for rows of images: 20 microns.

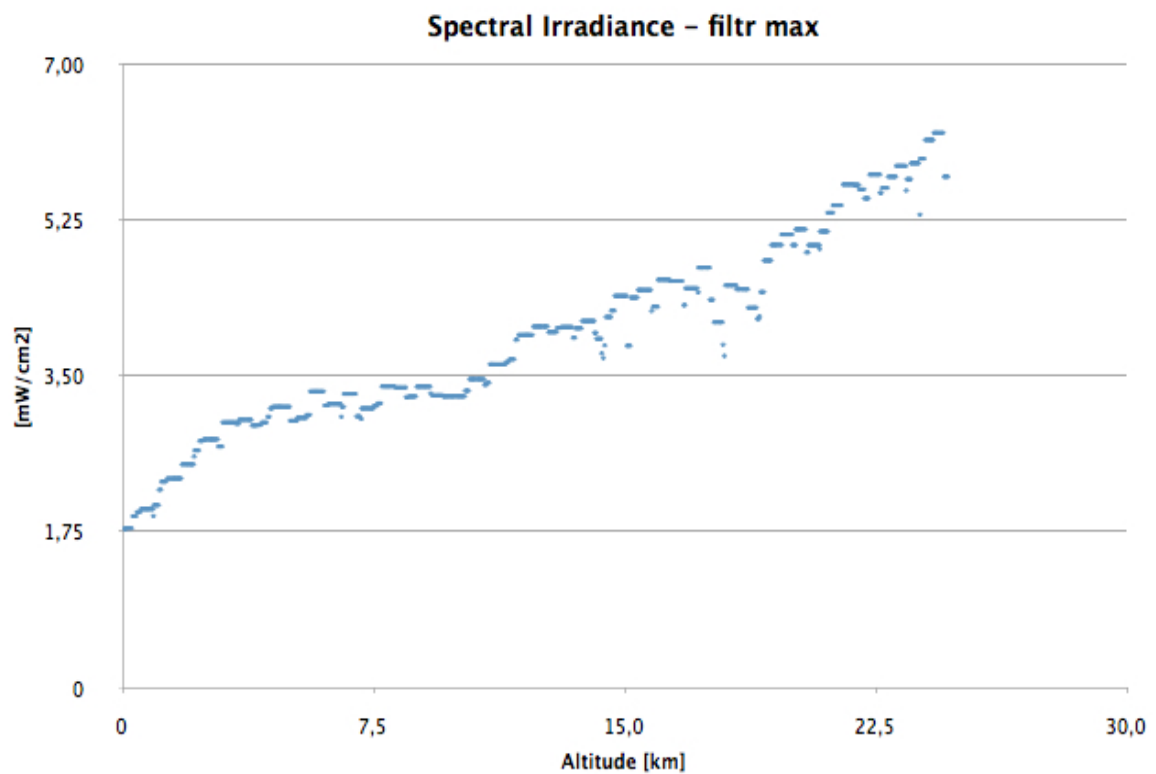


Fig.6. Spectral irradiance data filtered for the maximal value in relation to increasing altitude during JADE mission balloon flight.

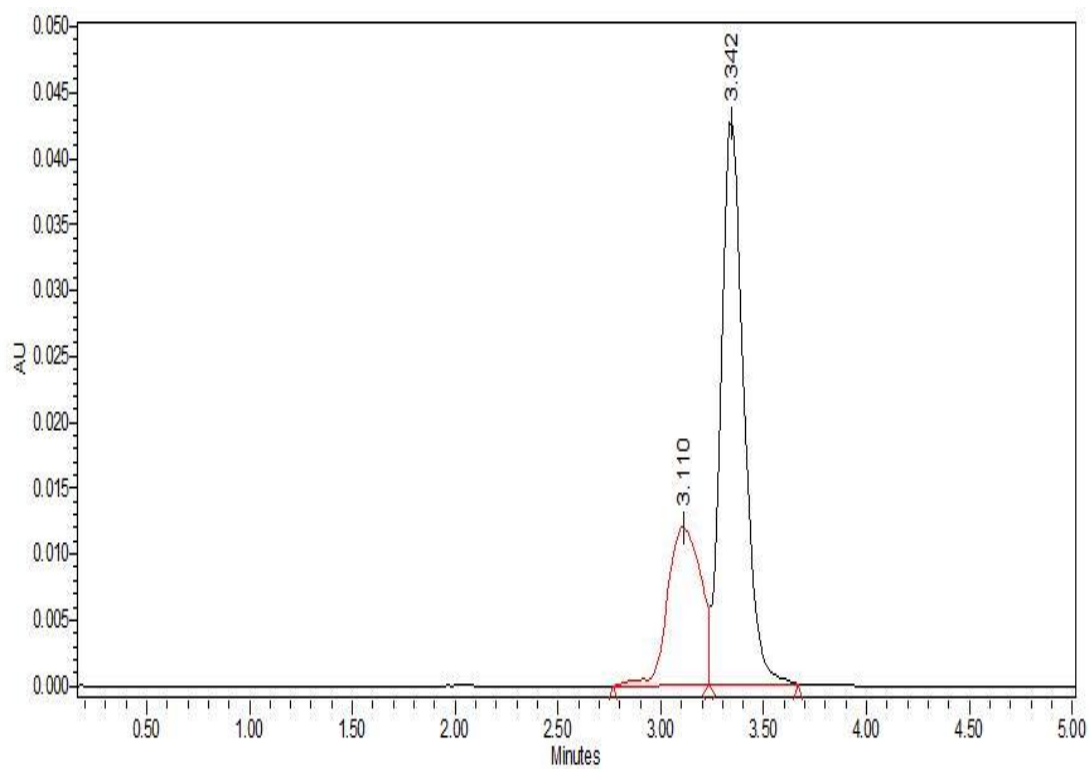


Fig. 7. Spectra from HPLC analysis. Spectrum characteristic for the vitamin C (black).

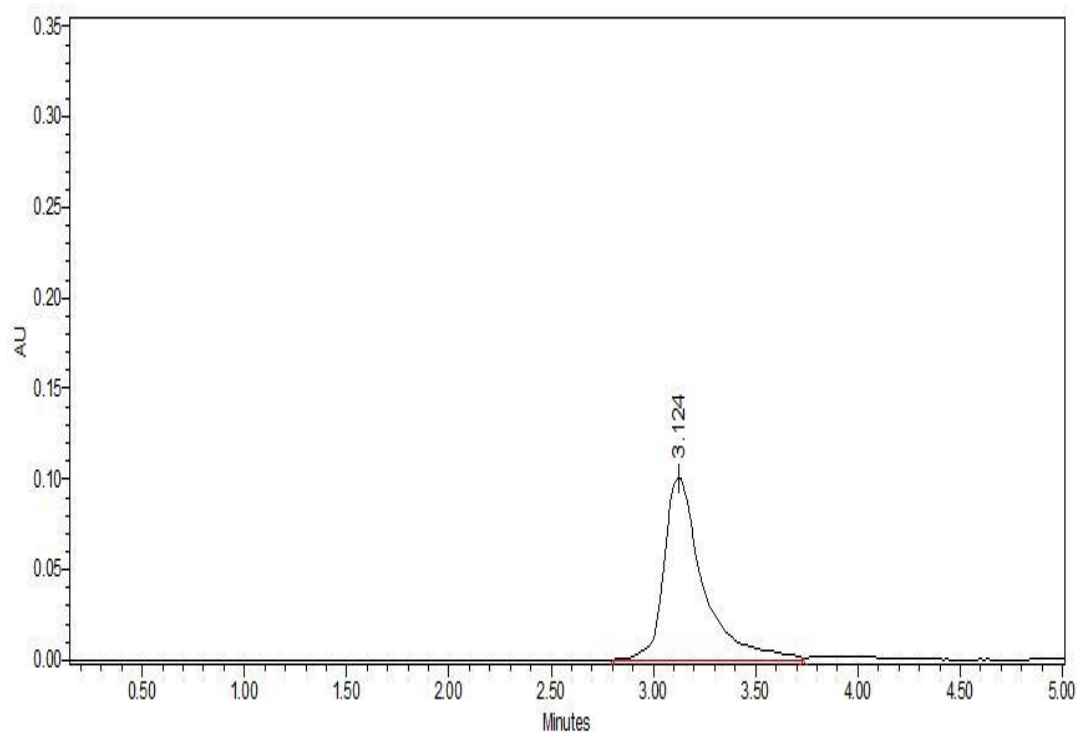


Fig.8. Example of analyzed moss sample without the characteristic spectrum. The signal present in Fig. 7-8 comes from small amount of contamination.

Vitamin C may not be directly involved in stress responses in tested mosses

Using sensitive chromatography method we obtained unexpected result, since we were not able to detect and quantify vitamin C in mosses. Spectra of all eight extracted moss samples did not reveal a pick characteristic for vit. C (Fig.7). This result (8 samples containing less than 10 µg/g), indicates, that either our method was not sensitive enough, or that vitamin C is not directly involved in this kind of stress responses.

Conclusions

This work presents results from the first attempt to use plants for biomonitoring in the stratosphere.

Three moss species represent different stress responses to the harsh fast-changing environmental conditions reflected in chloroplast quality, chloroplast morphology and cellular damage but not in vitamin C concentrations. This features can be used for future biomonitoring studies.

Knowledge about mosses physiology after exposure to fast environmental changes may be useful to study plant resistance in seed design and production of resistant vegetables, fruits and cereals.

Mosses are cosmopolitan and their leaves consist of single cellular layer, what makes microscopic study easy to handle. This plants are great model organisms for educational work.

In particular, *Atrichum sp.* seems to be the best biomarker for the ozone layer in the stratosphere, since it is resistant to low temperatures and reveals several morphological changes at cellular level, especially characteristic stipples.

Acknowledgments

This article was supported by funding from the Jagiellonian University within the SET project (the project is co-financed by the European Union) and by funding „Generation of the Future” - the program of Ministry of Science and Higher Education within a framework of operational program of Innovative Economy. HPLC analysis was performed in cooperation with the Technology Park in Wrocław.

Literature

- Alpert P., Oliver M. J., 2002, Drying without dying, in M. Black and H.W. Pritchard (eds.), Dessication and Survival in Plants, CABI Publishing pp. 1-43
- Grime J. P., 1977, Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory, The American Naturalist 982(3), pp.1169-1194

Skelly J. M., 2000, Tropospheric ozone and its importance to forests natural plant communities of the northeastern United States, *Northeastern Naturalist* 7, pp. 221-236.



Od lewej: Larisa Kudashkina, Bogdan Wszolek, Vitalii Breus, Vladyslava Marsakova, Ivan Andronov, Anna Andronova, Lidia Chinarova i Piotr Flin.

3D diagrams for the photometrical characteristics of the Mira-type variable stars

Larisa S. Kudashkina

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

Abstract

3D (3-parameter) diagrams for an additional criterion of detailed classification of the variables of Mira-type stars, e.g. "slope of the ascending branch – period - amplitude" are discussed. Also, 2D diagrams and the coefficients of the correlation between the pairs of parameters of the mean light curve have been obtained.

We propose a set of the photometric parameters which could be useful for the classification of the pulsating Mira-type stars and related objects and determination of the EAGB and TPAGB stages of the stellar evolution.

The light curves of Mira-type stars were approximated using the program FDCN, which computes a trigonometric polynomial of a statistically optimal degree (Andronov 1994, Andronov 2003).

The statistically optimal fits of the phase curves of long-period is presented, based on digitized data from the scanned "Atlas" by Maffei and Tosti (<http://astro.sica.unipg.it/atlasmaei/main.htm>), the observations obtained by the members of AAVSO (<ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/pub/afoev>), VSOLJ (<http://www.kusastro.kyotou.ac.jp/vsnet/VSOLJ>) and AAVSO (Mattei, 1979).

The mean curves of Mira-type stars and the tables of their parameters obtained from the AAVSO data are given in the article by Kudashkina and Andronov (1996) and Kudashkina and Andronov (2010).

The fundamental parameters:

P - the period of the light variation;

$\Delta m = m_{min} - m_{max}$ - amplitude (or "mag")

$f = \varphi_{max} - \varphi_{min}$ - asymmetry of the light curve

s – degree of the trigonometric polynomial

The parameters of the slope of the light curve (some of the parameters):

$m_i = dm(t)/dt$ - the maximal slope of ascending branch;

$m_d = dm(t)/dt$ - the maximal slope of descending branch

Thus, 3D (3-parameter) diagrams for an additional criterion of detailed classification of longperiodic variables, e.g. "slope of the ascending branch – period - amplitude" ($m_i - P - \Delta m$) are discussed. Also, the correlation between pairs of parameters (2D parameter diagrams) are interesting. The example, " $\lg P - \Delta m$ ".

The equations of multiple regression were computed using the online calculator <http://math.semestr.ru/regress/corel.php>.

Service allows:

- The equations of multiple regression, the matrix of correlation coefficients, mean coefficients of elasticity for linear regression;
- multiple determination coefficient, confidence intervals for individual and mean values of the criterion;
- checking for multi-collinearity, auto-correlation of residuals and heteroscedasticity.

To determine parameters of the multiple regression, we use the matrix method, or the Kramer method for multiple regression with two variables.

To determine significance of the equation of the multiple regression, we check hypothesis of equality to zero of the determination coefficient, which is computed for the F- (Fischer's) criterion.

Range of the variations of the light curve parameters:

| | | |
|-----------|------------|----------------|
| Period | P | 100÷530 days |
| lg P | | 2.00÷2.70 |
| Amplitude | Δm | 1÷9 magnitudes |
| Asymmetry | f | 0÷1 |
| Slope | dm_i/dt | 0.2÷-0.001 |

There are the equations:

$$dm_i /dt = (-0.0633\pm 0.0075) + (0.000165\pm 0.000021)P - (0.00642\pm 0.00134)\Delta m \quad (1)$$

$$P = (307\pm 24) + (24\pm 6)\Delta m + (2771\pm 349)(dm_i /dt) \quad (2)$$

$$\Delta m = (0.022\pm 0.793) - (37\pm 8)(dm_i /dt) + (0.0083\pm 0.0019)P \quad (3)$$

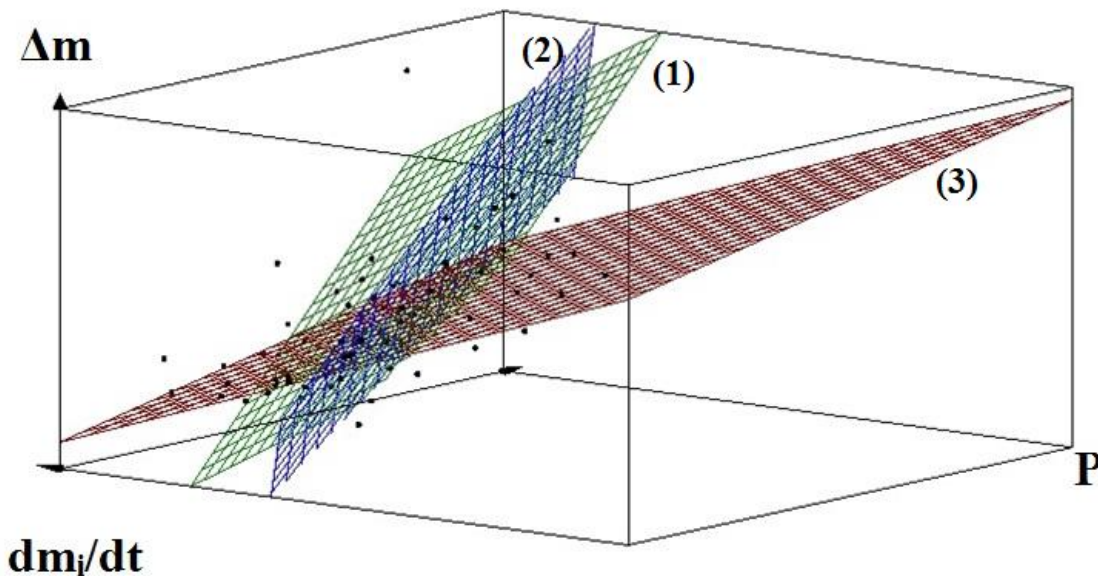


Fig. 1. Number of the stars N=78. 3D-diagram " $P - \Delta m - dm_i/dt$ " (period-amplitude-slope).

The coefficient of correlation between pairs of parameters were computed using MCV program (<http://uavso.pochta.ru/mcv>, Andronov, Baklanov, 2004).

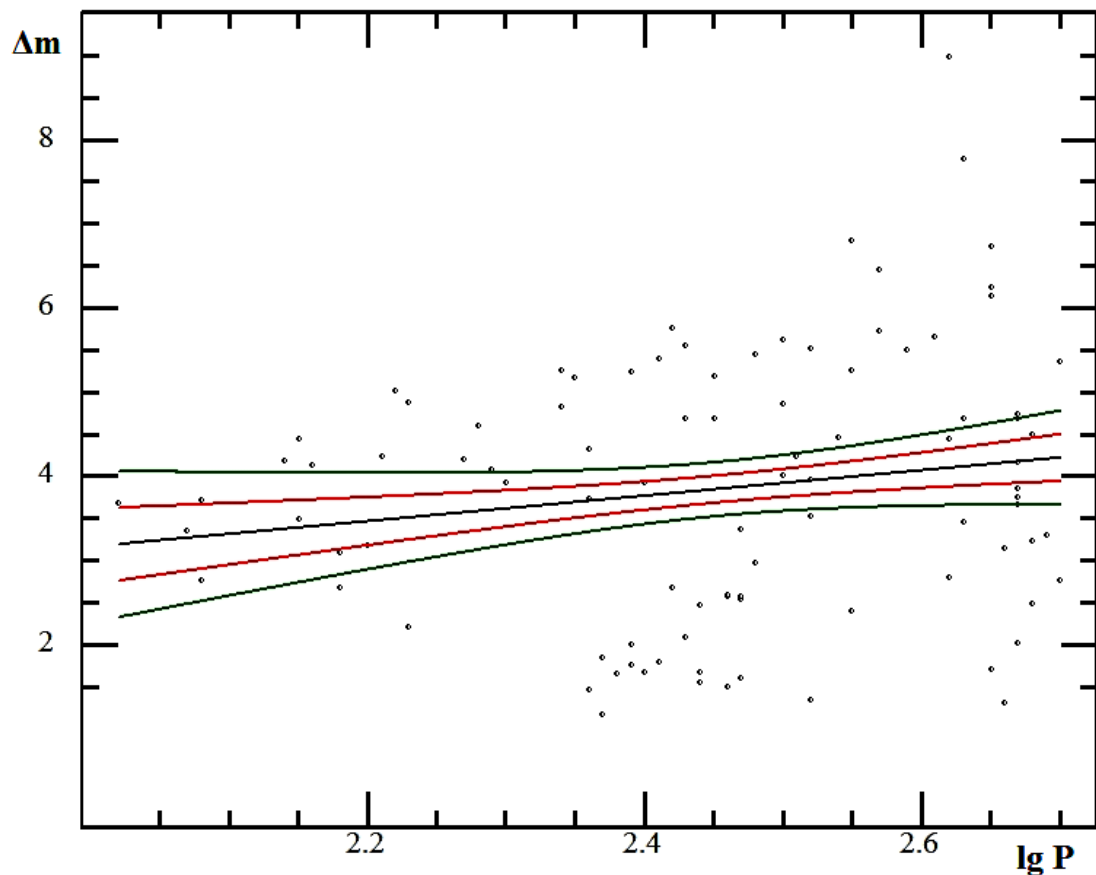


Fig. 2. Number of the stars $N=95$. 2D-diagram "amplitude (Δm) – $\lg P$ ", $\rho/\sigma_p = 1.628 < 3$. This correlation coefficient isn't statistically significant.

