

Częstochowski
Kalendarz Astronomiczny
2011

Rok VII

Redaktor naukowy
Bogdan Wszolek

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronie

www.ptma.ajd.czyst.pl

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2011

Redakcja naukowa

Bogdan Wszolek

Autorzy przyczynków:

Ivan L. Andronov
Tomasz Barański
Karolina Bąkowska
Blanka Cecota
Bożena Czerny
Lidia Chinarova
Agnieszka Debudej
Marek Jamrozy
Joanna Kozakiewicz
Sylvia Kusiak

Agnieszka Kuźmicz
Artur Leśniczek
Grzegorz Madej
Katarzyna Marciniak
Marek Morawski
Michał Silarski
Jacek Szabelski
Natalia Virnina
Bogdan Wszolek
Waldemar Zwierzchlejski



Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii
Oddział im. Ks. Bonawentury Metlera w Częstochowie

oraz

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

Częstochowa 2011

Recenzenci

Prof. dr hab. Krzysztof Maślanka
Prof. dr hab. Ivan Leonidowicz Andronov

Redaktor

Bogdan Wszolek

Korektorzy

Agnieszka Kuźmich, Waldemar Zwierzchlejski

Redakcja techniczna

Bogdan Wszolek

Projekt okładki

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

Antena radiowa o średnicy 9 metrów na swoim pierwotnym stanowisku w Psarach. Zainstalowana w roku 2000, rozebrana w 2010 z zamiarem ponownego uruchomienia w Rzepienniku Biskupim. (Fot. B. Wszolek)

© Copyright by Bogdan Wszolek i Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978-83-7455-179-3

ISSN 1895-0787

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego Akademii im. Jana Długosza

Spis treści

| | |
|---|-----|
| Słowo wstępne (<i>B. Wszolek</i>) | 7 |
| Część pierwsza (tabelaryczna) | |
| Kalendarz na rok 2011 (<i>A. Kuźmicz</i>) | 9 |
| W roku 2011 (<i>A. Kuźmicz, B. Wszolek</i>) | 21 |
| III Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova” | 22 |
| Konkurs URANIA | 23 |
| I Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica” | 25 |
| Tabele astronomiczne (<i>B. Wszolek</i>) | 27 |
| <i>Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie</i> | 27 |
| <i>Świty i zmiernicy w Częstochowie</i> | 33 |
| <i>Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie</i> | 39 |
| <i>Czas gwiazdowy</i> | 45 |
| Część druga (dydaktyczno-informacyjna) | |
| Częstochowska aktywność astronomiczna 2010 (<i>B. Wszolek</i>) | 51 |
| Księżyc w Częstochowie (<i>W. Zwierzchlejski</i>) | 69 |
| Astronomicznie na Ukrainie (<i>B. Wszolek</i>) | 71 |
| Gwiazdnym szlakiem z Częstochowy do Lourdes i na Pic du Midi (<i>B. Wszolek</i>) | 77 |
| Letnia szkoła obserwacyjna w Hiszpanii (<i>A. Kuźmicz</i>) | 81 |
| Wizja utworzenia Jurajskiego Parku Nauki (<i>B. Wszolek</i>) | 83 |
| Część trzecia (artykuły popularnonaukowe) | |
| Siedem anten radiowych z Psar (<i>B. Wszolek</i>) | 87 |
| Roje meteorów w 2011 roku (<i>A. Leśniczek</i>) | 91 |
| Trenażer dla obserwatorów gwiazd zmiennych (<i>I.L. Andronov</i>) | 95 |
| Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej (<i>B. Wszolek</i>) | 103 |
| Program kosmiczny Izraela (<i>W. Zwierzchlejski</i>) | 107 |
| Pasja z przyszłością - Mars (<i>T. Barański</i>) | 111 |
| Część czwarta (przyczynki naukowe) | |
| Gwiazdy typu AM Herkulesa (<i>I.L. Andronov</i>) | 117 |
| Gwiazdy podwójne i ich ewolucja (<i>L.L. Chinarova</i>) | 123 |
| Układy podwójne gwiazd z akrecją materii typu „Direct Impact” (<i>N.A. Virnina</i>) | 131 |
| Gwiazdy kataklizmiczne - rezultaty dla V1113 Cygni (<i>K. Bąkowska</i>) | 137 |
| Ewolucja aktywnych jąder galaktyk (<i>B. Czerny</i>) | 141 |
| Optyczna zmienność kwazarów (<i>A. Kuźmicz</i>) | 157 |
| Poszukiwanie cząstek ciemnej materii w zderzeniach elektron-tarcza (<i>M. Silarski</i>) ... | 159 |
| Najmniejsze i największe: cząstki w CERNie, a Wszechświat (<i>B. Cecota, J. Szabelski</i>) | 165 |
| Najciekawsze jest to, czego nie widać - złoty wiek radioastronomii (<i>M. Jamrozy</i>) | 169 |
| Spektroskopowa charakterystyka środowiska międzygwiazdowego w kierunku ω Ori (<i>A. Debudej, B. Wszolek</i>) | 175 |
| Spektroskopowa charakterystyka środowiska międzygwiazdowego w kierunku ϵ Ori (<i>S. Kusiak, B. Wszolek</i>) | 177 |
| Problem ilości międzygwiazdowych pasm rozmytych (<i>A. Kuźmicz, B. Wszolek</i>) | 179 |
| Obraz Oriona w podczerwieni (<i>K. Marciniak, B. Wszolek</i>) | 181 |
| Człowiek i Kosmos-poglądowa prezentacja planetaryjna (<i>G. Madej, B. Wszolek</i>) | 183 |
| Badanie spektroskopowe wybranych linii międzygwiazdowych (<i>M. Morawski, B. Wszolek</i>) | 187 |
| Rezonanse Schumanna na Marsie (<i>J. Kozakiewicz</i>) | 191 |
| Zodiak z Dendery (<i>J. Kozakiewicz</i>) | 197 |

"Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamięłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym - według mego zdania - przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym upraniem zapale, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we Wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata. A cóż piękniejszego nad niebo, które przecież ogarnia wszystko, co piękne? „

Mikołaj Kopernik

„ Kto patrzy wyżej, ten wyższymi wyróżnia się zaletami. Zagłębiać się w wielką księgę przyrody, która jest właściwym przedmiotem filozofii - to znaczy wzrokiem sięgać wysoko. Aczkolwiek wszystko, co się czyta w tej księdze, jako dzieło wszechmogącego Mistrza znakomicie ze sobą harmonizuje, to jednak najbardziej doskonałe i godne poznania jest to, co nam ukazuje wielkość dzieła i sztukę, z jaką go dokonano. Ustrój Wszechświata winien więc zajmować, zdaniem moim, naczelne miejsce wśród zagadnień przyrody, dostępnych poznaniu, bo jeżeli zawierając w sobie wszystko, wielkością swoją przerasta wszystko, to jako reguła i podstawa wszystkiego winien górować także szlachetnością.”

Galileusz

„Przyroda lubi prostotę i jedność. Jest obrazem Stwórcy. Wszystko w niej jest aktywne i potrzebne. Poznawanie przyrody przybliży człowieka do poznania Boga. Wszechświat funkcjonuje w sposób harmonijny. Jeśli gdzieś w przyrodzie zostanie utracona harmonia, jest ona na powrót odzyskiwana. Przyroda podporządkowuje się ścisłym prawom fundamentalnym, niemniej pozostawia sobie zawsze pewien margines swobody, pozwalający jej na bieżąco się dostrajać i korygować odstępstwa od idealnej harmonii. Procesy w przyrodzie realizują się minimalnym wysiłkiem. Cała przyroda jest przeniknięta siłą ożywiającą i zdolnością „odczuwania”. Siły kształtujące w przyrodzie działają nie tylko ze względu na cel, ale także „dla ozdoby”. Człowiek powinien traktować przyrodę z miłością. Osiągnięcia naukowe są wspólnym dziedzictwem całej ludzkości, nie tylko w zakresie zastosowań praktycznych i czerpania dochodów ale również dla zachowania światowego pokoju i dla lepszego rozumienia przyrody.”

Johannes Kepler

Słowo wstępne

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

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

W części pierwszej kalendarza czytelnik znajdzie wiele informacji szczegółowych dotyczących zjawisk astronomicznych, informacje o konkursach i konferencji astronomicznej w roku 2011. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Między innymi zawiera szczegółową kronikę zdarzeń astronomicznych w Częstochowie w roku 2010. Część trzecia zawiera 6 przyczynków popularno naukowych, a część czwarta 17 przyczynków naukowych prezentowanych podczas II Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”, która odbyła się w maju 2010 roku w Częstochowie.

Bogdan Wszolek

* * *

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

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

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

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

Czas letni w roku 2011 obowiązuje od 27 marca do 30 października

Kalendarz na rok 2011

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

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

| Styczeń | | | |
|--|--------------|----|---|
| Drogi, którymi ludzie dochodzą do poznania niebios, wydają mi się nie mniej godne podziwu niżli same niebios. | | | |
| Johannes Kepler | | | |
| DM | DT | DR | Uwagi (zjawiska/zdarzenia) Godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT) |
| 1 | sobota | 1 | |
| 2 | niedziela | 2 | Jowisz 0° 6' S od Urana (14), Merkury 4° N od Księżyca (15) |
| 3 | poniedziałek | 3 | Ziemia w peryhelium (19) |
| 4 | wtorek | 4 | Zaćmienie Słońca, nów Księżyca (9) |
| 5 | środa | 5 | |
| 6 | czwartek | 6 | |
| 7 | piątek | 7 | |
| 8 | sobota | 8 | Neptun 5° S od Księżyca (0), maksymalna (47° W) elongacja Wenus (16) |
| 9 | niedziela | 9 | Maksymalna (23° W) elongacja Merkurego (15) |
| 10 | poniedziałek | 10 | Księżyc w apogeum (6), Uran 7° S od Księżyca (15), Jowisz 7° S od Księżyca (17) |
| 11 | wtorek | 11 | |
| 12 | środa | 12 | Pierwsza kwadra Księżyca (12) |
| 13 | czwartek | 13 | |
| 14 | piątek | 14 | |
| 15 | sobota | 15 | Antares 8° N od Wenus (22) |
| 16 | niedziela | 16 | |
| 17 | poniedziałek | 17 | |
| 18 | wtorek | 18 | |
| 19 | środa | 19 | Pełnia Księżyca (21) |
| 20 | czwartek | 20 | |
| 21 | piątek | 21 | |
| 22 | sobota | 22 | Księżyc w perygeum (0) |
| 23 | niedziela | 23 | |
| 24 | poniedziałek | 24 | |
| 25 | wtorek | 25 | Saturn 8° N od Księżyca (10) |
| 26 | środa | 26 | Ostatnia kwadra Księżyca (13) |
| 27 | czwartek | 27 | |
| 28 | piątek | 28 | |
| 29 | sobota | 29 | |
| 30 | niedziela | 30 | Wenus 3° N od Księżyca (4) |
| 31 | poniedziałek | 31 | Koniunkcja Ceres (1) |