It is possible, that the top envelope and the bottom inclined line (trend) separating groups of stars in the diagram (Fig. 2) have physical meaning. But this requires further detailed study.

Conclusions

The majority of the correlation coefficients are statistically significant;

The best correlation is between the parameters P and dm/dt ;

For (1), the correlation between the parameters is very significant; the regression equation is statistically significant;

For (2), the correlation between the parameters is not very significant; the regression equation is statistically significant, the autocorrelations for residuals is present;

For (3), the correlation between the parameters is not very significant; the regression equation is statistically significant.

The coefficients of correlation between pairs of parameters were not statistically significant.

The greatest interest represents the dependence (1), which indicates the relationship between the slope of the ascending branch of the light curve with fundamental parameters - period and amplitude of the star.

References

- Andronov I. L., 1994, OAP, 7, 49 (1994OAP.....7...49A)
Andronov I. L., 2003, ASPC, 292, 391 (2003ASPC..292..391A)
Andronov I. L., Baklanov A. V., 2004, Astron. School Rep. 5, 264
(<http://uavso.pochta.ru/mcv>).
Kudashkina L.S., Andronov I. L. 1996, Odessa Astron. Publ., 9, 108
(1996OAP.....9..108K).
Kudashkina L. S., Andronov I. L., Odessa Astron. Publ. 2010, 23, 65
(2010OAP...23...65K)
Mattei J., 1979, AAVSO Rep. 38



Agata Kołodziejczyk, Agnieszka Dymarek i Agnieszka Kuźmicz.

Impact of pulsation activity on the light curves of symbiotic variables

Marsakova V.I.¹, Andronov I.L.², Chinarova L.L.³,
Chyzyk M.S.¹, Andrych K.D.¹

¹ Department of Astronomy, Odessa National University

² Department “High and Applied Mathematics”, Odessa National Maritime University

³ Astronomical Observatory, Odessa National University

Abstract

We used long-term visual amateur observations of several symbiotic variables for detection of periods that may be caused by pulsation. The examples of multiple periodicities are discussed individually in each case.

Key words: stars: symbiotic, individual: CH Cyg, UV Aur, V1329 Cyg, RX Pup, AR Pav.

Symbiotic variables are long-period interacting binary systems that include evolved red giant and much hotter companion, which, in most systems, is a white dwarf. They show a lot of observational effects associated with both components and their interaction, particularly, mass transfer from a cold to a hot companion. Based on their near-IR characteristics, the symbiotic stars are divided into two main classes [1], depending on whether the colors are stellar-like (S-type) or indicate a thick dust shell (D-type). The majority ($\approx 80\%$) of cataloged systems are of S-type and have near-IR colors consistent with cool stellar photosphere temperatures of $\approx 3500\text{--}4000$ K. Most of them have orbital periods of $\approx 500\text{--}1000$ days. The near-IR colors of the D-type systems indicate the presence of a dust shell which obscures the star and re-emits at longer wavelengths. IR photometric monitoring has shown that these D-type systems have large amplitude variations and that they contain Mira-type variables with pulsation periods in the range of 300–600 days. They are often called the “symbiotic Miras” [2]. Since they must contain the Mira with its dust shell, these D-type systems should have much longer orbital periods than the S-types, a few tens of years and more. The latest review of symbiotic Miras and a comparison with normal Miras can be found in [3]. As mentioned in [4], spectroscopically over a time scale of a few years, the D-type symbiotics have near-infrared velocity behavior typical for Mira variables. In the S-type systems, the variations in the optical photometry are dominated by the mass transfer between the late-type star and the degenerate companion. Extensive time-series of the radial velocities of most S-type symbiotics are dominated by the orbital motion. However, in a few cases, the pulsation of the late-type primary makes a significant contribution to the observed velocities.

Optical and infrared light curves show the very complex behavior that may be described by the such effects [5]:

- high and low activity stages of the hot component,

- flickering caused by accretion disc,
- nova-like outbursts of the hot component (S and D types),
- eclipses,
- reflection effect of red giant (S-type),
- ellipsoidal variability connected with orbital motion (S-type),
- radial pulsations (all D-type and some S-type) and semi-regular variation (S-type) of the cool component,
- long-term dust obscuration (mostly D-type)
- and other types of variability.

Some examples of these variability types are clearly demonstrated by Mikołajewski et al. [6].

We try to investigate the photometric variability of some symbiotic variables using the observations in the visual spectral range. The data for our research was compiled from the international databases AFOEV, VSOLJ and AAVSO and obtained by using the photographic plate collections of the Astronomical Observatory of the Odessa National University and of the Sternberg Astronomical Institute of the Moscow State University.

We have used:

- Periodogram analysis [7, 8];
- Trigonometrical polynomial and multifrequency approximation [9, 10] realized in the program MCV [11];
- “Asymptotic parabolae” [12], “running parabolae” [13] and “running sines” [14];
- Wavelet analysis [15, 16] and scalegram analysis [12].

CH Cyg

CH Cyg is well known symbiotic variable [17]. The characteristics of complex optical variability of the classical symbiotic star were analyzed [18]. The long-term (1840^d), orbital (694^d) periods were obtained. Also small-amplitude (0.09^m) pulsations at the period of 99^d were confirmed.

UV Aur

The carbon variable UV Aur belongs to the S-type, but at the color-color diagram take an intermediate location [19] and is known as a symbiotic Mira. Photometric period of 393 ± 0.3^d was found in our research that slightly differ from the value listed in catalogue of Belczyński et al. [20]. The phase change and changes in the characteristics of individual cycles for UV Aur were detected as well as the 6800^d photometric wave [21]. The hypothesis proposed to explain these changes is that the red giant companion pulsates with a period close (but not equal) to the orbital one. Thus the detected long-period changes in average brightness of UV Aur are explained by proposed model of a binary

system with an elliptical orbit and the pulsational-orbital beat. Under these assumptions, the orbital period may be estimated to be 371.5^d , but this hypothesis has to be checked using spectral observations.

V1329 Cyg

In the symbiotic Nova V1329 Cyg, the secondary period of 553^d was detected, as well as the 5300^d cycle [22]. These waves may be associated with Mira-type pulsations.

RX Pup

According to [23], the symbiotic variable RX Pup is composed from a long-period Mira variable surrounded by a thick dust shell and a hot $0.8M_{\odot}$ white dwarf companion. The hot component produces practically all activity observed in the UV, optical and radio range, while variable obscuration of the Mira by circumstellar dust is responsible for long-term changes in the near-infrared magnitudes.

The visual observations (from the AAVSO database) show that RX Pup underwent a nova-like eruption and then it showed continuous weakening of brightness (Fig. 1).

Trying to detect the periodicity, we divided the light curves into three intervals of almost linear changing of the mean brightness. Then we made the periodogram analysis in each interval. The determined periods are listed in the Table 1. As was mentioned by Mikołajewska et al. [23], the pulsational period of 578 days (obtained from the near-IR observations) is not detectable in the visual data. But we have found some other periodicity (of about 350-370, about 285-295 days). One may note, that a half of 578 is 289 days, so a half of the pulsation period is present in all these intervals. We used the observations published in [23] to compare with these visual data (Fig. 2) and could note that several minima and maxima corresponding to the pulsation curve are present in the visual data, but they are significantly narrower and that lead to a half of period. The cyclicity of $350-370^d$ may be produced by dust clouds around Mira component or accretion structures near hot component.

Fig. 3-4 illustrate the best multi-frequency approximations of the light curves with different periods and a polynomial trend of second degree that fits long-term changes connected with dust obscurations and nova-like flare.

This example shows that multi-wavelength observations are essential to understand the processes in symbiotic variables.

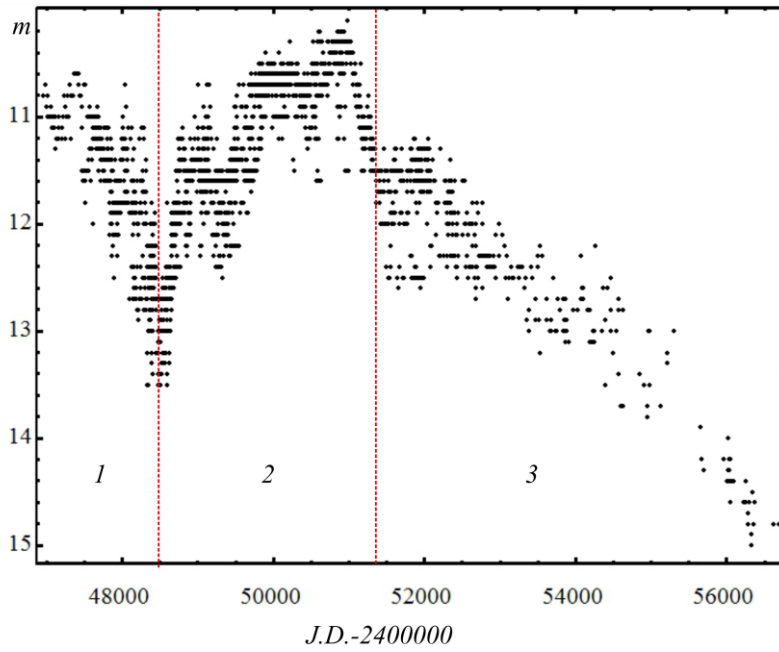


Fig.1. AAVSO's observations of RX Pup.

Table 1. Results of periodogram analysis of AAVSO's observations of RX Pup (P is the period, S is the test function equal to $1-\sigma_{O-C}^2/\sigma_C^2$ [7]).

| Interval 1 | | Interval 2 | | Interval 2 | |
|------------|------|------------|------|------------|------|
| P | S | P | S | P | S |
| 283.7 | 0.09 | 918.7 | 0.26 | 294.3 | 0.09 |
| | | 371.7 | 0.10 | 346.0 | 0.07 |
| | | 286.4 | 0.08 | | |

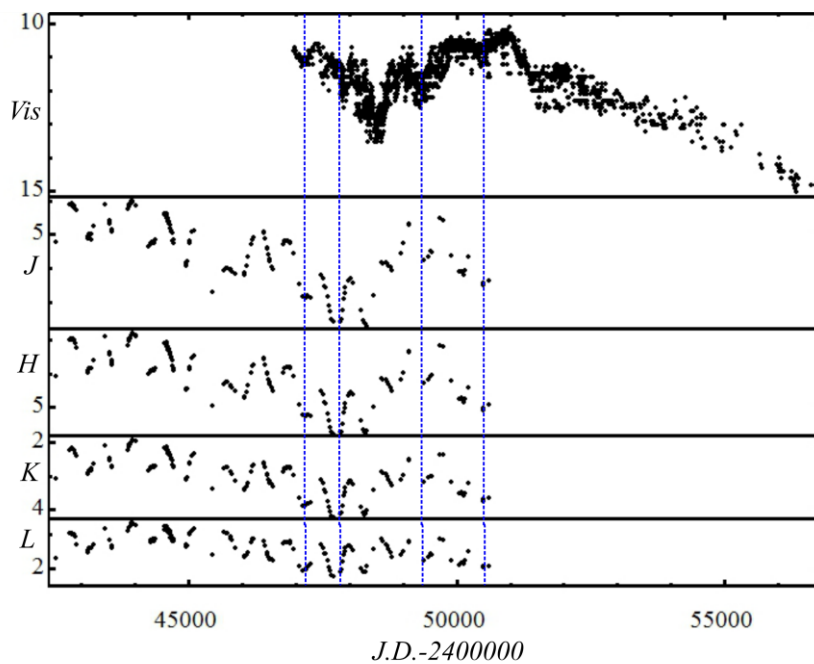


Fig.2. Comparison of visual AAVSO data and infrared observations from [23]. Some minima marked by using blue lines.

Table 2. Periods used for approximation of observations of RX Pup in the intervals 1 and 2. (P is the period, m is the degree of trigonometrical polynomial, S_{O-C} is sum of squares of residuals after approximation by using the current period together with the previous ones).

| Interval 1 | | | Interval 2 | | |
|------------|-----|-----------|------------|-----|-----------|
| P | m | S_{O-C} | P | m | S_{O-C} |
| 578 | 2 | 68.0 | 578 | 2 | 201 |
| 371.7 | 1 | 65.8 | 371.7 | 1 | 180 |
| 918.7 | 1 | 64.5 | 918.7 | 1 | 136 |

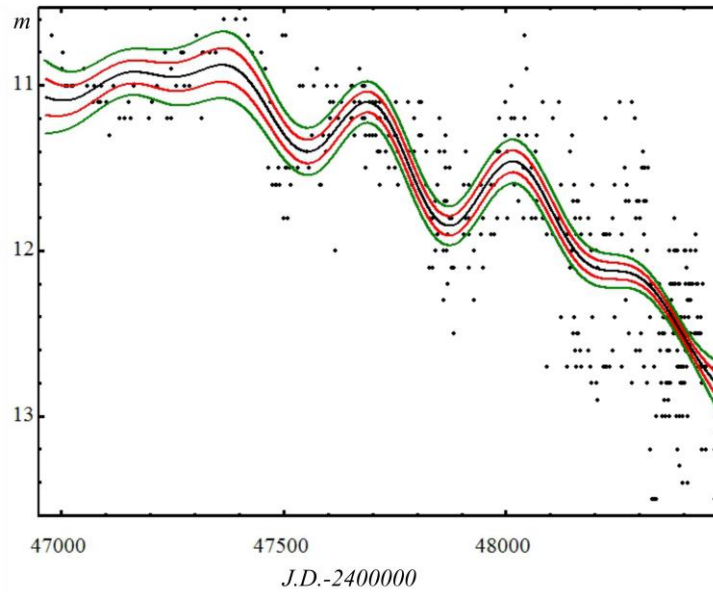


Fig.3. Multifrequency approximation of the first part of the AAVSO's observations of RX Pup by using a sinusoid with periods listed in the Table 2 and the polynomial trend of 2-nd degree.

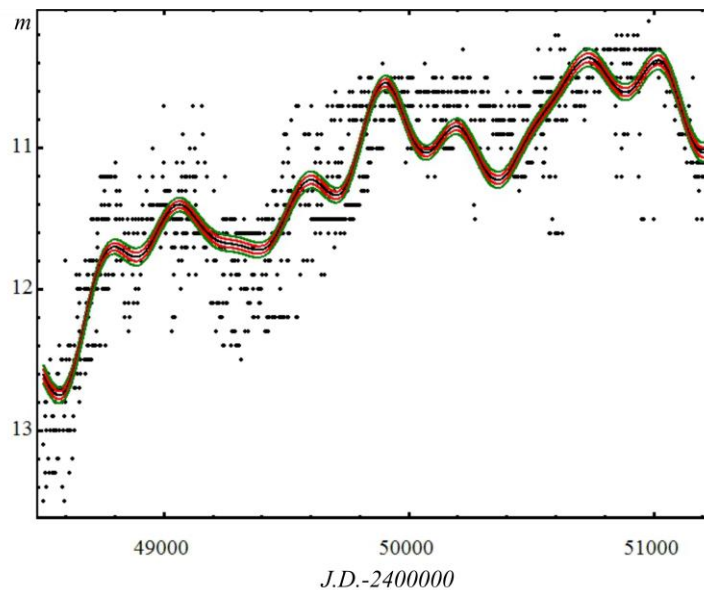


Fig. 4. Multi-frequency approximation of the second part of the AAVSO observations of RX Pup by using sinusoids with periods listed in the Table 2 and the polynomial trend of 2-nd degree.

AR Pav

AR Pav is the S-type symbiotic variable with regular eclipses of hot component with period of 604.5^d (re-determined as 604.75^d in our research). The AAVSO observations show (Fig. 5) long-term transition from high to low state (due to accretion activity). In the quiescent phase, Skopal et al. [21] detected the 106^d -periodic light fluctuations in the visual data and interpret them as pulsations of the red giant.

We rejected the data corresponding to eclipses and made the analysis of non-eclipse light curve (Fig 5). The whole interval give us the period of 631.4^d which may be a beat period of 605^d and about 14500^d of long-term changes in brightness of hot components and its accretion structures. The parameters of approximations with the best periodicities for the quiescent phase (interval J.D. 2454575-2456413) are listed in the Table 3. In all cases, the 604.75^d - period was used as a primary one with the degree of trigonometrical polynomial $m=5$ to obtain more relevant shape of eclipses and one of the secondary periods listed in the Table 3 with the degree of trigonometrical polynomial $m=1$. Simultaneously, the parabolic polynomial trend was taken into account. In Table 3, P is the period, S is the test function equal to $1-\sigma_{O-C}^2/\sigma_C^2$ [7,10], S_{O-C} is sum of squares of residuals after approximation by using the current period together with 604.75^d one and parabolic trend. S_r is equal to semi-amplitude of this oscillation to the its standard deviation and shows the significance of the wave with the secondary period.

The first period may correspond to ellipsoidal variability (due to ellipsoidal shape of the red giant [25]). The 105^d - periodicity is more significant candidate for two-periodic approximation. But 350^d -period is also present.

Table 3. Multifrequency approximation of observations of AR Pav at the quiescent phase (interval J.D. 2454575-2456413). See explanation in the text above.

| Periodogram analysis | | Multifrequency approximation | |
|----------------------|-------|------------------------------|-------|
| P (d) | S | S_{O-C} | S_r |
| 605.7 ± 12.7 | 0.174 | – | – |
| 350.7 ± 8.8 | 0.211 | 40.3 | 3.81 |
| 136.3 ± 1.5 | 0.042 | 40.9 | 1.28 |
| 105.1 ± 2.4 | 0.009 | 39.0 | 6.85 |

So we can make the main conclusion that the processes in symbiotic systems require long-term photometrical study and multi-wavelength observations for successful understanding.

This study is a part of the projects “Inter-Longitude Astronomy” [26,27] and “Ukrainian Virtual Observatory” [28].

We sincerely thank variable star amateur observers from AFOEV, VSOLJ and AAVSO for their work that have made such researches possible.

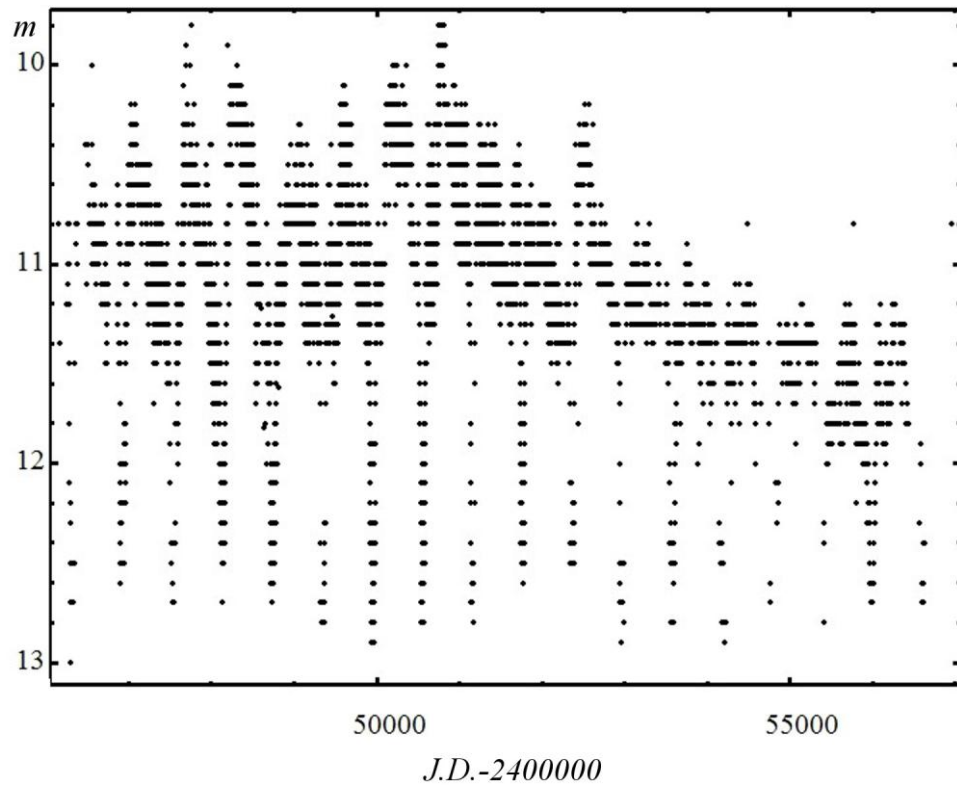


Fig. 5. AAVSO's observations of RX Pup.