Luty

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

Galileusz

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

Marzec

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

Stephen Hawking

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

Kwiecień

Znane są tysiące sposobów zabijania czasu, ale nikt nie wie jak go wskrzesić

John Steinbeck

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

Maj

Astronomia muzyką inteligencji

Juliusz Słowacki

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

Czerwiec

Mógłbym przemierzać kosmos bez końca

Jurij A. Gagarin

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

Lipiec

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

John F. Kennedy

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

Sierpień

Niebiosa opowiadają chwałę Boga, a dzieła rąk Jego oznajmia firmament

Ps . 19.

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

Wrzesień

Żaden pesymista nigdy nie odkrył tajemnic gwiazd ...

ani nie żeglował po nieznanym wodach ...

ani nie otworzył przed człowiekiem nowego raj

Helen Keller

| DM | DT | DR | Uwagi |
|----|--------------|-----|---|
| 1 | czwartek | 244 | |
| 2 | piątek | 245 | |
| 3 | sobota | 246 | Maksymalna (18° W) elongacja Merkurego (6) |
| 4 | niedziela | 247 | Pierwsza kwadra Księżyca (18) |
| 5 | poniedziałek | 248 | |
| 6 | wtorek | 249 | |
| 7 | środa | 250 | |
| 8 | czwartek | 251 | |
| 9 | piątek | 252 | Merkury 0° 7' N od Regulusa (2) |
| 10 | sobota | 253 | Mars 6° S od Polluxa (2), Neptun 6° S od Księżyca (21) |
| 11 | niedziela | 254 | |
| 12 | poniedziałek | 255 | Pełnia Księżyca (9) |
| 13 | wtorek | 256 | Uran 6° S od Księżyca (18) |
| 14 | środa | 257 | |
| 15 | czwartek | 258 | Księżyc w apogeum (6) |
| 16 | piątek | 259 | Jowisz 5° S od Księżyca (18), opozycja Ceres (17) |
| 17 | sobota | 260 | |
| 18 | niedziela | 261 | |
| 19 | poniedziałek | 262 | |
| 20 | wtorek | 263 | Ostatnia kwadra Księżyca (14) |
| 21 | środa | 264 | |
| 22 | czwartek | 265 | |
| 23 | piątek | 266 | Mars 5° N od Księżyca (8), początek astronomicznej jesieni (9:05) |
| 24 | sobota | 267 | |
| 25 | niedziela | 268 | |
| 26 | poniedziałek | 269 | Opozycja Urana (0) |
| 27 | wtorek | 270 | Nów Księżyca (11) |
| 28 | środa | 271 | Księżyc w perygeum (1) |
| 29 | czwartek | 272 | |
| 30 | piątek | 273 | |

Październik

Nauka pogłębia nasze więzi z tym co nieziemskie

Martin Rees

Poszukiwanie jest esencją ludzkiego ducha

Frank Borman

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

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
stoiśmy jest naszym ostatecznym przeznaczeniem?**

Benedykt XVI

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

Grudzień

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

Konstanty Ciołkowski

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

R. Zaphiropoulos

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

W roku 2011

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

Ziemia w peryhelium: 3 styczeń (19)

Ziemia w aphelium: 4 lipiec (15)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (23:21)

Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (17:16)

Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (09:05)

Początek astronomicznej zimy: 22 grudzień (05:30)

Data juliańska (JD) = 2455561.5 + 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.620079 = 346^d 14^h 52^m 54^s. 8

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

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

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

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

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

Zaćmienia:

04 I częściowe zaćmienie Słońca (Europa, Afryka, Azja, Chiny)

01 VI częściowe zaćmienie Słońca (Azja, Ameryka Płn., Skandyn., Grenl.)

15 VI całkowite zaćmienie Księżyca

01 VII częściowe zaćmienie Słońca (Ocean Południowy, Afryka)

11 XI częściowe zaćmienie Słońca (Afryka, Antarktyda, Tasmania)

10 XII całkowite zaćmienie Księżyca

III Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Częstochowa, 10-11 maja 2011

Organizator:

Instytut Fizyki Akademii im. Jana Długosza
Al. Armii Krajowej 13/15

Instytucje wspomagające: PTA, PTMA, Astronomia Nova

Komitety organizacyjny:

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD)
Mgr Agnieszka Kuźmich (OAUJ)

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

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

Konferencja odbędzie się w Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (Al. Armii Krajowej 13/15). Zgłoszenia udziału, wraz z tematem, rodzajem (referat/plakat) i krótkim abstraktem przyczynku, prosimy kierować na jeden z poniższych adresów do dnia **20 kwietnia** 2011 roku.