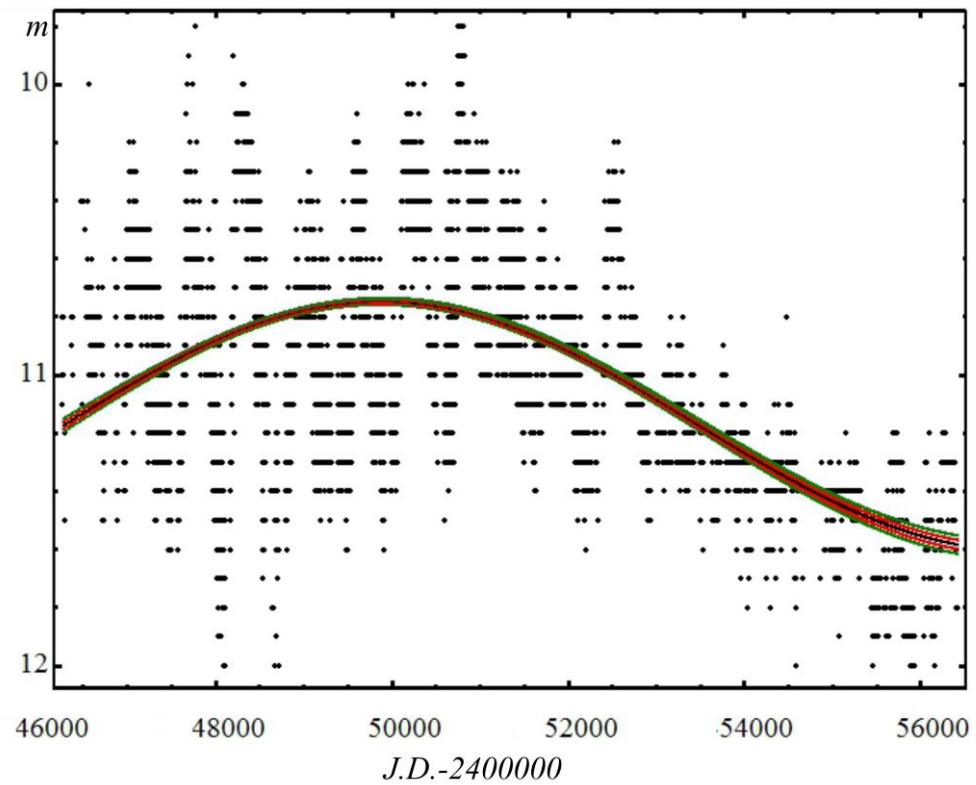


Fig.6. AAVSO's observations of RX Pup without data that cover eclipses and their approximation by using sinusoid with a 14500^d period.

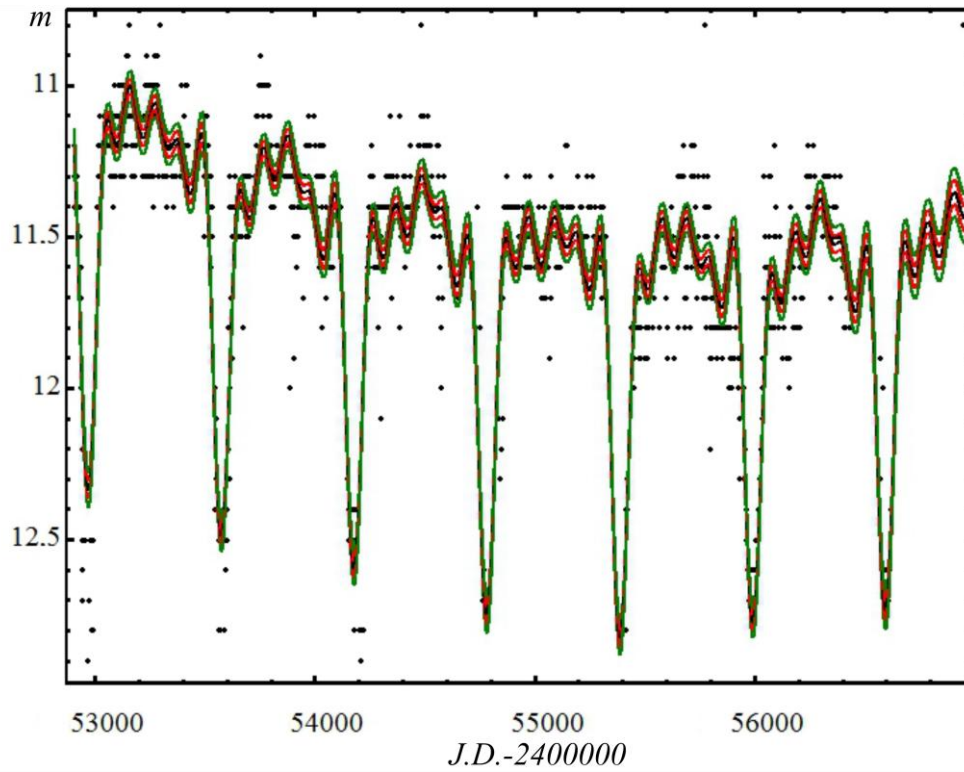


Fig.7. Multifrequency approximation of the part of the AAVSO's observations of AR Pav with $P_1=604.5^d$ (trigonometric polynomial degree $m=5$). $P_2=350.7^d$ ($m=1$) and a superimposed parabolic polynomial trend

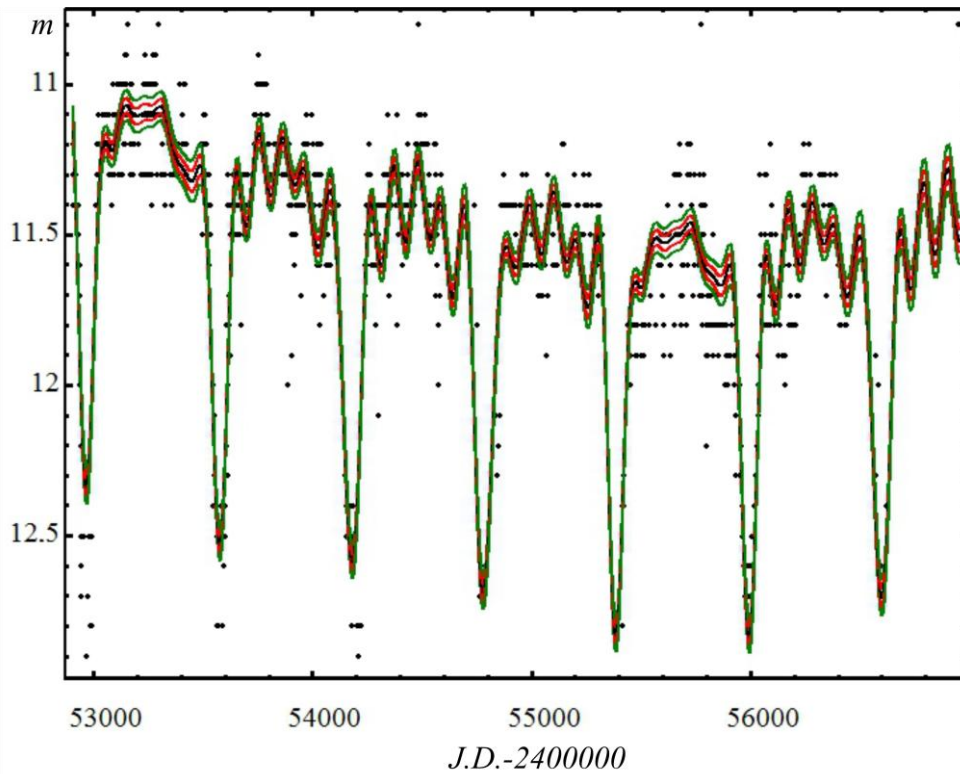


Fig.8. Multifrequency approximation of the part of the AAVSO's observations of AR Pav the $P_1=604.5$ (trigonometric polynomial degree $m=5$). $P_2=105.1$ ($m=1$) and a parabolic polynomial trend.

References

- [1] Gromadzki M. et al., 2009, *Acta Astronomica*, 59, 169
([2009AcA....59..169G](#))
- [2] Whitelock P.A. ,1987, *PASP*, 99, 573 ([1987PASP...99..573W](#))
- [3] Whitelock P.A., 2003, *ASP Conference Series*, 203, 41
([2003ASPC..303...41W](#))
- [4] Hinkle K., et al., 2006, *Memorie della Società Astronomica Italiana*, 77, 523 ([2006MmSAI..77..523H](#))
- [5] Mikołajewska J., 2001, *ASP Conference Series (IAU Colloquium 183)*, 246, 167 ([2001ASPC..246..167M](#))
- [6] Mikołajewski M. et al., 1990, *Acta Astr.*, 40, 129 ([1990AcA....40..129M](#))
- [7] Andronov I.L., 1994, *Odessa Astron. Publ*, 7, 49 ([1994OAP.....7...49A](#))
- [8] Andronov I.L. Marsakova V.I., 2006, *Astrophysics*, 49. 370
([2006Ap.....49..370A](#))
- [9] Kudashkina L.S., Andronov I.L., 1996, *Odessa Astron. Publ.*, 9, 108
([1996OAP.....9..108K](#))
- [10] Andronov I.L., 2003, *ASP Conf. Ser.*, 292, 391 ([2003ASPC..292..391A](#))
- [11] Andronov I.L., Baklanov A.V., 2004, *Astronomy School Report* , 5, 264
- [12] Andronov I.L., 1997, *Astronomy and Astrophysics Supplement.*, 125, 207 ([1997A&AS..125..207A](#))
- [13] Marsakova V.I., Andronov I.L., 1996, *Odessa Astron. Publ*, 9, 127
([1996OAP.....9..127M](#))
- [14] Andronov I.L., Chinarova L.L., 2013, *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014.*, p. 171 ([2013arXiv1308.1129A](#))
- [15] Chinarova L.L., 2010, *Odessa Astron. Publ.*, 23, 25 ([2010OAP....23...25C](#))
- [16] Andronov I. L., 1998, *KFNT*, 14, 490 ([1998KFNT...14..490A](#))
- [17] Mikołajewski M., Mikołajewska J., Khudiakova T. N., 1990, *Astronomy and Astrophysics*, 235, 219 ([1990A&A...235..219M](#))
- [18] Andronov I. L., Chinarova L. L., 2003, *ASP Conf. Ser.*, 292, 211
([2003ASPC..292..211A](#))
- [19] Corradi L. et al., 2008, *Astronomy and Astrophysics*, 480, 409
([2008A&A...480..409C](#))
- [20] Belczyński I. et al., 2000, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 146, 407 ([2000A&AS..146..407B](#))
- [21] Chinarova L. L., 1998, *Proc. of the 20th Stellar Conference of the Czech and Slovak Astronomical Institutes*, eds.: Dušek J. & Zejda M., Brno, Czech Republic, 37 ([1998vsr..conf...37C](#))
- [22] Chochol D., Andronov I. L., Arkhipova V.P. et al., 1999, *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 29, 31
([1999CoSka..29...31C](#))
- [23] Mikołajewska J. et al., 1999, *MNRAS* 305, 190
([1999MNRAS.305..190M](#))

- [24] Skopal A. et al., 2000, MNRAS 311, 225 ([2000MNRAS.311..225S](#))
[25] Quiroga C. et al., 2000, Astronomy and Astrophysics, 387, 139
([2002A&A...387..139Q](#))
[26] Andronov I.L. et al., 2010, Odessa Astron. Publ. 23, 8
([2010OAP....23....8A](#))
[27] Andronov I.L. et al., 2014, Advances in Astronomy and Space Physics, 4,
3-8 ([2014AASP...4...3A](#))
[28] Vavilova I.B., et al., 2012, *Kinem. Phys. Celest. Bodies* 28, 85
([2012KPCB...28...85V](#)).



Sylwia Miernik i Anna Skrzypczak

The Etherington relation in the observational cosmology

Sylwia Miernik

University of Silesia, Faculty of Mathematics, Physics and Chemistry,
Institute of Physics, Department of Astrophysics and Cosmology
(Supervisor: Prof. dr hab. Marek Biesiada)

Abstract

In observational cosmology there are two types of distances that can be measured to a distant astrophysical objects: D_L known as the luminosity distance and D_A - the angular diameter distance. Whichever we use to determine the distance to the object both should give the same value through the relation $D_L = D_A(1 + z)^2$ known as the Etherington reciprocity relation.

The main subject of my work was to investigate the validity of this relation using data obtained for clusters of galaxies selected by Bonamente (2006) with redshifts ranged $0.14 < z < 0.89$. The calculations have been made with the assumption of five different cosmological scenarios: LCDM, quintessence, Chavalier - Polarski – Linder model, Chaplygin gas and braneworld. The parameters of these models were fitted to observations of supenovae of type Ia collected in the Union2 sample (Biesiada, Malec, Piórkowska). Then for each cosmological model, three models of the matter density distribution in the cluster was taken into account. They are: hydrostatic equilibrium model and two isothermal β - models.

Seeing that in the centers of clusters often occurs a sharp gradient of density and temperature, in the analysis central region of the cluster had to be "cut" with the radius $r < 100$ kpc (it is called isothermal β -model with r-cut).

The results show that the validity of the duality relation depends weakly on cosmological model while strongly on the distribution of the density profile of the cluster. The average value of $\eta(z)$ was obtained to be in the range of 0.8199 ± 0.0114 to 0.9069 ± 0.0539 what is consistent with the standard assumption that Etherington duality relations holds.

Introduction

There are many methods in observational cosmology which allows astronomers to determine distances in the universe. Every method is based on various properties of astronomical objects such as angular size, brightness, etc. In general, all these objects can be divided into two main categories: standard candles and standard rulers.

Standard candles (eg. type Ia supernovae [1, 2]) are objects of known absolute brightness. Theoretically, if all standard candles are at the same distance from the observer then it should have the same brightness. Comparing its brightness with brightness of some observed object from the

same class one can determine the distance with a fairly good accuracy. The above-described distance is called a luminosity distance. It can be determined using the inverse square law:

$$D_L^2 = \frac{L}{4\pi F} \quad (1)$$

where L and F are luminosity and flux, respectively.

If such an object is located in an area with large amounts of dust and gas then it appears to be dimmer due to the absorption of electromagnetic radiation. This is called extinction and therefore the calculation must be averaging. Another problem is calibration of a standard candle. First of all one must measure the magnitude with good accuracy and another thing is to well classify standard candles.

The standard rulers are the objects with known size of its diameters like the size of the so-called last scattering surface visible in anisotropies of microwave background radiation [3] and baryonic acoustic oscillations [4] or the Einstein radius measured for strong gravitational lenses [5]. One can compare the size of this object to its angular size (ie. observed) and determine so called angular diameter distance:

$$D_A = \frac{r}{\theta} \quad (2)$$

where r and θ are a diameter and angular size in arcseconds, respectively.

If we consider the object with a known redshift z then the *luminosity distance*, D_L , and *angular diameter distance*, D_A , are expressed as follows:

$$D_A = \frac{1}{1+z} r(z, p) \quad (3)$$

$$D_L = (1+z) r(z, p) \quad (4)$$

where $r(z, p)$ is the well-known *comoving distance*:

$$r(z; p) = c \int_0^z \frac{dz'}{H(z'; p)} = \frac{c}{H_0} \hat{r}(z'; p) \quad (5)$$

One may easily see from the above formulas, that both D_A and D_L strongly depend on the cosmological model (p vector contains the information about parameters for each cosmological scenario). Both distances are related to each other through the *Etherington duality relation*:

$$D_L = D_A(1+z)^2 \quad (6)$$

The main goal of my study was to examine whether there are any systematic effects in distance measurements based on clusters of galaxies (with the assumed cosmological scenario and model of gas distribution within the cluster) suggesting that the Etherington duality relation may be violated.

Clusters of galaxies as the standard rulers

Clusters of galaxies are groups of a few to several thousand galaxies and form the largest gravitationally bound systems in the Universe. Inside the cluster there is a hot plasma (the intercluster medium - ICM) with temperature of 10^7 - 10^8 K. The electrons of the ICM emit electromagnetic radiation in the X-ray range through the so-called bremsstrahlung. X-ray observations of clusters clearly shows its shape and boundaries. This allows us to obtain their angular

size accurately [11]. Therefore these objects can be used as a standard rulers to estimate the cosmological parameters [6].

The radial size of the cluster (i.e. along the line of sight) can be obtained from the Sunyev-Zeldovich effect [7] which is based on phenomenon of scattering photons of the cosmic background radiation (the so-called CMBR - Cosmic Microwave Background Radiation) on the high-energy electrons in the ICM. As a result of this interactions (inverse Compton scattering) low energy CMBR photons (~ 2.7 K) when pass through the cluster of galaxies gain extra energy which can be seen as a loss of intensity of radiation at low frequencies and an increase of intensity for the high frequencies. This effect is very small <1 mK and depends on the size along the line of sight of the cluster: the larger radial size of a cluster the greater the increase in energy of CMBR photons after passing through the intercluster medium. Thus, temperature increment of CMBR photons through Sunyaev-Zeldovich effect may be an excellent tool to measure the real size of the cluster.

If we assume that the clusters of galaxies are spherical, then we can expect that both, the angular and radial sizes of the cluster should be equal. This is the so-called Alcock – Paczyński test (Lopez-Corredoira 2013). Since the radial size of the cluster depends on the cosmological model through the Hubble function $H(z, p)$, then one can use the clusters of galaxies to measure cosmological parameters by combining X-ray observations of clusters with the data from measurements of Sunyev - Zeldovich effect. What is very important here, galaxy clusters can be used as standard rulers to measure distances only under assumption that the Etherington duality relation holds and provided that the model of gas distribution in each cluster is known .

Cosmological models

In my calculations the most popular scenarios for the evolution of the universe were considered: standard cosmological model based on spatially flat [8] Friedman-Robertson-Walker metric which containing baryonic matter, cold dark matter and a cosmological constant (Λ CDM model), braneworld model, a model with Chaplygin gas and quintessence models with constant equation of state and time-varying equation of state with Chavalier - Polarski - Linder (CPL) parameterization [9].

The most popular model and widely accepted is the Λ CDM model, where the cosmological constant Λ is the vacuum energy responsible for observed accelerating expansion of the Universe. Although the model perfectly fit the observations (measurements of supernovae, observations of anisotropies in the CMBR spectrum and in baryonic acoustic oscillations [2], [3], [4], [5]), it suffers from several fundamental problems [10]: (i) if the expansion of the universe corresponds to the cosmological constant, so the question is why this expansion starts to accelerate in the present epoch, (the so-called "fine tuning

problem"), (ii) assuming that the cosmological constant corresponds to the vacuum energy density, one observes the difference between the predictions from quantum theory and observations up to orders of 55.