Dr Bogdan Wszolek
IF AJD
Al. Armii Krajowej 13/15
42-200 Częstochowa
E-mail: bogdan@ajd.czyst.pl
Tel. kom. 518-043-166

Mgr Agnieszka Kuźmich
OA UJ
Ul. Orla 171
30-244 Kraków
E-mail : cygnus@byk.ou.uj.edu.pl

Konkurs URANIA

Częstochowski Oddział PTMA, im. Ks. B. Metlera
oraz
Instytut Fizyki AJD w Częstochowie
organizują w roku 2011

VIII Okręgowy Konkurs Astronomiczny "URANIA" dla młodzieży z gimnazjów i ze szkół ponadgimnazjalnych.

Do konkursu zapraszamy uczniów zainteresowanych astronomią z terenu **miasta Częstochowy, powiatu częstochowskiego i z przyległych powiatów.**

Konkurs jest 2-etapowy. W etapie I uczniowie rozwiązują co najmniej 2 spośród zawartych w załączonym niżej zestawie zadań o tematyce astronomicznej. Rozwiązania I etapu (parafowane pieczęcią szkoły do której uczęszcza uczeń) należy dostarczyć do **30 kwietnia 2011** na niżej podany adres.

II etap konkursu (dla wszystkich, którzy nadesłali zadania etapu I) zostanie przeprowadzony w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie w dniu **8.06.2011 o godzinie 12**. Uczniowie będą rozwiązywać test wielokrotnego wyboru. O zwycięstwie decyduje suma punktów zdobytych w obu etapach. Zwycięscy konkursu otrzymają dyplomy i nagrody.

Adres kontaktowy:

| |
|---|
| <p>Dr Bogdan Wszolek Instytut Fizyki AJD w Częstochowie Al. Armii Krajowej 13-15, pok. 4001 42-200 Częstochowa, Tel. 518-043-166, E-mail: bogdan@ajd.czyst.pl</p> |
|---|

Zestaw zadań do wykonania w ramach etapu I:

(Potrzebne dane pobrać z odpowiednich źródeł)

1. Określić współrzędne geograficzne punktu podłonecznego (miejsce na Ziemi, w którym Słońce znajduje się dokładnie w zenicie) w pierwszym dniu astronomicznego lata w chwili gdy zegary słoneczne w Częstochowie wskazują godzinę 17:30.
2. Obliczyć siłę grawitacyjną z jaką przyciągany jest człowiek (60 kg) przez Ziemię, Księżyc oraz Słońce.
3. Zaprojektować i wykonać globus nieba.
4. Policzyć datę juliańską dla 13 maja 2011 roku o godz. 14:15.
5. Wykonać pracę plastyczną na temat „Człowiek i Mars”.

Do etapu II należy znać: podstawowe 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:

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

Zeszyty Uranii-Postępy Astronomii na rok 2010 i 2011.

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

B.Wszolek, "Wprowadzenie do astronomii", Wydawnictwo AJD w Częstochowie, 2005.

B.Wszolek (red.) Częstochowski Kalendarz Astronomiczny.

(wersje elektroniczne dwóch ostatnich pozycji są do pobrania jako pliki WORD ze strony: www.ptma.ajd.czyst.pl)

I konkurs artystyczny „Ars Astronomica”

Stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii 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. Tzw. grafiki komputerowe, statyczne lub dynamiczne, mogą być w wersji 2D lub 3D (do wyświetlania na ekranie sferycznym).

Prace należy przesłać **do końca kwietnia 2011** roku na adres:

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

Organizatorzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i za zgodą autorów zostaną wykorzystane dla realizacji różnorodnych celów propagujących astronomię w społeczeństwie. Przewiduje się wystawę najlepszych prac w różnych miejscach - w kraju i za granicą.



Praca plastyczna wykonana przez Stefanię Kulik
w ramach VII konkursu astronomicznego URANIA.

Tabele astronomiczne

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

| | wschód | | | górowanie | | | zachód | | |
|----------------|--------|----|-------|-----------|----|-------|--------|----|-------|
| | h | m | ° | h | m | ° | h | m | ° |
| Styczeń | | | | | | | | | |
| 1 | 7 | 46 | (127) | 11 | 47 | (s16) | 15 | 48 | (233) |
| 2 | 7 | 46 | (127) | 11 | 47 | (s16) | 15 | 49 | (233) |
| 3 | 7 | 46 | (127) | 11 | 48 | (s16) | 15 | 50 | (233) |
| 4 | 7 | 45 | (126) | 11 | 48 | (s17) | 15 | 51 | (234) |
| 5 | 7 | 45 | (126) | 11 | 49 | (s17) | 15 | 53 | (234) |
| 6 | 7 | 45 | (126) | 11 | 49 | (s17) | 15 | 54 | (234) |
| 7 | 7 | 45 | (126) | 11 | 50 | (s17) | 15 | 55 | (234) |
| 8 | 7 | 44 | (126) | 11 | 50 | (s17) | 15 | 56 | (234) |
| 9 | 7 | 44 | (125) | 11 | 51 | (s17) | 15 | 58 | (235) |
| 10 | 7 | 43 | (125) | 11 | 51 | (s17) | 15 | 59 | (235) |
| 11 | 7 | 43 | (125) | 11 | 51 | (s17) | 16 | 00 | (235) |
| 12 | 7 | 42 | (125) | 11 | 52 | (s18) | 16 | 02 | (236) |
| 13 | 7 | 41 | (124) | 11 | 52 | (s18) | 16 | 03 | (236) |
| 14 | 7 | 41 | (124) | 11 | 52 | (s18) | 16 | 05 | (236) |
| 15 | 7 | 40 | (124) | 11 | 53 | (s18) | 16 | 06 | (236) |
| 16 | 7 | 39 | (123) | 11 | 53 | (s18) | 16 | 08 | (237) |
| 17 | 7 | 38 | (123) | 11 | 54 | (s18) | 16 | 09 | (237) |
| 18 | 7 | 37 | (123) | 11 | 54 | (s19) | 16 | 11 | (238) |
| 19 | 7 | 36 | (122) | 11 | 54 | (s19) | 16 | 12 | (238) |
| 20 | 7 | 35 | (122) | 11 | 54 | (s19) | 16 | 14 | (238) |
| 21 | 7 | 34 | (122) | 11 | 55 | (s19) | 16 | 16 | (239) |
| 22 | 7 | 33 | (121) | 11 | 55 | (s20) | 16 | 17 | (239) |
| 23 | 7 | 32 | (121) | 11 | 55 | (s20) | 16 | 19 | (239) |
| 24 | 7 | 31 | (120) | 11 | 56 | (s20) | 16 | 21 | (240) |
| 25 | 7 | 30 | (120) | 11 | 56 | (s20) | 16 | 22 | (240) |
| 26 | 7 | 28 | (119) | 11 | 56 | (s20) | 16 | 24 | (241) |
| 27 | 7 | 27 | (119) | 11 | 56 | (s21) | 16 | 26 | (241) |
| 28 | 7 | 26 | (119) | 11 | 56 | (s21) | 16 | 27 | (242) |
| 29 | 7 | 25 | (118) | 11 | 57 | (s21) | 16 | 29 | (242) |
| 30 | 7 | 23 | (118) | 11 | 57 | (s22) | 16 | 31 | (243) |
| 31 | 7 | 22 | (117) | 11 | 57 | (s22) | 16 | 33 | (243) |
| Luty | | | | | | | | | |
| 1 | 7 | 20 | (117) | 11 | 57 | (s22) | 16 | 34 | (243) |
| 2 | 7 | 19 | (116) | 11 | 57 | (s22) | 16 | 36 | (244) |
| 3 | 7 | 17 | (116) | 11 | 57 | (s23) | 16 | 38 | (244) |
| 4 | 7 | 16 | (115) | 11 | 57 | (s23) | 16 | 40 | (245) |
| 5 | 7 | 14 | (115) | 11 | 57 | (s23) | 16 | 42 | (245) |
| 6 | 7 | 12 | (114) | 11 | 58 | (s24) | 16 | 43 | (246) |
| 7 | 7 | 11 | (114) | 11 | 58 | (s24) | 16 | 45 | (246) |
| 8 | 7 | 09 | (113) | 11 | 58 | (s24) | 16 | 47 | (247) |
| 9 | 7 | 07 | (113) | 11 | 58 | (s25) | 16 | 49 | (248) |
| 10 | 7 | 06 | (112) | 11 | 58 | (s25) | 16 | 50 | (248) |
| 11 | 7 | 04 | (112) | 11 | 58 | (s25) | 16 | 52 | (249) |
| 12 | 7 | 02 | (111) | 11 | 58 | (s25) | 16 | 54 | (249) |
| 13 | 7 | 00 | (111) | 11 | 58 | (s26) | 16 | 56 | (250) |
| 14 | 6 | 59 | (110) | 11 | 58 | (s26) | 16 | 58 | (250) |
| 15 | 6 | 57 | (109) | 11 | 58 | (s27) | 16 | 59 | (251) |
| 16 | 6 | 55 | (109) | 11 | 58 | (s27) | 17 | 01 | (251) |
| 17 | 6 | 53 | (108) | 11 | 58 | (s27) | 17 | 03 | (252) |
| 18 | 6 | 51 | (108) | 11 | 57 | (s28) | 17 | 05 | (253) |
| 19 | 6 | 49 | (107) | 11 | 57 | (s28) | 17 | 06 | (253) |
| 20 | 6 | 47 | (107) | 11 | 57 | (s28) | 17 | 08 | (254) |
| 21 | 6 | 45 | (106) | 11 | 57 | (s29) | 17 | 10 | (254) |
| 22 | 6 | 43 | (105) | 11 | 57 | (s29) | 17 | 12 | (255) |
| 23 | 6 | 41 | (105) | 11 | 57 | (s29) | 17 | 13 | (255) |
| 24 | 6 | 39 | (104) | 11 | 57 | (s30) | 17 | 15 | (256) |
| 25 | 6 | 37 | (104) | 11 | 57 | (s30) | 17 | 17 | (257) |
| 26 | 6 | 35 | (103) | 11 | 56 | (s30) | 17 | 19 | (257) |
| 27 | 6 | 33 | (102) | 11 | 56 | (s31) | 17 | 20 | (258) |
| 28 | 6 | 31 | (102) | 11 | 56 | (s31) | 17 | 22 | (258) |