Therefore, scientists still look for the alternative approaches to explain phenomenon of accelerated expansion of the universe – this is known as dark energy problem in cosmology and fundamental physics. The most attractive is the concept of quintessence - a scalar field with a negative pressure with constant and variable equation of state. In CPL parametrization, barotropic equation of state for quintessence is a linear Taylor expansion in the scale factor: $\omega(a) = \omega_0 + \omega_a(z/(1+z))$ – very useful from the point of view of fitting procedure to observational data. Another less popular model is the Chaplygin gas scenario (Puxun Wu et al. 2007, Kamenshnik et al. 2011), in which some exotic fluid with equation of state:

$$p_{Ch} = \frac{-A}{\rho_{Ch}^\alpha} \quad (7)$$

(ρ is the energy density, A - a positive constant, $\alpha = 1$) is responsible for accelerating expansion of the universe. One may developed this scenario into the **Generalized Chaplygin Gas model (GCG)** (Bento et al. 2002) with the equation of state:

$$A_S \equiv \frac{A}{\rho_{Ch}^{1+\alpha}} \quad (8)$$

(A_S must be in the range of $[0, 1]$: when $A_S = 0$ then GCG fluid becomes a matter, and when $A_S = 1$ then GCG fluid is an energy; when $\alpha = 0$ then model came down to Λ CDM. However, if we want this model to explain the experimental data, we need to discard both limit cases: $A_S \neq 0$ and also $A_S \neq 1$.)

The last model considered in this work, is the model related with worlds of branes scenarios. According to this scenario (Gogberashvili 1998-1999) the universe is trapped in a five-dimension "brane". The first four spacetime dimensions represents the classical spacetime and are set in the fifth extra dimension, accessible only for gravity. In this theory there exists a limit distance for which gravity is weakened - it "feels" higher dimension. Of course, other extra dimensions (more than one) with more branes are not excluded in this scenario and all this create the so-called "multiverse" (Green). Hubble function and parameters of each of discussed above cosmological models (best fitted to current cosmological data) are shown in Tab. 1 and Tab. 2.

Models of gas distribution within clusters of galaxies

If one wants to determine the distance to the cluster of galaxies, a reliable model of gas distribution in the cluster is needed. In order to investigate whether the distance measurements based on observations of clusters are subject to systematic errors due to adopted incorrect model of the gas

distribution in the cluster, three most popular models were taken into account in this work: hydrostatic equilibrium model and two isothermal β - models.

Table 1. Hubble function in cosmological models [5].

| Cosmological models | Parameters |
|--------------------------------|---|
| Λ CDM | $h^2(z', \dot{p}) = [\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_\Lambda]$ |
| Quintessence | $h^2(z', \dot{p}) = [\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_Q(1+z)^{3(1+w)}]$ |
| Chavalier Polarski – Linder | $h^2(z', \dot{p}) = \left[\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_Q(1+z)^{3(1+w_0+w_a)} \exp\left(\frac{-3w_a z}{1+z}\right) \right]$ |
| Chaplygina's gas | $h^2(z', \dot{p}) = \left[\Omega_m(1+z)^2 + \Omega_{ch} [A_0 + (1-A_0)(1+z)^{3(1+\alpha)}]^{1+\alpha} \right]$ |
| Braneworld | $h^2(z', \dot{p}) = \left[\sqrt{\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_{r_c}} + \sqrt{\Omega_{r_c}} \right]^2$ |

Table 2. The best fit values of parameters obtained from observations [5].

| Cosmological models | Parameters |
|-------------------------------|---|
| Λ CDM | $\Omega_m = 0.275 \pm 0.020$ |
| Quintessence | $\Omega_m = 0.299 \pm 0.075$; $\omega = -1.070 \pm 0.215$ |
| Chevalier-Polarski- Linder | $\Omega_m = 0.228 \pm 0.156$; $\omega_0 = -0.993 \pm 0.207$; $\omega_a = 0.609 \pm 1.071$ |
| Chaplygin's gas | $\Omega_m = 0.275 \pm 0.020$; $A = 0.999 \pm 0.004$; $\alpha = 0.006 \pm 0.372$ |
| Braneworld | $\Omega_m = 0.177 \pm 0.015$ |

In the hydrostatic equilibrium model the distribution of dark matter in the cluster is included, with the assumption of its spherical symmetry. This can be written as:

$$\frac{dP}{dr} = -\rho_g \frac{d\Phi}{dr} \quad (9)$$

where ρ_g , P and Φ are density and pressure of the gas, and gravitational potential, respectively. Substituting $P = -GM(r)/r$ and $\Phi = \rho_g k_B T / \mu m_p$ (where μ is the average molecular weight and m_p is the mass of a proton) in equation (9) and solving derivatives we finally obtain the relation between temperature and mass distribution of the cluster:

$$\frac{dT}{dr} = - \left(\frac{\mu m_p}{k_B} \frac{d\Phi}{dr} + \frac{T}{\rho_g} \frac{d\rho_g}{dr} \right) = - \left(\frac{\mu m_p}{k_B} \frac{dGM}{r^2} + \frac{T}{\rho_g} \frac{d\rho_g}{dr} \right) \quad (10)$$

This equation has been linked to the equation for density distribution of dark matter (Navarro et al. 1997).

$$\rho_{DM}(r) = N \left[\frac{1}{\left(\frac{r}{r_s}\right) \left(1 + \frac{r}{r_s}\right)^2} \right] \quad (11)$$

where N is a normalization constant and r_s is the scale radius.

Isothermal β - model competes with simpler hydrostatic equilibrium model due to its better agreement with observations. Here, gas distribution is

described by the cluster core radius, r_c , and β which is the slope at large radii (Bonamente et al. 2006). Some clusters are better described using double β model, in which the distribution of the electron gas is represented by the equation (Bonamente et al. 2006):

$$n_e(r) = n_{e0} \left[f \left(1 + \frac{r^2}{r_{c1}^2} \right)^{\frac{-3\beta}{2}} + (1-f) \left(1 + \frac{r^2}{r_{c2}^2} \right)^{\frac{-3\beta}{2}} \right] \quad (12)$$

where n_{e0} is the electron density in the center of the cluster, r_{c1} and r_{c2} describe the shape of the cluster core in the inner and outer parts of the density distribution, f determines the contribution of additional elements ($0 \leq f \leq 1$). Such clusters has cold cores. If $f = 0$ and the temperature is constant [6] then one obtains the so-called single isothermal β - model. Because in many cases central parts of clusters often shows its high density and temperature gradient thus the central area of the radius $r < 100$ kpc must be removed from the analysis of the clusters. Such a model is known as the r-cut isothermal β - model.

The Etherington relation in measurements based on the observation of the Sunyaev - Zeldovich effect

The models of gas distribution in galaxy clusters discussed in the previous section may be combined with the data obtained from of X-ray and the Sunyaev – Zeldovich effect observations. In my work I took 38 clusters of galaxies with different redshifts $0.14 < z < 0.89$ (Bonamente et al. 2006) in order to calculate theoretical angular diameter distances in five cosmological models and in three different models of gas distribution within cluster of galaxies (discussed in previous sections). Then I use the angular distances to each of these clusters measured by (Bonamente et al. 2006) with calculated theoretical ones to obtain eta function – a measure of violation of Etherington reciprocity relation. The idea is following. X-ray radiation flux is described as:

$$S_X = \frac{1}{4\pi(1+z)^4} D_A \int d\zeta n_e^2 \Lambda_{ee} = S_{X0} \left(1 + \frac{\theta^2}{\theta_c^2} \right)^{1-6\beta/2} \quad (13)$$

where z is the redshift, $\Lambda_{ee} = \Lambda_{ee}(T_e, A)$ is the X-ray cooling function, $\zeta = l/D_A$ where l is the distance along the line of sight. The decrement of temperature due to the Sunyaev - Zeldovich effect is:

$$\Delta T = f_{(x, T_e)} T_{CMB} D_A \int d\zeta \sigma_T \frac{k_B T_e}{m_e c^2} = \Delta T_0 \left(1 + \frac{\theta^2}{\theta_c^2} \right)^{1-3\beta/2} \quad (14)$$

where $f_{(x, T_e)}$ is the frequency dependence of SZE and $x = hv/k_B T_{CMB}$ ($T_{CMB} = 2.728$ K), σ_T is the Thomson cross section, n_e describes the density of the electron gas in the cluster described by isothermal β – model (equation 12), k_B is the Boltzmann constant, T is the temperature of the electron gas of a cluster, m_e is the electron's mass, c is the speed of light in vacuum. Integration of equations (13) and (14) in the range of $-l_{max}$ to l_{max} (ie. along the line of sight),

raising to the square the ΔT and dividing it by the S_X , gives simple equation which allowed to obtain D_A^{data} (Bonamente 2004):

$$D_A^{data} = \frac{\Delta T_0^2}{S_X} \left(\frac{m_e c^2}{k_B T_{e0}} \right)^2 \frac{A_{\beta\beta}}{4\pi f_{(z,T_e)}^2 T_{CMB}^2 \sigma_T^2 (1+z)^2 \theta_c} \frac{1}{\Gamma(3\beta/2)} \left[\frac{\Gamma(3\beta/2)}{\Gamma(3\beta/2-1/2)} \right]^2 \frac{\Gamma(3\beta-1/2)}{\Gamma(3\beta)} \quad (15)$$

where Γ is the Euler gamma function resulting from integration. Angular diameter distances, D_A , obtained in this way are listed in Tables 2, 4, and 5 in Bonamente et al. (2006).

The loss of brightness due to the Sunyaev-Zeldovich effect is related with change in temperature of electron gas in the clusters (Uzan et al. 2004):

$$\Delta T_{SZ}(\theta) = -2 \frac{kT_0}{m_e c^2} \sigma_T \int_{-l_{max}}^{l_{max}} n_e dl \quad (16)$$

where $T_0 = T_e(r=0)$ is the temperature of the electron gas depending on the size of the cluster, dl is the length element of the cluster along the line of sight, and n_e is the electron density of gas in the cluster, expressed as:

$$n_e(r) = n_0 \left[1 + \left(\frac{r}{r_c} \right)^2 \right]^{-\frac{3\beta}{2}} \quad (17)$$

where $\theta_c = r_c/D_A$, $0 < r < R_{cluster}$, $R_{cluster}$ is the maximal radius of the cluster, n_0 is the central electron density. After inserting the formula for $n_e(r)$ to $\Delta T_{SZ}(\theta)$ and integrating we get:

$$\Delta T_{SZ}(\theta) = -2 \frac{kT_0}{m_e c^2} \sigma_T n_0 r_c B\left(\frac{3\beta-1}{2}, \frac{1}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{\theta}{\theta_c} \right)^2 \right]^{1-3\beta/2} \quad (18)$$

Whereas the X-ray flux for the cluster is described as:

$$S_X = \frac{\delta\theta^2 D_A^3}{4\pi D_L^2} \int_{-l_{max}}^{l_{max}} \frac{dL_X}{dV} dl \quad (19)$$

where $dL_X/dV = \alpha n_e^2$, B is the Euler beta function, $\delta\theta$ is the angular diameter of the beam, α is a function describing the properties of ray emission of the cluster. Substituting equation (19) with equations of θ_c , dL_X/dV , (19) and also (20) which is:

$$\frac{D_A}{D_L} = \frac{1}{(1+z)^2} \quad (20)$$

If we integrate it, we obtain:

$$S_X = \frac{\delta\theta^2 D_A^3}{4\pi D_L^2} \alpha n_0 r_c B\left(\frac{6\beta-1}{2}, \frac{1}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{\theta}{\theta_c} \right)^2 \right]^{(1-6\beta)/2} \quad (21)$$

If we raise the equation (18) to the square and then divide by equation (21), then this allows us to eliminate the dependence on an unknown ingredient n_0 and determine the r_c :

$$r_c = \frac{\Delta T_{SZ}^2(\theta)}{S_X(\theta)} \left(\frac{m_e c^2}{kT_0} \right)^2 \frac{\delta\theta^2 \alpha}{16\pi \sigma_T (1+z)^4} B\left(\frac{6\beta-1}{2}, \frac{1}{2}\right) B\left(\frac{3\beta-1}{2}, \frac{1}{2}\right) \left[1 + \left(\frac{\theta}{\theta_c} \right)^2 \right]^{3\beta} \eta(z)^2 \quad (22)$$

Assuming that the Etherington duality relation is valid i.e.:

$$\frac{D_A}{D_L}(1+z)^2 \equiv 1 = \eta(z) \quad (23)$$

and substituting it into the formula $\theta_c = r_c/D_A$, the dependence on D_A can be obtained. With this assumption, theoretical value of the angular diameter distance D_A (eq. (3)) calculated for clusters should be equal to the values obtained from $D_A^{\text{data}}(z)$. This is true only if the total number of photons sent from the source reaches the observer, and photons travel along null geodesic (Yang et. al. 2013) within the Friedman-Robertson-Walker metric. Therefore, the duality relation can provide a test that allow to identify the presence of medium absorbing photons or the existence of exotic particles (like axions) interacting with photons and removing them from the beam. It also allows to check whether the gas distribution models for the cluster are comparable with empirical data.

In order to check whether the observations of clusters obtained by the (Bonamente et al. 2006) shows any deviations from the duality relation (and therefore the presence of new physics) I assumed that $\eta(z) \neq 1$. Then the equation (23) can be parameterized as r_c^{ν} to get a simple relation:

$$r_c^{\nu} = \frac{r_c}{\eta^2(z)} \quad (24)$$

Substituting r_c^{ν} , $\theta_c = r_c/D_A^{\text{th}}$ to $D_A^{\text{data}}(z) = r_c^{\nu}/\theta_c$ and after some simple modifications the equation is:

$$\eta(z) = \sqrt{\frac{D_A^{\text{th}}(z)}{D_A^{\text{data}}(z)}} \quad (25)$$

This equation was used by me to determine the value of $\eta(z)$, which verifies the relation between angular diameter distance determined experimentally (Bonamente et al. 2006) with calculated theoretically from equation (3). A different cosmological models were taken into account (for which the parameters $h(z, p)$ are in Table 2) and the parameters used for this models were fitted to the data from observations of type Ia supernovae - the Union2 sample, anisotropies in the CMBR spectrum - data from WMAP and baryonic acoustic oscillations (Biesiada et al. 2011). The values of these parameters are shown in Table 2 for three different models of gas density distribution in clusters. Table 3 shows the calculated mean values of $\eta(z)$. The values with errors were also included in Figure 1.

Table 3.

| Cosmological models | Hydrostatic | | Isothermal β - model | | Isothermal r-cut β - model | |
|---------------------|-------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| | $\eta(z)$ | σ | $\eta(z)$ | σ | $\eta(z)$ | σ |
| Quintessence | 0.9542 | 0.0633 | 0.8615 | 0.1097 | 0.8641 | 0.1171 |
| LCDM | 0.9609 | 0.0539 | 0.8610 | 0.1088 | 0.8632 | 0.1161 |
| CPL | 0.9483 | 0.0647 | 0.8541 | 0.1096 | 0.8571 | 0.1169 |
| CG | 0.9604 | 0.1253 | 0.8456 | 0.1470 | 0.8571 | 0.1586 |
| Braneworld | 0.9455 | 0.0439 | 0.8404 | 0.1056 | 0.8632 | 0.1161 |

The average value of η for different cosmological models

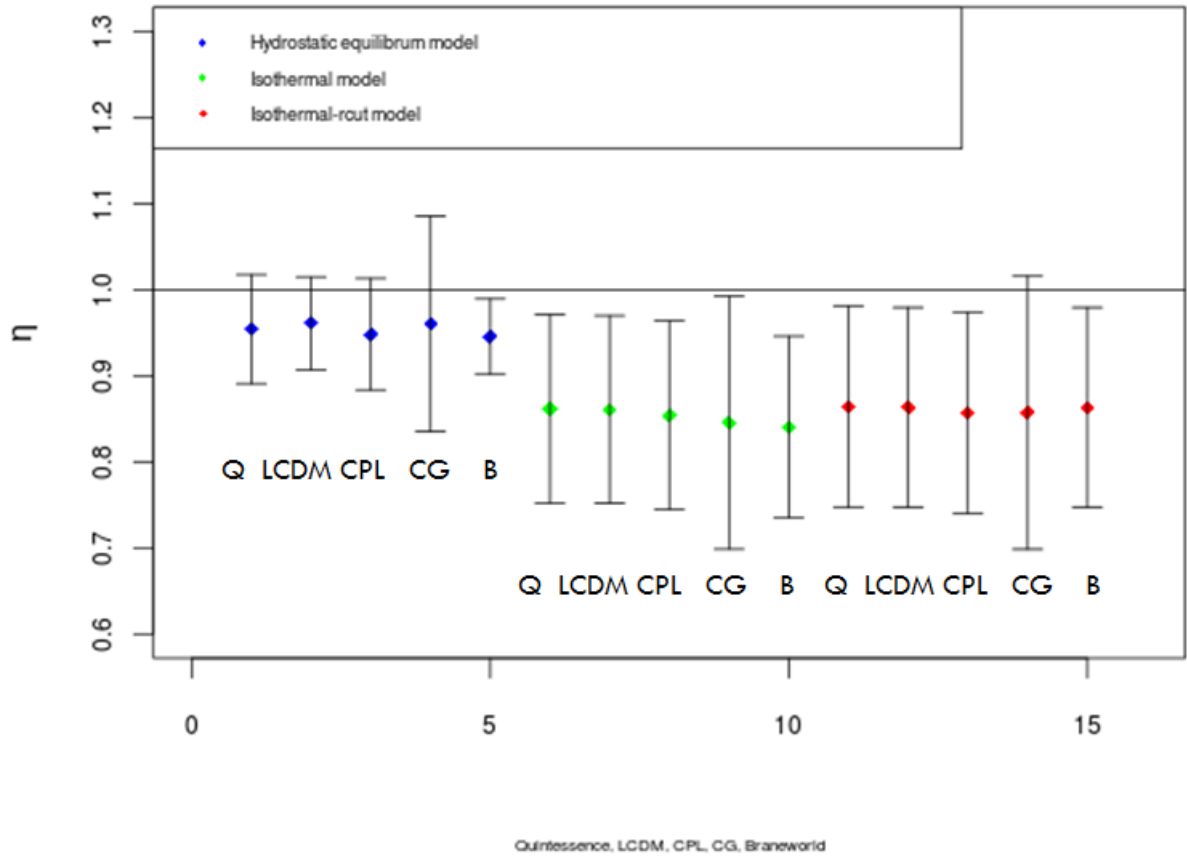


Fig. 1.

Discussion and conclusions

The results show that the value of the parameter $\eta(z)$ is systematic less than 1 and weakly depends on the cosmological model. In contrast it strongly depends on adopted model of gas density profile in clusters. The average value of $\eta(z)$ obtained in the calculations is in the range from 0.8199 ± 0.0114 to 0.9069 ± 0.0539 . That gives a result consistent with the assumption of validity of the Etherington duality relation and confirms the theory of gravity. The $\eta(z)$ is clearly different for different models of gas distribution in clusters. The hydrostatic equilibrium model provides results which are the most consistent with $\eta(z)=1$ and shows that it is potentially best gas distribution model in clusters. Next step of my work will be application of recent Sunyaev-Zeldovich measurements from Planck.