Marzec

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 6 29 (101) | 11 56 (s32) | 17 24 (259) |
| 2 | 6 27 (101) | 11 56 (s32) | 17 26 (260) |
| 3 | 6 25 (100) | 11 56 (s32) | 17 27 (260) |
| 4 | 6 23 (99) | 11 55 (s33) | 17 29 (261) |
| 5 | 6 20 (99) | 11 55 (s33) | 17 31 (262) |
| 6 | 6 18 (98) | 11 55 (s33) | 17 32 (262) |
| 7 | 6 16 (98) | 11 55 (s34) | 17 34 (263) |
| 8 | 6 14 (97) | 11 54 (s34) | 17 36 (263) |
| 9 | 6 12 (96) | 11 54 (s35) | 17 37 (264) |
| 10 | 6 10 (96) | 11 54 (s35) | 17 39 (265) |
| 11 | 6 07 (95) | 11 54 (s35) | 17 41 (265) |
| 12 | 6 05 (94) | 11 53 (s36) | 17 43 (266) |
| 13 | 6 03 (94) | 11 53 (s36) | 17 44 (266) |
| 14 | 6 01 (93) | 11 53 (s37) | 17 46 (267) |
| 15 | 5 59 (93) | 11 53 (s37) | 17 48 (268) |
| 16 | 5 56 (92) | 11 52 (s37) | 17 49 (268) |
| 17 | 5 54 (91) | 11 52 (s38) | 17 51 (269) |
| 18 | 5 52 (91) | 11 52 (s38) | 17 52 (270) |
| 19 | 5 50 (90) | 11 51 (s39) | 17 54 (270) |
| 20 | 5 47 (89) | 11 51 (s39) | 17 56 (271) |
| 21 | 5 45 (89) | 11 51 (s39) | 17 57 (271) |
| 22 | 5 43 (88) | 11 51 (s40) | 17 59 (272) |
| 23 | 5 41 (88) | 11 50 (s40) | 18 01 (273) |
| 24 | 5 38 (87) | 11 50 (s41) | 18 02 (273) |
| 25 | 5 36 (86) | 11 50 (s41) | 18 04 (274) |
| 26 | 5 34 (86) | 11 49 (s41) | 18 06 (275) |
| 27 | 5 32 (85) | 11 49 (s42) | 18 07 (275) |
| 28 | 5 30 (84) | 11 49 (s42) | 18 09 (276) |
| 29 | 5 27 (84) | 11 48 (s43) | 18 11 (276) |
| 30 | 5 25 (83) | 11 48 (s43) | 18 12 (277) |
| 31 | 5 23 (83) | 11 48 (s43) | 18 14 (278) |

Kwiecień

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 5 21 (82) | 11 48 (s44) | 18 15 (278) |
| 2 | 5 18 (81) | 11 47 (s44) | 18 17 (279) |
| 3 | 5 16 (81) | 11 47 (s44) | 18 19 (280) |
| 4 | 5 14 (80) | 11 47 (s45) | 18 20 (280) |
| 5 | 5 12 (80) | 11 46 (s45) | 18 22 (281) |
| 6 | 5 10 (79) | 11 46 (s46) | 18 24 (281) |
| 7 | 5 07 (78) | 11 46 (s46) | 18 25 (282) |
| 8 | 5 05 (78) | 11 46 (s46) | 18 27 (283) |
| 9 | 5 03 (77) | 11 45 (s47) | 18 28 (283) |
| 10 | 5 01 (77) | 11 45 (s47) | 18 30 (284) |
| 11 | 4 59 (76) | 11 45 (s47) | 18 32 (284) |
| 12 | 4 57 (75) | 11 44 (s48) | 18 33 (285) |
| 13 | 4 55 (75) | 11 44 (s48) | 18 35 (286) |
| 14 | 4 52 (74) | 11 44 (s49) | 18 37 (286) |
| 15 | 4 50 (74) | 11 44 (s49) | 18 38 (287) |
| 16 | 4 48 (73) | 11 43 (s49) | 18 40 (287) |
| 17 | 4 46 (72) | 11 43 (s50) | 18 41 (288) |
| 18 | 4 44 (72) | 11 43 (s50) | 18 43 (288) |
| 19 | 4 42 (71) | 11 43 (s50) | 18 45 (289) |
| 20 | 4 40 (71) | 11 43 (s51) | 18 46 (290) |
| 21 | 4 38 (70) | 11 42 (s51) | 18 48 (290) |
| 22 | 4 36 (70) | 11 42 (s51) | 18 49 (291) |
| 23 | 4 34 (69) | 11 42 (s52) | 18 51 (291) |
| 24 | 4 32 (69) | 11 42 (s52) | 18 53 (292) |
| 25 | 4 30 (68) | 11 42 (s52) | 18 54 (292) |
| 26 | 4 28 (67) | 11 41 (s53) | 18 56 (293) |
| 27 | 4 26 (67) | 11 41 (s53) | 18 58 (293) |
| 28 | 4 24 (66) | 11 41 (s53) | 18 59 (294) |
| 29 | 4 22 (66) | 11 41 (s54) | 19 01 (294) |
| 30 | 4 20 (65) | 11 41 (s54) | 19 02 (295) |

Maj

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 4 18 (65) | 11 41 (s54) | 19 04 (296) |
| 2 | 4 17 (64) | 11 41 (s55) | 19 06 (296) |
| 3 | 4 15 (64) | 11 40 (s55) | 19 07 (297) |
| 4 | 4 13 (63) | 11 40 (s55) | 19 09 (297) |
| 5 | 4 11 (63) | 11 40 (s55) | 19 10 (298) |
| 6 | 4 10 (62) | 11 40 (s56) | 19 12 (298) |
| 7 | 4 08 (62) | 11 40 (s56) | 19 13 (298) |
| 8 | 4 06 (61) | 11 40 (s56) | 19 15 (299) |
| 9 | 4 05 (61) | 11 40 (s57) | 19 16 (299) |
| 10 | 4 03 (60) | 11 40 (s57) | 19 18 (300) |
| 11 | 4 01 (60) | 11 40 (s57) | 19 20 (300) |
| 12 | 4 00 (60) | 11 40 (s57) | 19 21 (301) |
| 13 | 3 58 (59) | 11 40 (s58) | 19 23 (301) |
| 14 | 3 57 (59) | 11 40 (s58) | 19 24 (302) |
| 15 | 3 55 (58) | 11 40 (s58) | 19 25 (302) |
| 16 | 3 54 (58) | 11 40 (s58) | 19 27 (302) |
| 17 | 3 52 (57) | 11 40 (s58) | 19 28 (303) |
| 18 | 3 51 (57) | 11 40 (s59) | 19 30 (303) |
| 19 | 3 50 (57) | 11 40 (s59) | 19 31 (304) |
| 20 | 3 48 (56) | 11 40 (s59) | 19 33 (304) |
| 21 | 3 47 (56) | 11 40 (s59) | 19 34 (304) |
| 22 | 3 46 (55) | 11 40 (s60) | 19 35 (305) |
| 23 | 3 45 (55) | 11 40 (s60) | 19 37 (305) |
| 24 | 3 44 (55) | 11 40 (s60) | 19 38 (305) |
| 25 | 3 42 (54) | 11 40 (s60) | 19 39 (306) |
| 26 | 3 41 (54) | 11 41 (s60) | 19 40 (306) |
| 27 | 3 40 (54) | 11 41 (s60) | 19 42 (306) |
| 28 | 3 39 (53) | 11 41 (s61) | 19 43 (307) |
| 29 | 3 38 (53) | 11 41 (s61) | 19 44 (307) |
| 30 | 3 38 (53) | 11 41 (s61) | 19 45 (307) |
| 31 | 3 37 (53) | 11 41 (s61) | 19 46 (308) |

Czerwiec

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

Lipiec

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 3 34 (50) | 11 47 (s62) | 20 00 (310) |
| 2 | 3 35 (50) | 11 48 (s62) | 20 00 (310) |
| 3 | 3 35 (51) | 11 48 (s62) | 20 00 (309) |
| 4 | 3 36 (51) | 11 48 (s62) | 19 59 (309) |
| 5 | 3 37 (51) | 11 48 (s62) | 19 59 (309) |
| 6 | 3 38 (51) | 11 48 (s62) | 19 58 (309) |
| 7 | 3 39 (51) | 11 48 (s62) | 19 58 (309) |
| 8 | 3 40 (51) | 11 49 (s62) | 19 57 (308) |
| 9 | 3 41 (52) | 11 49 (s62) | 19 56 (308) |
| 10 | 3 41 (52) | 11 49 (s61) | 19 56 (308) |
| 11 | 3 42 (52) | 11 49 (s61) | 19 55 (308) |
| 12 | 3 44 (52) | 11 49 (s61) | 19 54 (308) |
| 13 | 3 45 (53) | 11 49 (s61) | 19 53 (307) |
| 14 | 3 46 (53) | 11 49 (s61) | 19 52 (307) |
| 15 | 3 47 (53) | 11 49 (s61) | 19 51 (307) |
| 16 | 3 48 (53) | 11 50 (s61) | 19 51 (306) |
| 17 | 3 49 (54) | 11 50 (s60) | 19 49 (306) |
| 18 | 3 50 (54) | 11 50 (s60) | 19 48 (306) |
| 19 | 3 52 (54) | 11 50 (s60) | 19 47 (305) |
| 20 | 3 53 (55) | 11 50 (s60) | 19 46 (305) |
| 21 | 3 54 (55) | 11 50 (s60) | 19 45 (305) |
| 22 | 3 55 (55) | 11 50 (s59) | 19 44 (304) |
| 23 | 3 57 (56) | 11 50 (s59) | 19 43 (304) |
| 24 | 3 58 (56) | 11 50 (s59) | 19 41 (304) |
| 25 | 3 59 (56) | 11 50 (s59) | 19 40 (303) |
| 26 | 4 01 (57) | 11 50 (s59) | 19 39 (303) |
| 27 | 4 02 (57) | 11 50 (s58) | 19 37 (302) |
| 28 | 4 03 (58) | 11 50 (s58) | 19 36 (302) |
| 29 | 4 05 (58) | 11 50 (s58) | 19 34 (302) |
| 30 | 4 06 (58) | 11 50 (s58) | 19 33 (301) |
| 31 | 4 08 (59) | 11 50 (s57) | 19 31 (301) |