References

- [1] Riess A.G. et al., 1998, *Astron. J.* 116, 1009; S. Perlmutter et al., 1999, *Astrophys. J.* 517, 565.
- [2] Suzuki N. et al., 2012, *Astrophys. J.* 746, 85 ; Amanullah R. et al., 2010, *Astrophys. J.* 716, 712.
- [3] Komatsu E. et al., 2011, *Astrophys. J. Suppl.* 192, 18; Hinshaw G. et al., 2009, *Astrophys. J. Suppl.* 180, 225.
- [4] Sanchez A.G. et al., 2013, ArXiv:1309.4396. 1-12; Percival W.J. et al., 2007, *Astrophys. J.* 657, 51; Hutsi G., 2006, *Astron. Astrophys.* 449, 891; Hutsi G., 2006, *Astron. Astrophys.* 459, 375; Cole S. et al., 2005, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 362, 505.
- [5] Piórkowska A., Biesiada M. and Gavazzi R., *Acta. Phys. Polon.* 44, Biesiada M.; Malec B. and Piórkowska A., 2011, *Acta Phys. Polon B* 42, 2287; Malec B., Biesiada M. and Piórkowska A., 2011, *Acta Phys. Polon B* 42, 2305 ; Biesiada M., Malec B. and Piórkowska A., 2011, *Res. Astron. Astrophys.* 11, 641; 2397, Biesiada M., Piórkowska A. and Malec B., 2010, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 406, 1055; Grillo C., Lombardi M. and Bertin G., 2008. *Astron. Astrophys.* 477, 397;
- [6] Bonamente M. et al., 2006, *Astrophys. J.* 647, 25;
- [7] Birkinshaw M., 1999., *phys. Reports* 310, 97;
- [8] Komatsu E. et al., 2011, *Astrophys. J. Suppl.* 192, 18; Hinshaw G. et al., 2011, *Astrophys. J. Suppl.* 180, 225;
- [9] Linder E.V., 2003, *Phys. Rev. D* 68, 083503; Chevallier M. and Polarski D., 200, *Int. J. Mod. Phys. D* 10, 213;
- [10] Weinberg S., 1989, *Rev. Mod. Phys.* 61, 1.
- [11] Sarazin C. L., *Cambridge astrophysics series.*

Planetary atmospheric entry vehicle for Cansat Competition 2015 in Texas

Bartosz Postulka, Bartosz Moczala, Adam Kurzak,
Jakub Rachucki, Robert Betka

AGH Space Systems

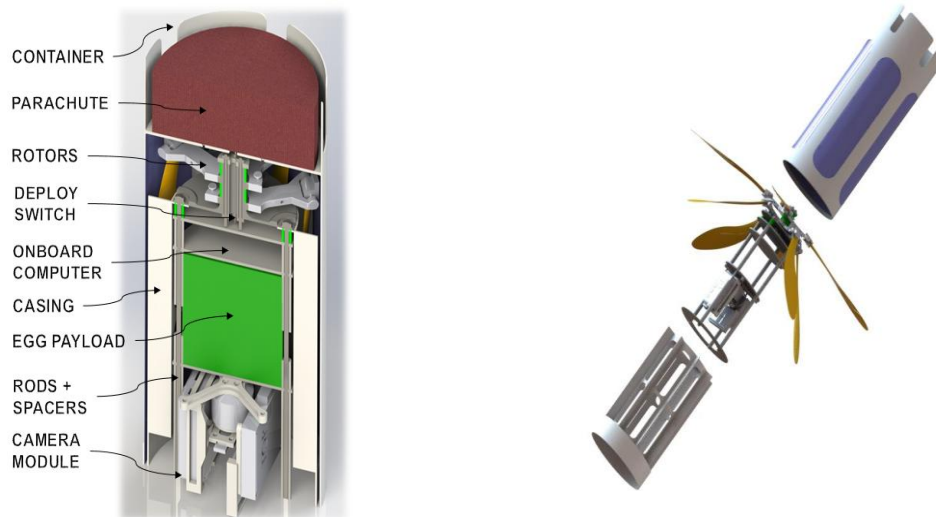


The team AGH Space Systems. (Source: Bartosz Postulka's private collection)

Our mission simulates a science vehicle traveling through a planetary atmosphere and sampling its composition during descent. The Cansat system is composed of two primary components, a science vehicle and a re-entry container that protects the vehicle during ascent, "near-apogee" rocket deployment and initial atmospheric re-entry phase.

The size of a Cansat was one of the most important requirements. The rocket payload section provided specific dimensions available to use. We have therefore designed our container considering safe margins. It is deployed from the rocket at high altitude and utilise parachute system to stabilise descent and provide conditions for releasing science vehicle – the planetary probe.

When the science vehicle is released from the container, it will use coaxial rotors with counter-rotating propellers to reduce its descent rate to less than 10 meters per second. The science vehicle will stabilize and descend properly at a minimum altitude of 300 meters. During descent, the Cansat will record video in the nadir direction until it lands. The video camera is stabilized in real time using aerodynamic active stabilisation. The video is recorded on-board and stored for downloading after recovery. The science vehicle is equipped with a wide range of sensors. It collects extensive telemetry data during descent which includes: altitude based on barometric air pressure, outside air temperature, inside temperature, flight software state, stabilization parameters, battery voltage, and angle of descent of the science vehicle. The data is transmitted at a 1 Hz rate to a ground station using XBee radio modules.



Science Vehicle and a re-entry Container.

We have passed preliminary design review conducted by NASA specialists with 97% grade overall, critical review with 99% grade overall. We have made it to final rocket-flight competition in Texas. Ultimately we won the Cansat Competition 2015 successfully competing against almost 60 teams from around the world.



The container (left) and science vehicle (right) descending through the atmosphere.
(Author: Bartosz Moczala)

After home comeback we acquired funds for further work establishing AGH Space Systems. We have developed space technology laboratory in AGH - University of Science and Technology in Kraków. We have already designed and tested experimental hybrid rocket engine and propulsion test stand. We are currently developing an advanced rocket chassis for a next generation propulsion tests. Our main goal is to learn and enable other students to learn about space technologies in practical, interesting way.

Atmospheres of exoplanets / Atmosfery egzoplanet

Milena Ratajczak

University of Wrocław

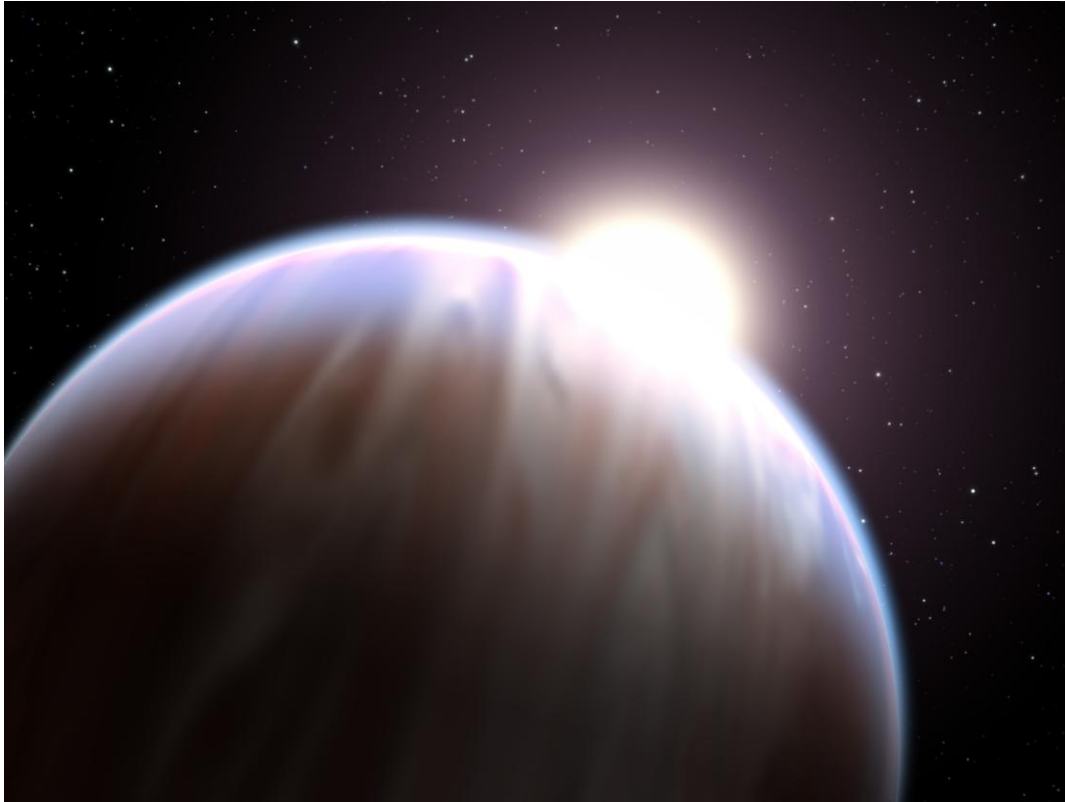
Abstract

Since the discovery of first planet outside the Solar System we have learned that exoplanets are extremely common objects in the universe and that they are much more diverse than originally predicted. With high quality data, we are able to study the staggering diversity of not only exoplanetary compositions, but also their atmospheric and interior processes. Due to well-planned photometric and spectroscopic observations, tremendous progress has been made in detecting exoplanets' atmospheric signatures. Description of methods used for investigation of exoplanetary atmospheres and review of the most recent developments in that area is presented here.

Pytanie o samotność mieszkańców Ziemi we Wszechświecie towarzyszyło ludzkości od zarania dziejów. Postęp technologiczny pozwolił na odkrycie obiektów, które przez lata pozostawały jedynie w sferze fikcji literackiej. Dziś odległe planety krążące wokół innych niż Słońce gwiazd są naukowym faktem, a ich odkrycia idą w tysiące.

Tematyka planet pozasłonecznych – czyli takich, które znajdują się poza Układem Słonecznym – w ciągu ostatnich kilkunastu lat zyskała miano najpopularniejszej dziedziny astronomii nie tylko wśród naukowców, lecz także w gronie miłośników nocnego nieba. Trudno się temu dziwić – dzięki misjom kosmicznym, jak np. Kosmiczny Teleskop Keplera, niemal każdy tydzień przynosi nowe odkrycie. Od momentu detekcji pierwszych planet krążących wokół gwiazd innych niż Słońce (tzw. egzoplanet) przez Wolszczana i Fraila w 1992 roku, pojęliśmy, że obiekty te są nie tylko niezwykle częste, ale też i dużo bardziej różnorodne niż początkowo przypuszczano. Planety odkryte poza Układem Słonecznym już niejednokrotnie ukazały nam swą zaskakująco różnorodną naturę.

Jednym z największych zaskoczeń tej prężnie rozwijającej się dziedziny astronomii było odkrycie nowej klasy planet, niespotykanych w Układzie Słonecznym – krążących bardzo blisko macierzystych gwiazd, tzw. gorących jowiszów (ang. *hot jupiters*). Mimo, że od momentu ich odkrycia minęło już dwadzieścia lat natura tych obiektów wciąż jest dla nas nie w pełni zrozumiała. Gorące jowisze to planety z grupy gazowych olbrzymów o masie zbliżonej do Jowisza, krążące bardzo blisko swej macierzystej gwiazdy. Powołując się na przykład dobrze znanej nam planety z Układu Słonecznego – okres obiegu Jowisza wokół Słońca wynosi niespełna 12 lat, a typowego gorącego jowisza – zaledwie kilka dni. Co ciekawe - odkryto także takie gazowe olbrzymy, których okres orbitalny jest krótszy od jednego dnia!



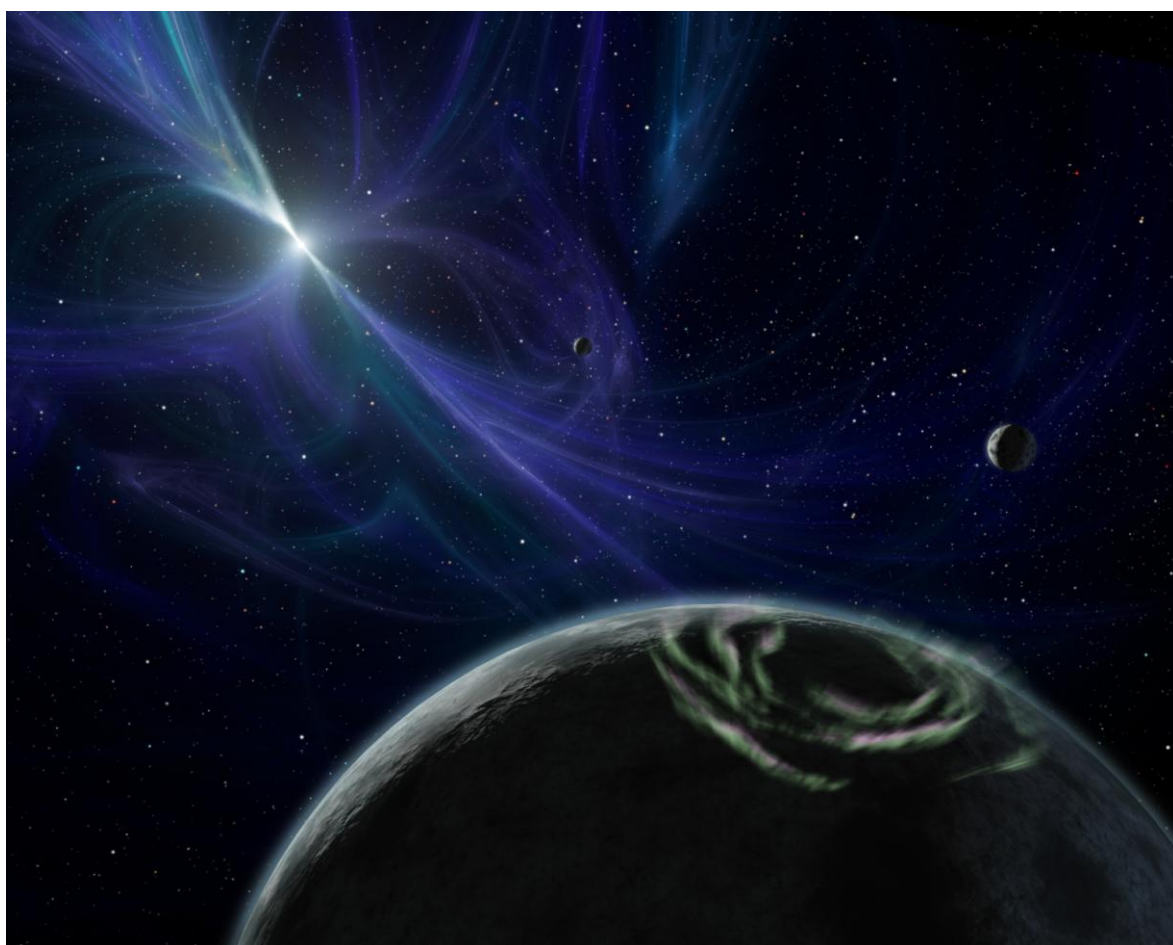
Artystyczna wizja gorącego Jowisza. (Źródło: NASA, ESA & G. Bacon)

Nie lada zaskoczeniem dla naukowców było odkrycie pierwszych planet pozasłonecznych, krążących wokół... pulsara. Pulsar to nic innego jak zdegenerowana gwiazda, która narodziła się w trakcie wybuchu supernowej - kosmicznej eksplozji o olbrzymiej mocy. Naukowcy zachodzili w głowę - w jaki sposób planety mogły przetrwać tak silny wybuch i dlaczego istnieją w tak ekstremalnym środowisku? Dziś przypuszcza się, że te egzotyczne światy powstały z gazu i pyłu skondensowanego z pozostałości pozostawionych przez supernową, zatem narodziły się po kosmicznej eksplozji.

Kosmicznych niespodzianek z działości planetarnej jest wiele – wystarczy wymienić choćby różnorodność odkrywanych układów planetarnych, szeroki wachlarz składu chemicznego planet (znamy nawet planety diamentowe!) czy szanse wykrywania księżyców planet pozasłonecznych. Dzięki wzrastającym możliwościom sprzętowym i zaawansowanym metodom modelowania danych ta pręźnie rozwijająca się dziedzina astronomii otworzyła także wrota do zagadnienia badania atmosfer planet pozasłonecznych.

Zbadanie składu atmosfery odległej planety jest zadaniem niezwykle trudnym z dwóch powodów. Po pierwsze, ciała te znajdują się bardzo daleko od Ziemi. Najbliższa znana nam egzoplaneta krąży wokół gwiazdy Alpha Centauri B, znajdującej się 4.3 lata świetlne od Słońca. Po drugie – planety te są niemal niewidoczne ze względu na obecność bardzo jasnych (nawet do ok. miliarda razy jaśniejszych) gwiazd w ich otoczeniu. Istnieją jednak pewne metody, dzięki którym podejmowane są próby scharakteryzowania atmosfer

odległych egzoplanet. Jedną z nich jest nieprzerwane i precyzyjne obserwowanie gwiazd, wokół których krążą odkryte już planety. Jeśli konfiguracja odległego układu planetarnego jest sprzyjająca i planeta w trakcie obiegu wokół gwiazdy przysłania część jej dysku, ilość światła pochodzącego od gwiazdy i dochodząca do obserwatora na Ziemi ulega zmniejszeniu. Zjawisko takie nazywamy *tranzytem*. Mimo, że większości odkrytych planet pozasłonecznych nie możemy obserwować bezpośrednio, możliwe jest dostrzeżenie spadku jasności ich macierzystych gwiazd w trakcie tranzytu. Ilość światła zablokowanego przez tranzytującą planetę zależy m.in. od jej wielkości, dzięki czemu możliwe jest oszacowanie rozmiarów egzoplanety.

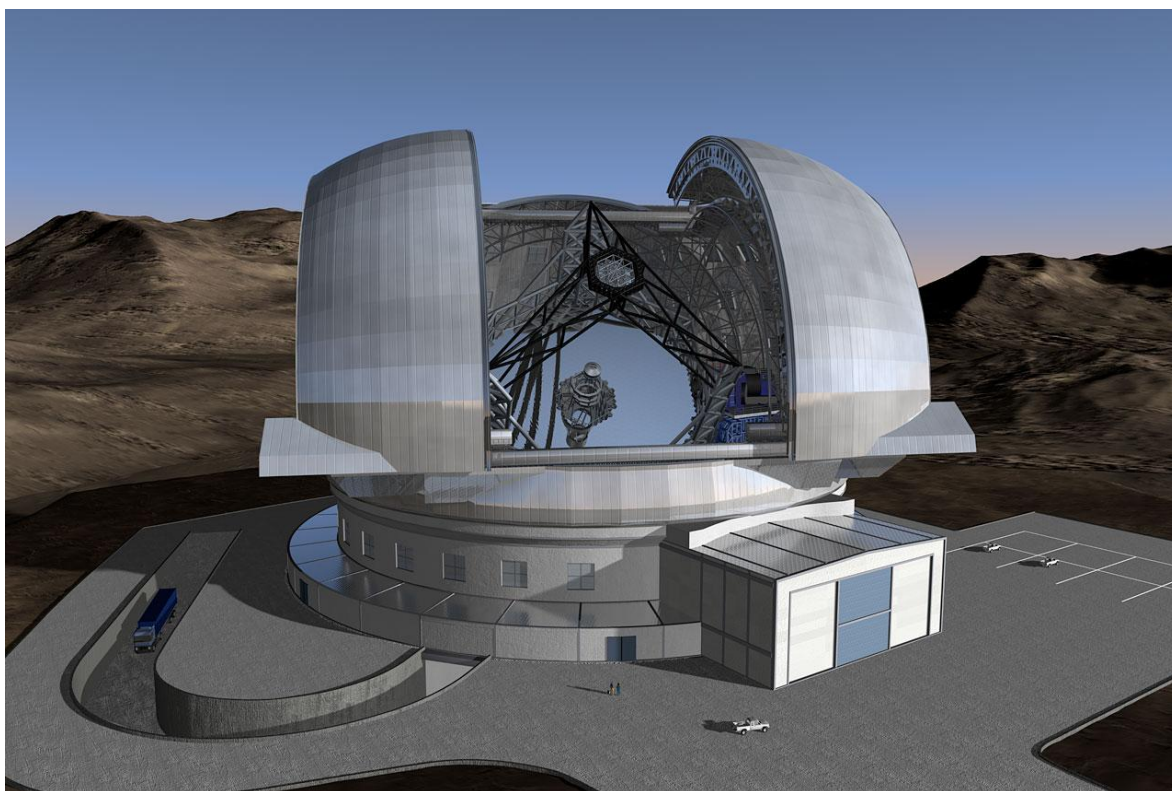


Artystyczna wizja układu planetarnego wokół pulsara.
(Źródło: NASA/JPL-Caltech/R. Hurt SSC)

Dodatkowo, porównując obserwacje gwiazdy wykonane przed i w trakcie zjawiska tranzytu jesteśmy w stanie ocenić jaki skład chemiczny posiada odległa planetarna atmosfera. Tranzytująca planeta w trakcie obiegu wokół gwiazdy, dodatkowo znika za jej dyskiem – takie zjawisko nazywamy *okultacją* (czy też zaćmieniem wtórnym). Rejestrowany spadek jasności w trakcie okultacji jest jeszcze mniejszy niż w przypadku tranzytu, jednak jeśli go zmierzymy – możemy oszacować temperaturę planety. Badając taki spadek w różnych pasmach, poznamy szczegóły składu atmosferycznego od-

ległej planety.

Aktualnie znamy ok. pięćdziesiąt planet, dla których wykryto i wstępnie zbadano atmosferę. Są to głównie gorące jowisze, choć jesteśmy u progu detekcji atmosfer tzw. superziem (planet o masach pomiędzy masą Ziemi a masą Neptuna, a rozmiarach z zakresu 1-10 promieni ziemskich). Na podstawie analizy danych z czasów okultacji gorących jowiszów wysunięto wnioski o istnieniu *stratosfer* w atmosferach planetarnych – rejonów, w których temperatura wzrasta wraz z wysokością. Określenie przyczyny tej inwersji termicznej jest kluczem do zrozumienia atmosfer gorących jowiszów. W atmosferach niektórych egzoplanet wykryto chmury. Trudno stwierdzić co jest ich głównym składnikiem, ale zarejestrowane rozpraszanie światła pochodzącego od gwiazdy potwierdza ich występowanie. Badając planetarne atmosfery dokonano także detekcji molekuł – dziś wiemy, że w ich widmie można wykryć związki metanu, amoniaku i wody.

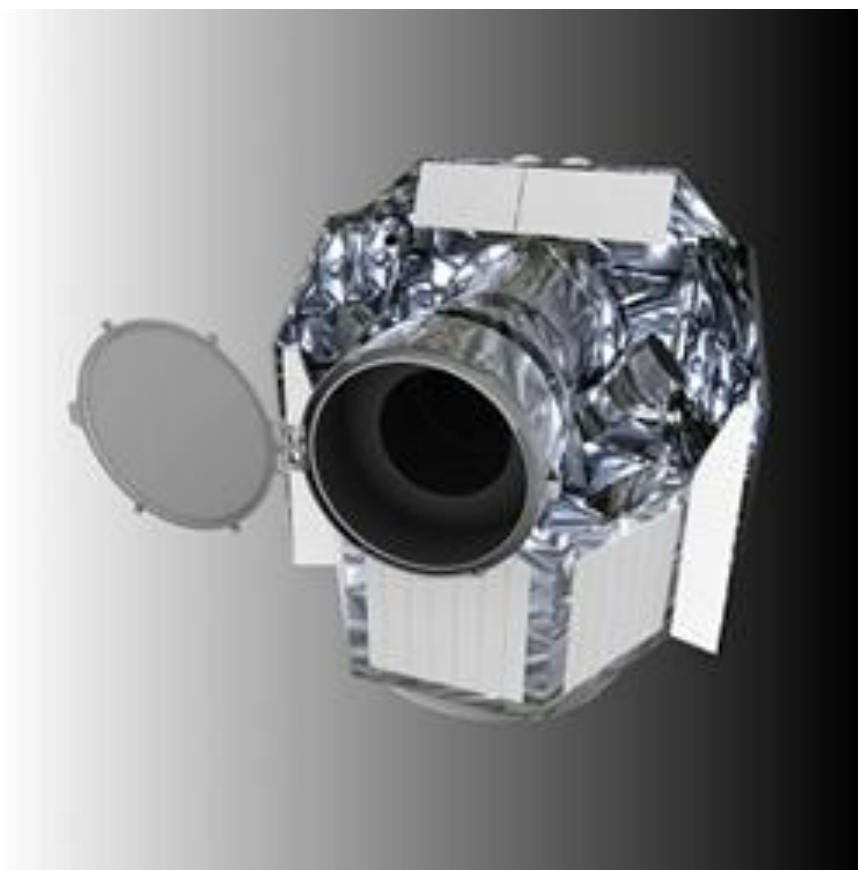


Model teleskopu E-ELT (European Extremely Large Telescope) – teleskopu Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) o średnicy lustra głównego ok. 39 metrów, który rozpocznie swą pracę w 2024 roku w Chile. (Źródło: ESO)

W chwili obecnej, możliwości badania atmosfer planet pozasłonecznych ograniczają się do planet klasy gazowych olbrzymów przechodzących na tle tarcz jasnych gwiazd i położonych na krótkookresowych orbitach. Dzięki obserwacjom zjawisk tranzytu i okultacji możliwe stało się prowadzenie zaawansowanych badań bez potrzeby przestrzennego rozdzielania gazowych olbrzymów od macierzystych gwiazd (choć metody takie jak obrazowanie

także są wykorzystywane do zgłębiania opisywanego tematu). Rozwijanie coraz bardziej zaawansowanych technik i budowanie nowoczesnych instrumentów do obserwacji egzoplanet pozwoli na określenie składu chemicznego atmosfer planet podobnych do Ziemi, a być może nawet doprowadzi do wykrycia *biomarkerów* – związków organicznych, których prekursorami są związki występujące w organizmach żywych.

Naukowcy oczekują zatem ery nowych teleskopów, dzięki którym zadanie to będzie łatwiejsze do zrealizowania. W zaawansowanej fazie budowy znajduje się następca Kosmicznego Teleskopu Hubble'a – Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba (JWST) oraz trzy olbrzymie teleskopy mające stanąć za kilkanaście lat w Chile i na Hawajach: E-ELT (*European Extremely Large Telescope*), TMT (*Thirty Meter Telescope*) oraz GMT (*Giant Magellan Telescope*). Dodatkowo, aktualnie przygotowywane są trzy misje kosmiczne, których głównym celem jest odkrywanie i charakteryzowanie planet pozasłonecznych – TESS (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*, misja NASA, planowany start w roku 2017), CHEOPS (*CHaracterising ExOPlanet Satellite*, misja ESA, planowany start w roku 2017) oraz PLATO (*PLANetary Transits and Oscillations of stars*, misja ESA, planowany start w roku 2024).



Teleskop europejskiej misji CHEOPS (CHaracterising ExOPlanet Satellite) poświęconej charakterystyce planet pozasłonecznych, której start planowany jest na rok 2017. (Źródło: ESA)

Przyszłość astronomii egzoplanetarnej zapowiada się wyjątkowo jasno. Olbrzymia ilość danych niezwykle wysokiej jakości, zasilona stale rozwijającymi się zaawansowanymi metodami modelowania, pozwoli na wykrycie i zbadanie atmosfer planet podobnych do Ziemi w całkiem niedalekiej przyszłości. Jakie odkrycia przyniosą kolejne lata? O czym wspomnimy w kolejnej edycji Kalendarza Częstochowskiego? Odpowiedzi na te pytania mogą okazać się całkiem sporym zaskoczeniem...



Virginia Trimble

Exoplanets and the multiverses

Virginia Trimble^{1,2}

¹Professor of Physics and Astronomy, University of California, Irvine CA 92697 – USA

²Honorary Staff Member of Queen Jadwiga Astronomical Observatory,
Rzepliennik Biskupi, Poland

Abstract

From one Earth, human concepts of the cosmos have expanded to many planets, many suns, many galaxies and clusters to, perhaps, many universes. Current interest attaches particularly to planets outside the solar system, especially Earth-like and, perhaps, life-bearing planets, and to the idea of universes beyond the four-dimensional, space-time one that we inhabit. I discuss here some of the early ideas, what it takes to make a habitable planet and a habitable universe, a few of the false alarms that were not discoveries of exoplanets or of other universe denting ours, and some of the current research.

Introduction – once upon a time

To the Egyptians, Babylonians, Greeks, and writers of Genesis, the Earth was the universe. Thus exoplanets and multiverses would have meant the same thing. Their cosmos was a flat earth, of size to be circumnavigated by a god in a day (the Egyptian Ra in his sun boat or Helios in his chariot) or by humans in a lifetime. On top was a blue dome with Sun, Moon, and stars (some that wandered and got called planets) and underneath quite possibly something very unpleasant, suggested by occasional bursts of molten rock that ore up out of the nether regions.

Greeks from the 6th century BCE to 6th century CE gradually established that the Earth is spherical, has a circumference around 30 000 km, and is orbited by a Moon at a distance about 60 times the Earth's size. The Sun was further and bigger (though not so far and big as we now measure). This sphericity was never quite lost sight of, even in the darkest of dark ages, though another Greek suggestion, of a Sun-centered rather than Earth-centered cosmos disappeared for centuries. Thus the worlds of St. Hildegard of Bingham (12th century) and Martin Luther (e.g. *Biblia* 1534) had a secular, changeable Earth at the center, with weather and all nearby, and, beyond the Moon, unchangeable perfection of the spheres of the planets, and an outermost sphere of fire housing the Deity and the abode of the blessed. The universe of Ptolemy (who lived in 2nd century CE Alexandria, Egypt) was geometrically similar though not nearly so beautiful.

Getting us out of the center of the cosmos, so that “Earth” and “Universe” could become separate concepts was a long, painful process. Any standard encyclopedia or history of science book can tell you about the contributions of Copernicus, Tycho, Kepler, Galileo, and all. Thus by 1576, it was possible for

Thomas Digges to suggest an infinite universe, with stars scattered sparsely but uniformly, and each hosting its own system of planets. His drawing shows only about one hundred of the infinite number of stars, because parchment was expensive in those days.

The solar system lingered at the center of Milky Way of stars for another three hundred years or so, but Harlow Shapley, whose work at Mt. Wilson Observatory (1918-21) demonstrated that we are thousands of parsecs from the Galactic center, will never be as famous as Galileo. Non-uniqueness of Milky Way and of our Local Group of galaxies is largely to the credit of Edwin Hubble (also Mt. Wilson) a little later. As for the largest-scale structures, these are still being discovered, including Laniakea, pointed out by Brent Tully only a year or two ago. Again there is nothing special about “ours”, and, at the distances probed by the cosmic microwave radiation, the universe is very homogeneous and isotropic.

What does it take to make an earth?

The assumption here is that we want to understand both what we need and what would be necessary for another planet to host chemically-based life. The next section looks at the universe the same way. Because astronomers and physicists have always supposed the planets are common and made in processes we can understand, none of these constraints says much about fundamental physics or chemistry.

First, you need a solid surface someplace (else where do you put your car keys without their sinking out of sight?). But volatiles, that is, gases and liquids, are also essential for complex molecules to form, interact, stick together, and eventually to form turtles. To have the three together, even if the liquid doesn't have to be water, requires a fairly narrow range of temperatures.

Second comes a source of high-quality energy. On Earth, sunlight makes possible the assemblage of complex molecules. Hot, sulfur-bearing water around vents on the ocean floor probably also works, and one might imagine life built of plasmas, “eating” energy released by magnetic field reconnections, (but you wouldn't want one for a pet).

Third, and the other side of this thermodynamic, there must be a heat sink. Interstellar space is just fine. If you have ever worried about a “heat death”, you can do a small calculation to persuade yourself that converting all the mass in the universe to radiation would provide a temperature of only about 20 K.

Fourth we want plate tectonics to maintain a mix of land and sea; otherwise our second earth would be covered uniformly by a 3km deep ocean; and dolphins, though very intelligent, do not build observatories. Fossil fuels and metallic ores are also a gift of tectonic processes, and industrialization would probably be impossible without them. You may or may not wish to worry that

neither Mars nor Venus shows signs of subduction zones and the other products of plate tectonics.

Next, a large moon will stabilize the planet's rotation period. Mars at the moment is not much more tipped than Earth, but it can almost lie on its side at times. Both winter sports and summer school would then be impossible. Other items in this “perhaps needed” category include a magnetic field (cosmic ray protection), and a reasonable rotation period (for daydreams and nightmares), or, more seriously, to prevent one side from being too hot and the other too cold.

Last are properties of the surroundings. Jupiter (probably) keeps too many comets and asteroids from hitting us and too often wiping out all the dinosaurs on Earth. The parent star is welcome to have some sunspots and flares (maybe they are even useful for something), but must not blast the home planet with storms of energetic particles that disrupt the atmosphere, the magnetic field, and the GPS system too often. This means waiting for a star to age respectably from its violent youth. Similarly, a part of the galaxy (or the history of galaxy) with very frequent supernovae and gamma ray bursts would be hard on the ozone and other terrestrial details.

The items near the top of this list are undoubtedly more important than the ones at the bottom.

What makes habitable universe?

This is a much more contentious issue, because we don't actually have any examples except our own! In addition, the phrase “anthropic principle”, meaning that the universe must be more or less as it is, or we wouldn't be here to write about it, is, to many scientists, either totally obvious and meaningless, or a very poor excuse for not being able to calculate something (like the strength of Newton's constant of gravity or the expansion rate of the universe (Hubble's constant)), so that we simply have to measure these things and many others.

Still, having three spatial and one temporal dimensions is good. For the space, two means no networks(*) and four means no stable orbits. For time, two means no unique direction for causality, and if zero, I suppose everything happens at once.

Next, if you want anything more complex than, say, quartz crystals, you will need several kinds of forces. Ours are called gravity, electromagnetism, the nuclear force, and weak interaction, and that they are of very different strengths is also important. I see no intrinsic objection to having 3 or 5, but the range of strengths is essential for getting hierarchies of structure (protons, nuclei, molecules, rocks, planets, gas clouds ...).

(*) A classic example of this problem assumes you have three houses and want to connect each one to water, gas, and electricity on a two-dimensional map. Try it! Always your lines will cross, and the Joneses' will get the Smiths' electricity coming out of their water pipes.

A range of particle types, responding in different ways to the forces, also appears essential. Ours are called quarks (which in turn make up protons and neutrons) and leptons (of which the electron is the most familiar). Some modern theories of physics posit a symmetry between these particles of matter and the entities that carry the forces (which have names like photon and gluon), so that the underlying reality is not different forces and different particles but a whole bunch of different stuff. If you already know this much physics, you should be writing this article not reading it!

Finally, your universe must be long-lived, so that the interactions of the particles and forces will lead to complex structures. This need not mean “old” in our units, but anyhow old in the units of time in which some other set of particles and forces operate.

A standard, but I think extreme, version of the anthropic principle requires that the ratio of the electromagnetic to the nuclear force be exactly right to produce equal amounts of carbon and oxygen from nuclear reactions in stars. My universe, and I hope yours, is a good deal more forgiving than that.

Some false alarms

It was perhaps inevitable that the acceptance of the Earth as just one of many planets orbiting the Sun should lead to a sort of overshoot and expectation that the Sun and Moon, our other planets, and the planets of other stars should all be inhabited by creatures tuned to local conditions. Digges was of that option (safely in England) and Giordano Bruno (less safely, up to 1600, in Italy). Cyrano de Bergerac (c. 1620 – 1655) imagined a sort of “peaceable kingdom” on the Moon, which one might visit by rising up in the morning with a very large dewdrop. William Herschel thought at one time that he had seen trees growing on the edges of lunar craters. And the idea of inhabited Moon and solar system planets survived into the 20th century in an opera by Leos Janacek, a children's book by Hugh Lofting, and lots of adult-oriented science fiction by Edgar Rice Burroughs, C.S. Lewis, and many others. Some though not all, of these later fictions were fueled by claims of canals on Mars, supposedly seen by Sciaparelli, Pickering, Percival Lowell, and others. It took Mariner photographs of the cratered Martian surface finally to degrade any potential Martians from monster status to, at most, microbes.

Looking for, seeming to find, and having to recant planets orbiting other stars started somewhat later. Most of the false alarms came from attempts at direct imaging and from astrometry that seemed to show wiggles in the proper motions of nearby stars. This latter was the method by which Bessel found that Sirius and Procyon each had a dark companion of roughly its own mass.

Herschel seems to have recorded the possibility of a “third light” in the double star 70 Oph. Capt. W.S. Jacob wrote of an invisible third mass in 1855. Thomas Jefferson Jackson See thought the same. Other distinguished astron-

omers reported planetary mass companions for other bright stars that their colleagues could not confirm. Some of the better-known cases are Kai Aa. Strand (later director of US Naval Observatory) for 61 Cygni, Reuyl and Holmberg (70 Oph yet again), and Piet van de Kamp, long director of Sproul Observatory at Swarthmore, tracking Barnard's star and reporting two planets of Jovian masses and orbit periods of 12 and 20 years. He went into retirement still clinging to those planets, though other astronomers had failed to find evidence for them and concluded that there was a mechanical problem with the Sproul telescope. Two of my narrow escapes from being caught up prematurely in this untidy subject lurk here. My high school history teacher was a Swarthmore alumna and thought I should go there. UCLA with George Abell (of the catalogues) looking after students was a much better choice! And, fresh PhD in hand, I had a job offer from Strand to analyze the results of a USNO near-infrared survey. Smith College, with a Clark refractor on the roof, was clearly a better choice.

The two techniques that have really found exoplanets (next section) also had some false alarms. Apparent slight fading of a star can be caused by a planet moving across its surface but also by a standard sort of variable star blurred on the sky with a constant one, and several other sorts of artefacts. OGLE, the Optical Gravitational Lens Experiment, originally masterminded by Bohdan Paczyński, found some real transits and also some microlensing fine structure due to planets, but 10 or 20 more times as many false alarms.

As for monitoring the radial velocity of a star to see it wiggle back and forth along the line of sight when tugged by its planet, the first report from optical spectroscopy had actually found a brown dwarf in near-face-on orbit, and the first report from timing of pulsars as a velocity-indicator concerned PSR1829-10. The advertized period was six months and was an error in allowing for the Earth's motion in and out of the gravitational field of the Sun.

Can there be a false alarm of another universe? Possibly. On the theoretical side, pundits have argued that gravity is weaker than the other forces because it leaks out into other space-times. On the observational side, the details of the maps of the cosmic microwave background have seemed to show small deviations from the most likely standard, vanilla, lambda-cold-dark-matter models, for instance unexpected alignments of the dipole and quadrupole moments (never mind, it won't be on the exam) and bruise-like rings. In each case, the final data releases looked less odd than the partial data that gave rise to the claims.

Approaching the present

Let's look at our timeline again! Once upon a time the Earth was THE planet and THE universe, and we were certainly unique. Then Earth was one of 6 or 7 or 8 planets orbiting the Sun, some perhaps inhabited, and we much less

unique. The concept that stars are suns led Newton and others to be able to estimate their distances well enough to be sure that the system of the stars was very much larger than the solar system, and if typical stars had planets, then the Earth was commonplace, except for being ours. Next, the spiral nebulae, which might have been new solar system in formation, turned out to be whole galaxies of stars as populous as our own. The two clusters of galaxies that had initially been obvious, in the directions of the constellations Coma and Virgo, were duplicated in countless numbers as astronomers imaged the whole sky and developed appropriate statistical techniques to look for non-random distributions. Yet another step in our location and existence becoming ever less special.

At this point, one has to ask, first, is there any remaining sense in which the Earth might be unusual? And, if every time someone has said “one” and someone else has said “many” the “many's” have been the winners, is it time to consider the possibility of there also being many, perhaps infinitely many, universes?

Modern exoplanets

The two massively successful search methods have been radial velocities and transits. Pulsar timing actually came first, with Aleksander Wolszczan and Dale Frail discovering, more or less by accident, as part of coherent pulsar-monitoring program, that PSR 1557+12 (its direction in the sky) had not just one but two terrestrial-mass planets in short-period orbits. The total now is four. They are almost certainly broken-off bits of neutron star (so probably iron) rather than planets left from when their host was a normal star. And no other very similar systems have been found, although a few white dwarfs have low-mass companions.

In contrast, the October, 1995 announcement of the planet orbiting 51 Peg was just the first of very many. It was seen first by Michel Mayor and Didier Queloz in Switzerland and quickly confirmed by Geoff Marcy and Paul Butler at Berkeley. Both groups had been executing deliberate searches for several years, focusing on nearby, solar-type stars.

The surprise was that their planet, 51 Peg *b*, had a mass exceeding that of our Jupiter but an orbit closer than that of Mercury. Such hot Jupiters were common among the early discoveries, because the large mass wobbled the star more, and the short period required fewer years of tracing.

Over the next few years, discoveries included smaller masses (like Neptune), longer orbit periods, some stars with two or more planets (current record 7), and a few planets orbiting binary stars. The range of types of host stars also expanded to include giant, stars, pre-main-sequence stars, and M dwarfs, stars less massive, less bright and cooler than the Sun.

Photometric surveys, mostly intended for other purposes, revealed the first planets transiting (passing in front of) their parent stars beginning in 2001. These must be confirmed by radial velocity studies to rule out other sorts of variability, and the yield was initially small. Radial velocity studies have now found or confirmed hundreds of planets.

The transit harvest bloomed with the launch of the Kepler Telescope in 2010. It was planned, by William J. Borucki, starting as far back as 1985, to stare at a single piece of star-studied sky, checking the brightnesses of the same star over and over until one blinked. Then two, and now something like three thousand. Radial velocity checks have shown that very few are false alarms, partly because images from space are sharper than ones from the ground, but also because the nearly 1000 scientist eventually involved in the program thought long and hard about how to process their data.

Again the range of kinds of planets found has expanded to smaller sizes and masses (down very nearly to that of Earth), different kinds of orbits, and different sorts of host stars. In particular, the hot Jupiters from radial velocity surveys generally had hosts with an abundance of heavy elements (meaning CNO but also Mg, Si, Fe, and all) somewhat larger than the Sun's, which is already larger than the local average. In contrast, the more numerous lower mass planets have more typical hosts.

It is sometimes possible to use a large, ground-based telescope to study the light from a transit system as the planet passes behind and comes out again, seeing the effect of the planet's atmosphere absorbing a bit of light. Some are just hazy, but a few have revealed common molecules like CO and H₂O, but not O₂.

Let's summarize the properties of our own solar system and then look at the range of others:

Our solar system has one star, nearly everything (except the comets) in one plane; circular orbits; nearly everything rotating or orbiting in the same direction (Sun, all planet and asteroid orbits, most planet rotations and moons); small rocky planets close to the Sun and big gassy ones further out, with a trickle off to Kuiper Belt objects, the Oort Cloud, and the dust responsible for zodiacal light.

Other systems can have two stars, with a planet orbiting just one or both; circular or highly eccentric orbits; star-rotation vs. planet planes misaligned (as measured from the Rossiter-McLaughlin effect); and different patterns of mass and composition vs. distance from host.

There are also some familiar traits: clouds, atmospheres, and exozodi (which will make the planets hard to imagine); events like the one that probably formed our Moon (a new 2012 dust cloud around NGC 2547-ID8); a magnetic field in HD209458b; giant planets with heavy element cores; mean-motion resonances among orbits; and even one or two super-earths at distances from their stars that might permit liquid water, in the so-called habitable zone.

So is the Earth special only because we live here? Perhaps, though one can imagine signatures for life on other planets, for instance the co-existence of ozone (O₃) and methane (CH₄) in their atmosphere, because they quickly eat each other up and must be replaced on a biological rather than an astronomical time scale. A very large telescope in space that could image an exoplanet cleanly could mimic what we see of Earth when looking at light reflected back from the Moon (earthshine). There are color and spectral signatures of land, ocean, vegetation, O₂, and CH₄. A gleam in NASA's and ESA's eyes called UVOIR (an orbiting big telescope with detectors for the full range of ultraviolet, optical, and infrared light) might just do it, perhaps sometime around 2040.

Because new exoplanets are being added to the inventory every day, statistical as well as individual properties are still somewhat fluid, but one can probably safely say:

There is a real absence of giant planets in systems with 3 – 7 planets (Kepler and other samples).

The absence of small planets with long periods (100 days or more) is largely a selection effect – transits are shallow and you have to wait a long time to catch three for confirmation.

The smallest mass found by radial velocity surveys has dropped with time from “Jupiter” to “Earth”, arising primarily from increasing precision of the velocity measurements.

Planets in systems with 2 or more members nearly all fall in the regime with orbit separations (more than 9 – 12 Hill radii) that should be stable over the lifetime of typical stars.

Giant planets found by the CoRoT satellite show a strong correlation of density with planet mass, ρ , the form:

$$\rho[\text{g cm}^{-3}] = (0.73 \pm 0.1) M_J^{(1.17 \pm 0.11)}$$

where M_J is the mass of the planet in units of the mass of Jupiter.

Transiting (mostly Kepler) planets plotted in a radius-mass diagram fall on predicted curves for a wide variety of compositions, from Earth-like to water (2 – 5 g cm⁻³) to more than half gas like our giant planets.

Not all surfaces are uniformly bright, and there are other indications of winds, clouds, and weather in a few cases; not all atmospheres are the same (haze vs molecules).

For low-mass hosts (M dwarfs) the distribution of planet radii is still rising at 1 R[Earth] where data become very incomplete.

Nothing so far looks much like our solar system.

Modern multiverses

The word was invented by psychologist William James in 1805 with the sense (I think) of non-integrated minds. Contemporary neuroscientist and psycholo-

gist Oliver Sacks has also used the word in that way. Indeed I think the astrophysical/cosmological topic of multiverses also has a significant psychological and sociological aspect, though I would not want to accuse any of my colleagues of having non-integrated minds!

In any case, the concept is not a recent one. Parmenides (5th century BCE), one of those “Greeks” who worked in southern Italy, insisted on a many-worlds interpretation of nature, and Pierre-Louis de Maupertuis (1698-1759) averred, in connection with his least action principle, that non-minimal paths through space corresponded to other worlds, though less perfect ones than our own. He took a lot of flak for this, but was definitely on the right side of the controversy about the shape of the Earth in his generation (Cassini had said prolate; Newton required oblate; and de Maupertuis suggested actual measurements of the length of degree of longitude at different latitudes and was part of the expedition to Lapland to make the measurement; Newton was right).

Modern attention arose gradually as scientists in many disciplines realized just how a small change in the force of gravity or the neutron-proton mass difference, or the value of the cosmological constant would yield a universe in which we could not live. Pioneers were Brandon Carter, Bernard Carr, and Martin Rees, and even I had taken a stand by 1974, in a much-repeated lecture called “Cosmology: Man's Place in the Universe”. I staked out as the four possibilities (1) some sort of creationism, (2) many universes of which only a few would be inhabitable (and the universes could be sequential in time or coexisting in five- or higher-dimension space) (3) the need for additional physics that would enable the calculation of the various constants, or (4) the nature of complexity, as noted above. In 1974, I thought (3) most likely and (4) next; now I would say (2), with (4) next in line. Notice that (3) couples closely to the anthropic principle, in that the AP need no longer be invoked once we have learned how to calculate something. (1) comes perilously close to what theologians have denounced as the “God of the gaps” idea. An additional recent fillip comes from the measured acceleration of cosmic expansion. That is, Einstein's notorious cosmological constant Λ is not zero, but a number comparable with the Hubble constant in suitable units. Zero would have been OK, and OK with the particle physics community, but small and non-zero is much harder to model, and a larger value (by a factor 10 or so) would have prevented galaxy formation. And then where would we be?!

In order of increasing potential to annoy people, the four or so kinds of multiverses are (1) parts of the universe we cannot and will never see, but with physics like the local laws, (2) distant parts of our 4-dimensional space-time but with different physical laws, (3) sequential expansion-contraction cycles with different physics (very different, since the singularity theorems in general relativity say that collapse cannot be followed by reexpansion), (4) something quantum mechanical (Appendix), and/or (5) a wide range of ideas coupled to

physics beyond the standard model (of six quarks and six leptons plus photons, W and Z bosons, and gluons to carry forces), for instance branes colliding in high-dimension (non-compact) space; multiple axion fields (beyond the ones that make dark matter, dark energy, and matter); decay of false vacuums and bubble nucleation; some form of black-hole seeding and cosmological evolutionary selection; and baby universes with eternal, self-reproducing inflation. Some of these have many more than four dimensions, most rolled up smaller than the Planck scale. Kaluza-Klein has only five, and I'm not sure about anti-de-Sitter space, but it also belongs in here somewhere.

Several of these are further and better explained in the book by Carr listed in “for further reading”. Another distinction has, however, to be made. Suppose physicists eventually come up with a theory of everything or fundamental theory that includes gravitation (general relativity) as well as the other three forces for which we currently have quantum theories. We will face a sort of simple decision tree. On one branch, the fundamental theory determines (permits the calculation of) all the particles, forces, and other parameters of the universe uniquely, and they correspond to our universe. In that case, there is no need for the anthropic principle or multiverses (though not needing something doesn't fully preclude its existence). Or, it will allow universes with several, or even an infinity of, values for some parameters, depending on the outcome of symmetry-breaking (among the forces), compactification (of the extra dimensions), etc. In that case, “the parameters in our universe should be typical of the anthropically allowed subset, weighted by the (theory generated) prior probability distribution”.

The quoted words are from Martin Rees and mean that we should not be content to find out that we live in a terribly unlikely universe, as judged by Bayesian statistics. The same sort of argument, on a smaller scale, has been made by J. Richard Gott, who says that, if technologically-based life persists for a very long time on Earth, we should be surprised to find ourselves living so near the beginning.

This is not a cheerful thought, but tends to bring this discussion full circle: Suns are common; galaxies are common; planets are common; clusters of galaxies are common. Perhaps the only unusual things are our Earth and our universe.

APPENDIX

The many words of Hugh Everett

This is a very different sort of multiple reality, dependent upon quantum mechanics rather than general relativity or particle physics. The idea is that, whenever some quantum process occurs, like the decay of an unstable nucleus, the world splits in two, one where the decay occurred and one where it did not. Presumably worlds that split recently will not be very different, and one

could imagine slipping across some barrier and visiting. Several charming science fiction stories by John Wyndham take this point of view. All have happy endings, and that is perhaps why I have always found this sort of multi-verse attractive, in the sense of wishing it were true, though being reasonably certain that it is not. Everett's own view of the topic appeared in 1957, *Reviews of Modern Physics* 29, 454 as "Relative state formulations of quantum theory".

Suggestions for further reading

Exoplanets: New planets outside the solar system are being found so rapidly and being shown to have so many different properties that the best source is probably the science column of your local newspaper, plus regular articles in *Sky & Telescope*, *Astronomy Magazine*, and *Urania - Postępy Astronomii*. There is, however, a fine review of the Kepler mission and its accomplishments by its founding spirit, William J. Borucki, 2015, in *Reports on Progress in Physics*.

Multiverses: Many books have addressed this topic in recent years:

Alex Vilenkin, *Many Worlds in One*, 2006, Hugh & Wang, New York, is definitely in favor,

R.M. Unger & L. Smolin, *The Singular Universe and the Reality of Time*, 2015, Cambridge University Press, is definitely against,

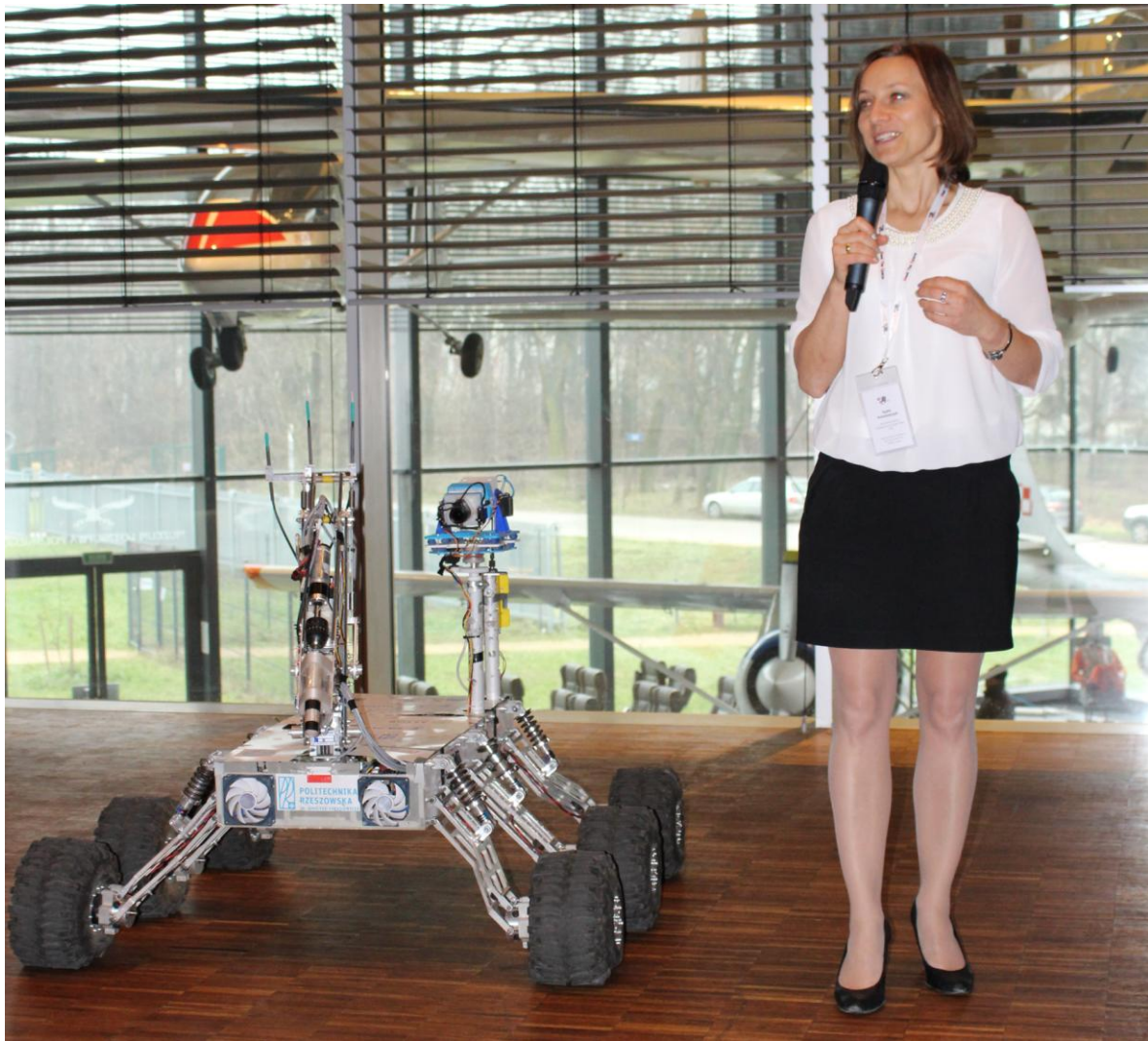
Bernard Carr Ed. *Universe of Multiverse?* 2007, Cambridge University Press is a set of 28 chapters, some firmly in favor, some firmly opposed, and some from a philosophic or religious point of view, including one by the late priest William R. Stoeger, S.J.

Victor J. Stenger, *God and the Multiverse* 2014, Prometheus Books, takes a historical point of view, and concludes (I think!) that the two concepts do not have much to say about each other.

Pre-modern and ethnic worlds: David and Margaret Leemin, *A Dictionary of Creation Myths*, 1994, Oxford University Press, has 1 – 3 page descriptions of dozens of "origins" stories, most beginning "Long, long ago ..." or "In the beginning ...". They range from Acuna to Zuni, and the Genesis version is treated just like the others. Eleven involve Turtles.

Helge S. Kragh, *Conceptions of the Cosmos*, 2007, Oxford University Press is serious history of science, beginning with the Egyptians and Greeks through medieval European ideas, to Copernicus, Newton, Einstein, and all, with multiverses and the anthropic principle at the end.

Anthropic reasoning: John D. Barrow and Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, 1986, Oxford University Press, has aged well (though it predates most scientists' taking seriously the cosmological constant and predates good measurements of the fluctuations in the cosmic microwave background, it provides anthropic limits for both those numbers, and there is nothing more recent like it.)



Agata Kołodziejczyk

3rd International Space Science and Technology Conference
November 28-29, 2015, Museum of Polish Aviation, Kraków, Poland



Welcome

Agata Kołodziejczyk^{1,2,3}, ¹ESA ESTEC, Noordwijk, Netherlands, ²Astronomia Nova Association, ³Queen Jadwiga Astronomical Observatory in Rzepiennik Biskupi, Poland, fichbio@gmail.com

It is my pleasure to welcome you, on behalf of the scientific and organizing committees, to the Third International Space Science and Technology Conference. This year, thanks to generosity of the Director of the Museum of Polish Aviation, Krzysztof Radwan, we meet in a very special venue, which highlights the power of human dreams about space travels. With a strong background in science and technology, our dreams come true and we become empowered to enable the future. We cannot learn everything, but we can work in teams, where we share our talents and specializations. Specialized multicellular organism, like a human being, can do much more and more efficient than a single cell, like a bacteria. But team work can be difficult, if we are not focused, if we have diverse goals. In order to „calibrate” a common focus we should consider what does space mean for us?

The main aim of this conference is to enable the future. We would like to provide you an effective platform for dialog between experienced professionals and young ambitious people, who want to work in space sector. But in order to make it real, not only in theory, we need your help by your active contribution. Use this time and talk with people, especially who are new here. Talk about your space dreams, about your projects. Share your passion, knowledge and experience. Discuss, what would you want to do during the next year. If you feel tired, visit the Max Planck Science Tunnel, which addresses the megatrends of the 21st century. Catch inspiration and creativity! If you don't feel comfortable with conference atmosphere, we offer you Kraków by night informal meetings. Enjoy!

We are proud to host so many active and open-minded students, scientists, engineers and businessmen from Poland and other countries. Particularly we are happy to share the top good news from LISA Pathfinder mission and locally from the Polish national synchrotron. This year we would like to award teachers, scientists, associations, organizations, and companies for their significant contribution in development of the space sector in Poland in 2015. We are also happy to host very talented school students from Słupsk realizing the second edition of the educational project „Pan Stanisław” - a school in space. Polish Rocket Society and WObit Company will perform educational workshops for them. If you think about working for space for 100% or more, come to our workshop about working with the European Space Agency.

Finally, I would like to express huge gratitude for generous financial support from the Polish Amateur Astronomers Society, from the Company Oprogramowanie Naukowo-Techniczne Sp. z.o.o. sp.k., who prepared valuable students awards, for AGH Space Systems, forScience Foundation, and all other coorganizers, who contributed in making this meeting real.

I wish you on behalf of organizing committees, an exciting and productive meeting!

Let's MEET THE SPACE, here and now!

Abstracts

LISA Pathfinder: countdown to launch

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

Rapidly approaching the takeoff date of 2nd December 2015, the free-fall explorer LISA Pathfinder (LPF) is already awaiting launch in the European Space-port of Kourou, in French Guiana. A thrilling mission by design, LPF flies key technology for gravitational waves observation in space, including reference sensors, interferometers, precision rockets and a high-performance control system to tie them all. Based on the analysis of time series and closer to a seismometer than to a telescope, the science of the top geodesy ESA mission of our days shall qualify the technology to enable gravitational astronomy and cosmology beyond ground detectors. We will browse the science of gravitational waves and show its impact on the mission design, both for eLISA and LPF and explain our scientific plans for the first three months of operations.

Global Astrophysical Telescope System

Patrycja Bagińska, Astronomical Observatory of Adam Mickiewicz University in Poznań, patibag@gmail.com

Poznań Spectroscopic Telescope 2 (PST2) is the second spectroscopic telescope constructed in Astronomical Observatory of Adam Mickiewicz University in Poznań (Poland). The first one (PST1) is operational since 2007 in Borowiec observing station (near Poznań, Poland). The PST2 is located over 120 deg away in longitude from the PST1. The telescope has been

installed in Winer Observatory in October 2013 and is fully operational since then. Since both telescopes are equipped with similar echelle spectrographs, they are perfectly suited for monitoring spectroscopic variations of pulsating and binary stars in nearly continuous way, up to 21h per day.

Mars fly-by mission architecture

Dorota Budzyń, Konrad Cyprych, Szymon Gryś, Aleksander Gorgolewski, Radosław Groński, Olaf Kowalski, Leszek Orzechowski, Aleksander Tuzik,
Space is More, Wrocław University of Technology, budzyn92@gmail.com

We have elaborated mission architecture for Mars fly-by in 2018. Our design was based on Wet Workshop idea developed by Werner von Braun for the mission Skylab, which assumed usage of fuel tank for living purpose. For this mission we have found new 500 days trajectory for the mission optimized for Earth reentry velocity. NASA's Space Launch System with a DUUS/LUS class upper stage was chosen as launch vehicle, we suppose that it would be possible to scale-up Boeing Large Upper Stage to adopt it as a wet workshop. Second launch of Falcon 9 Heavy would carry to LEO Earth Reentry Pod, Crew, Launch Abort System, modified Cygnus Service Module and Dry Workshop. In Dry Workshop there would be stored main systems like life support system, communication systems and tanks. In our design we had concerned issues of communication, radiation and life support system.

There have been planned docking on LEO, in which ERP and Cygnus SM are performing 180° turn and are connecting to Dry Workshop, after that vehicle is docking to Ext-LUS and crew is utilizing Wet Workshop. Crew accommodation in Wet Workshop was dictated with human needs for such a long period of time and that was the main aim that we concerned. There have been designed sleeping compartment, place for science experiments, G-bike and treadmill to keep crew in fit.

SPACE IS MORE: NASA 3D Printed Habitat Challenge Finalist

Dorota Budzyń, Konrad Cyprych, Szymon Gryś, Agata Mintus, Konrad Gruber, Piotr Gruber, Michał Olejarczyk, Leszek Orzechowski, Aleksander Tuzik, Space is More,
Wrocław University of Technology, budzyn92@gmail.com

Space is More design team had qualified for NASA 3D Printed Habitat Challenge top 30 designs out of 180 submitted entries. Our project was showcased during World Maker Faire New York in September 2015. Our goal was to propose a 3d printing technology of erecting building from in situ resources using CNC Cladding. Our project is a complete proposal of 3d printing technology and architecture that, we believe, will meet all requirements of manned Mars mission and also could provide affordable 3d-printed housing here on Earth. Our goal was to create feasible and utility solutions both in terms of 3d printing technology and habitat design. In space exploration there is no room for waste of space and every solution must

consider payloads restrictions when landing on Mars. This is one of the reasons we located our mission site in the Gale Crater.

Gale Crater is located at the Mars equator which benefits mission in several ways, including amount of solar energy, low elevation (thicker atmosphere) and relatively robust data from Curiosity rover for precise site selection and resource evaluation.

Proposed 3d-printing technology can help construct habitat that is not only safe, but also comfortable to live in. Rover based printer is a feasible solution and a great opportunity for a human/agent cooperation. Thanks to the unlimited range of Y-end rovers habitat can be expanded and evolve into first Martian colony. Proposed technology could also create habitats insulation by creating layers of aerogel in low pressure environment.

Same technology could be used to create eco-friendly terraced housing on Earth in any location using sand and local resources. Thanks to simple 3d printing process such architecture could be perfect for places leveled with natural disasters, and undeveloped regions being at the same time attractive for customers in well developed communities.

Presented habitat design uses different technologies and combines them with 3d-printing to create truly feasible design. We are certain that all technologies needed could be ready in a couple of years and perfected before first manned Mars mission.

Outside the field: Are Water Bears (Tardigrada) able to survive in hipomagnetic conditions?

Weronika Erdmann, Adam Mickiewicz University in Poznań,
weronika.erdmann@gmail.com

Astrobiologists who consider the possibility of the spread of terrestrial organisms on other celestial bodies of the Solar System, are bothering question: Is it possible that Earth's organisms could survive drifting in space and successfully colonize other space object? Outer space is characterized by many disadvantages for the life of factors: extremely low pressure, low temperature and high doses of different kinds of radiation. Also, the magnetic field in space (outside the Earth's magnetosphere) is very weak, and the nearest planets have magnetic fields much weaker than geomagnetic field. The greatest chance of survival in such adverse conditions, have various extremophilic organisms. Including Water Bears (Tardigrada). Tardigrades are small invertebrates which have a high resistance to stress factors, including those associated with space travels. Water Bears owe this remarkable resistance to adverse conditions their ability to enter into cryptobiosis. During its term reproduction, growth, and even metabolism are significantly slowed or even stopped. But enter into cryptobiosis and return to an active life requires preparation in the form of specific metabolic processes.

That the geomagnetic field has a significant effect on the metabolism of

living organisms, was confirmed by numerous studies, conducted both on animals and plants. Research on the impact, which geomagnetic conditions have on living organisms, have shown that isolation from the geomagnetic field interferes with many important metabolic processes, like transport of ions and function of certain enzymes. However, the most common subject of studies were single cells or plants and animal tissue cultures, and only few animals (mostly vertebrates). But, so far, the measure of sensitivity of extremophilic organisms, such as Tardigrades, on long-term isolation from the geomagnetic field has not been tested. As a result of our experiments, we found that although Tardigrades in cryptobiotic state are able to survive isolation from the Earth's magnetic field, however, active individuals or in the process of preparation for the cryptobiotic state and during the process of return to active state, Water Bears are particularly sensitive to lack the geomagnetic field.

Ionizing radiation issue in space

Aleksander Gorgolewski, Space is More, Wrocław University of Technology,
agorgolewski@gmail.com

Ionizing radiation problem was studied and analyzed for the purposes of Inspiration Mars “Fly-by Mars Mission in 2018 Student Design Contest”. Over the duration of a manned space missions, it is necessary to take care of the crew’s health. A huge hazard for human life is space radiation, which can be divided into two groups: constant (in approximation) galactic cosmic rays (GCR) and persisting from a few hours to a couple of days Solar Particle Events (SPE) usually strictly correlated with Solar CMEs and Flares. GCR is characterized by low flux and high-energy particles, while SPE has high flux and low-energy particles (protons mainly). Because of their different reactions for shielding, there have to be used two different strategies. Effectiveness of shielding materials is several times weaker for GCR in comparison with SPE. There hasn’t been developed any structural material more effective than polyethylene, so far. Additionally, mission will be taken during the solar minimum, which means that the crew will be exposed to bigger doses than during solar maximum, because the Sun generates Interplanetary Magnetic Field, therefore an effective dose in solar minimum can reach 300% value of the effective dose in solar maximum.

Humanization of space education

Mikołaj Karawacki, mapkarawacki@gmail.com

The continuation and proliferation of space exploration heavily depends on one key element that cannot and will not be produced neither in a laboratory nor in a factory: dedicated personnel. Meanwhile, all our education system is successful in doing is mass production of poorly educated young people, anesthetized to the wonders of the world and devoid of their innate creativity

and curiosity. Without changing the way we teach and learn, there will be no future generations of scientists, explorers, engineers – or any generations whatsoever. This talk will present a number of possible steps as well as tools needed for the education system's makeover from the 18th-century Enlightenment industrial model to the more humane one.

The cameras we sent to space

Jędrzej Kowalewski, Siviso - Simple Vision Solutions, jedrzej.kowalewski@siviso.com

One picture is worth a thousand of words. Because of that cameras are an inseparable components used in almost all of the modern interplanetary missions. This two-dimensional arrays of light-sensitive sensors provides crucial data about geophysical features, composition, terrain formation or even micro-structure of rocks on distant worlds. Very often, vision modules become a separate auto control systems for the spacecraft, used for checking the level of degradation of mechanical components (like the state of Martian rover wheels), general orientation (low-gravity body landers), or to define the dust layer on the crucial components (dust on the solar panels). The commonness, miniaturization and low cost of the lightweight cameras, also resulted in a mass use of vision systems in the RC-aircraft, drones and low-budget sounding balloons and rockets. Despite the wide variety of cameras, considerable number of missions provides a poor quality images or even leads to a destruction of imaging device. This is caused mainly by the design of camera or housing not adjusted for stratospheric or space conditions.

This article shows the technologies and basics of vision systems design for interplanetary missions, based on current and past space flights. The article focuses also on crucial information about optics, construction and thermal aspects that should be considered during design of vision system. This clues and tips are based on polish stratospheric sounding balloon missions: JADE-1 and FREDE2015. Information in this article can be useful for both professional and amateur designers of stratospheric and space flights.

Stratosphere biomonitoring - what can mosses tell us

Oldřich Motyka, VŠB - Technical University of Ostrava, oldrich.motyka@vsb.cz

Three moss species (*Orthotrichum anomalum*, *Physcomitrella patens* and *Atrichum undulatum*) were chosen as the best representatives of their eco-physiological strategy groups and subjected to a series of stratospheric balloon experiments in order to assess their biomonitoring potential. Overall cell conditions, chloroplast/chlorophyll degradation and ascorbic acid content were monitored in both the moss material subjected to stratospheric conditions and the ground controls. Under the stratospheric conditions, cells of the moss samples displayed the tendency to lose water, shrink and rupture, damage of chloroplasts was also recorded. Nevertheless, the response was distinctly species-specific. Ruderal species *P. patens* showed the lowest resilience,

whilst stress-tolerator *O. anomalum* and mixed-strategist *A. undulatum* were significantly less affected by the harmful conditions. Results obtained suggest that the choice of the species for the biomonitoring purposes should be affected by its eco-physiological life strategy and that, after a well-informed selection, mosses may serve as a complex monitor of ozone concentrations as well as general conditions of the stratosphere. However, particular environmental factors affecting the moss survival under such conditions has to be yet assessed.

Why the polar regions are important for space research?

Adam Nawrot, forScience Foundation and Institute of Geophysics of Polish Academy of Sciences, a.nawrot@forscience.pl

Every space mission is unique, gives limited time for sampling and can be done once per few years. Space research needs a very specific technology and methods, where is no place for mistakes. To avoid technical problems in a new created devices is necessary to verify applied solutions. Laboratory can help to fix different technical problems but not all. To make tests as good as possible we need to find similar conditions like those where devices will work. The Outer Space is dark, cold and still is unknown.

Arctic or Antarctic give us a harsh unpredictable climate conditions, with low air temperatures, strong winds and with a long periods with or without light. This region is covered by ice and permafrost – frozen soils. Glaciers create moraine ridges with mix of stones, soils and gravels.

The polar regions are on Earth, are quite close to us and is much easier to get there and come back. Thus, this northern and southern parts of Earth hemisphere seems to be a very good laboratory for space technology testing.

Project Dragonfly: Interstellar Laser-sail mission

Nikolaos Perakis, Technical University of Munich (TUM), nikolaos.perakis@tum.de

Project Dragonfly is a feasibility study for an interstellar mission, conducted by small, distributed spacecraft, propelled primarily by laser sails. The spacecraft shall be capable of reaching the target star system within a century and be able to decelerate. Such a mission can be conducted with technology available by 2024-2034 as well as a space infrastructure, available by 2050.

Within the frame of this competition, the WARR ISF group from the Technical University of Munich submitted a design based on a graphene sandwich multiple-layer sail and proposed a new deceleration scheme. The results of this study will be presented at the Meet the Space Conference 2015.

Planetary Atmospheric Entry Vehicle

Bartosz Postulka, AGH Space Systems

Our mission simulates a Science Vehicle traveling through a planetary atmosphere and sampling its composition during descent. The Cansat system

is composed of two primary components, a Science Vehicle and re-entry Container that protects the vehicle during ascent, “near-apogee” rocket deployment and initial atmospheric re-entry phase.

When the Science Vehicle is released from the Container, it will use coaxial rotors with counter-rotating propellers to reduce its descent rate to less than 10 meters per second. The Science Vehicle will stabilize and descend properly at a minimum altitude of 300 meters. During descent, the Cansat will record video in the nadir direction until it lands. The video camera is stabilized in real time using aerodynamic active stabilisation. The video is recorded on-board and stored for downloading after recovery. The Science Vehicle is equipped with a wide range of sensors. It collects extensive telemetry data during descent which includes: altitude based on barometric air pressure, outside air temperature, inside temperature, flight software state, stabilization parameters, battery voltage, and angle of descent of the Science Vehicle. The data is transmitted at a 1 Hz rate to a ground station using XBee radio modules.

We have passed preliminary design review conducted by NASA specialists with 97% grade overall, critical review with 99% grade overall. We have made it to final rocket-flight competition in Texas. Ultimately we won the Cansat Competition 2015 successfully competing against almost 60 teams from around the world.

Atmospheres of exoplanets

Milena Ratajczak, University of Wroclaw, milena.ratajczak@gmail.com

Since the discovery of the first planet outside the Solar System we have learned that exoplanets are extremely common in the universe and much more diverse than originally predicted.

With high quality data, we are able to study both the staggering diversity of exoplanetary compositions, as well as their atmospheric and interior processes. In particular, excellent photometric and spectroscopic observations lead us into tremendous progress in characterizing exoplanets’ atmospheric signatures.

We shall describe the methods used for exoplanetary atmospheres investigation and review the most recent developments in the field.

Tethered balloon study of fugitive emissions over the industrial agglomeration in Moravian-Silesian Region, Czech Republic

Kristína Štrbová, VŠB - Technical University of Ostrava, kristina.strbova.st@vsb.cz

This study deals with the topic of fugitive emissions in the industrial agglomeration of Ostrava region. Fugitive dust is a major part of atmospheric aerosols, increased attention is given to it due to its significant impact on climate change, air quality and human health, and ecosystems.

Vertical distribution of PM₁ up to 500 m a. s. l. was monitored at selected locations during spring and summer seasons of 2014, using the balloon

measuring method with the dust analyser GRIMM 1.108. Attention was given to the influence of the meteorological parameters on PM1 concentrations. Furthermore, distribution of organic matter in the vertical profiles of the atmosphere in the most exposed places was studied using the Py-GC/MS and thus, using mathematical methods, contributions of the individual pollution sources were identified.

Measurements have shown that the contribution of PM1 concentrations in the vertical profile of the atmosphere is significantly higher in the spring. The course of the concentration of PM1 with the increasing height is more or less downward. Presence of inversion layers was observed in some locations. Accordingly, the measured values of the number of particles per litre for the selected particle size in the spring season showed more or less downward trend with the increasing height. Similar trend was observed in the particle size of 0.290 microns and 0.325 microns for majority of the sites. The highest number of particles was in the particle size 0.265 microns in all of the observed locations. The most commonly observed was strong correlation of the PM1 concentration with height and pressure. The results of the correlation with the other factors – temperature and humidity were not so clear. The highest concentrations of PAHs and heavy metals were found in the upper layers (140-170 m), whereas it almost did not occur in the layers below 120 m. By the means of PM10 air pollution analysis, material with fragments of organic matter usually originating from waste dumps was identified in the areas with old environmental burdens.

To Mars with GMO: designing escape stage and “genetically engineered” trajectory for manned free-return fly-by mission

Aleksander Tuzik, Space is More, Wrocław University of Technology,
aleksander.tuzik@gmail.com

Space is More' Mars 2018 fly-by reference mission launch systems architecture and trajectory is described. The aim is to overcome the severe payload mass limitations of current and proposed launch systems, while keeping modifications and introduction of new systems to minimum. Existing know-how and experience in in-orbit operations is noted and focus is placed on maximizing upper stage capability. The feasibility of near-term serious improvements in that regard is demonstrated. A Boeing's Large Upper Stage is modeled and scaled-up through a simple tank stretch up to the mass limit imposed by Space Launch System, thereby dedicating a single SLS launch to the upper stage. An allowed payload mass growth of approximately 50% or more is reported for high-energy trajectories, greatly improving the trade-offs that can be made between the spacecraft's capability, design margins and overall feasibility, at the cost of introducing the simplest form of on-orbit assembly: rendezvous and docking.

The project uses both literature data analysis and independent deep-space

simulations using genetic algorithms under PyGMO framework for finding trajectory solutions, as well as numerical Trans Mars Injection simulation to determine stage performance on a number of free-return Mars flyby trajectories.

The European Rover Challenge as a motivator and integrator for young robotics teams on their paths to conduct research and commercialize technological solutions

Łukasz Wilczyński, European Space Foundation, lukasz@spacefdn.com

The European Rover Challenge is the biggest space-robotics event popularizing science and new technologies in the East-Central Europe, which since 2014 has been taking place in Poland. The ERC is an event analogous to the University Rover Challenge in the United States, although takes place at a venue widely available to the public and is accompanied by a science-tech picnic. This makes it possible for anyone interested in the STEM fields to watch the efforts of young robotics teams. The first and second edition brought together more than 45000 visitors and almost 40 teams from 4 continents. The competition was also observed by an international assembly of space experts with whom the students had a chance to talk about their future plans. Moreover, we played host to 54 accredited journalists, thanks to whom we've enjoyed over 2000 publications in 14 languages, and the communication efforts have reached nearly 30 000 000 media consumers.

Thus, an event like the ERC is a proven method of scouting ideas and people, who are about to enter the job market and are trying to define their position in it. So, if they will not be able to find education-related work after leaving university, there is a risk they will change their profession. Thanks to the ERC, as well as the large-scale promotion I have discussed earlier and cooperation with the industry, we have an opportunity to keep these young people in the space sector, and thus boosting resources needed to build it, most of all in the developing countries. This, indeed, is the basic conclusion stemming both, from the ERC and the URC, where the number of teams from the developing countries is growing every year. This allows for putting forward an assumption that their potential is significantly greater because of their stronger motivation - they want to catch up with the Western world. The main lesson learned from the ERC 2014 is the need to provide mentor support to young robotics teams, who often do not know how to utilize their success. Thus, during the 2015 edition of the ERC, special workshops were held for the previous winners of the URC/ERC. They were lead by representatives of space sector, financial sector and representatives of government agencies. This will help young robotics teams find their professional path and will enrich their knowledge of financing tools and promoting their ideas on the international stage.

Polish Space Professionals Association

Marcin Wygachiewicz, SENER - Polish Space Professionals Association,
marcin.wygachiewicz@pspa.pl

Main purpose of PSPA is to create a common platform - point of contact between Polish space professionals. Moreover we would like to actively participate in development of the Polish space sector through various projects. One of our basic activities covers providing support to students and graduates in order to help them gaining a necessary professional experience through easy access to our community and the space industry.

During Meet the Space conference in Kraków, our representative introduced the association, its history, currently realised projects, achievements and our plans for the future.



Grupa uczestników konferencji Meet The Space III.



Uczestnicy konferencji Meet The Space III.