Sierpień

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 4 09 (59) | 11 50 (s57) | 19 30 (300) |
| 2 | 4 11 (60) | 11 50 (s57) | 19 28 (300) |
| 3 | 4 12 (60) | 11 50 (s57) | 19 26 (299) |
| 4 | 4 14 (61) | 11 50 (s56) | 19 25 (299) |
| 5 | 4 15 (61) | 11 50 (s56) | 19 23 (299) |
| 6 | 4 17 (62) | 11 49 (s56) | 19 21 (298) |
| 7 | 4 18 (62) | 11 49 (s56) | 19 20 (298) |
| 8 | 4 20 (63) | 11 49 (s55) | 19 18 (297) |
| 9 | 4 21 (63) | 11 49 (s55) | 19 16 (297) |
| 10 | 4 23 (64) | 11 49 (s55) | 19 14 (296) |
| 11 | 4 24 (64) | 11 49 (s54) | 19 12 (296) |
| 12 | 4 26 (65) | 11 49 (s54) | 19 11 (295) |
| 13 | 4 27 (65) | 11 48 (s54) | 19 09 (295) |
| 14 | 4 29 (66) | 11 48 (s54) | 19 07 (294) |
| 15 | 4 30 (66) | 11 48 (s53) | 19 05 (294) |
| 16 | 4 32 (67) | 11 48 (s53) | 19 03 (293) |
| 17 | 4 33 (67) | 11 48 (s53) | 19 01 (293) |
| 18 | 4 35 (68) | 11 47 (s52) | 18 59 (292) |
| 19 | 4 36 (68) | 11 47 (s52) | 18 57 (291) |
| 20 | 4 38 (69) | 11 47 (s52) | 18 55 (291) |
| 21 | 4 39 (69) | 11 47 (s51) | 18 53 (290) |
| 22 | 4 41 (70) | 11 47 (s51) | 18 51 (290) |
| 23 | 4 43 (70) | 11 46 (s51) | 18 49 (289) |
| 24 | 4 44 (71) | 11 46 (s50) | 18 47 (289) |
| 25 | 4 46 (72) | 11 46 (s50) | 18 45 (288) |
| 26 | 4 47 (72) | 11 45 (s50) | 18 43 (288) |
| 27 | 4 49 (73) | 11 45 (s49) | 18 41 (287) |
| 28 | 4 50 (73) | 11 45 (s49) | 18 38 (286) |
| 29 | 4 52 (74) | 11 45 (s49) | 18 36 (286) |
| 30 | 4 53 (74) | 11 44 (s48) | 18 34 (285) |
| 31 | 4 55 (75) | 11 44 (s48) | 18 32 (285) |

Wrzesień

| | | | |
|----|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 4 56 (76) | 11 44 (s48) | 18 30 (284) |
| 2 | 4 58 (76) | 11 43 (s47) | 18 28 (284) |
| 3 | 5 00 (77) | 11 43 (s47) | 18 25 (283) |
| 4 | 5 01 (77) | 11 43 (s46) | 18 23 (282) |
| 5 | 5 03 (78) | 11 42 (s46) | 18 21 (282) |
| 6 | 5 04 (79) | 11 42 (s46) | 18 19 (281) |
| 7 | 5 06 (79) | 11 42 (s45) | 18 17 (281) |
| 8 | 5 07 (80) | 11 41 (s45) | 18 14 (280) |
| 9 | 5 09 (80) | 11 41 (s45) | 18 12 (279) |
| 10 | 5 10 (81) | 11 41 (s44) | 18 10 (279) |
| 11 | 5 12 (82) | 11 40 (s44) | 18 08 (278) |
| 12 | 5 13 (82) | 11 40 (s43) | 18 05 (278) |
| 13 | 5 15 (83) | 11 40 (s43) | 18 03 (277) |
| 14 | 5 17 (83) | 11 39 (s43) | 18 01 (276) |
| 15 | 5 18 (84) | 11 39 (s42) | 17 59 (276) |
| 16 | 5 20 (85) | 11 39 (s42) | 17 56 (275) |
| 17 | 5 21 (85) | 11 38 (s41) | 17 54 (275) |
| 18 | 5 23 (86) | 11 38 (s41) | 17 52 (274) |
| 19 | 5 24 (86) | 11 37 (s41) | 17 50 (273) |
| 20 | 5 26 (87) | 11 37 (s40) | 17 47 (273) |
| 21 | 5 27 (88) | 11 37 (s40) | 17 45 (272) |
| 22 | 5 29 (88) | 11 36 (s40) | 17 43 (271) |
| 23 | 5 30 (89) | 11 36 (s39) | 17 41 (271) |
| 24 | 5 32 (89) | 11 36 (s39) | 17 38 (270) |
| 25 | 5 34 (90) | 11 35 (s38) | 17 36 (270) |
| 26 | 5 35 (91) | 11 35 (s38) | 17 34 (269) |
| 27 | 5 37 (91) | 11 35 (s38) | 17 32 (268) |
| 28 | 5 38 (92) | 11 34 (s37) | 17 29 (268) |
| 29 | 5 40 (93) | 11 34 (s37) | 17 27 (267) |
| 30 | 5 41 (93) | 11 34 (s36) | 17 25 (267) |

Październik

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

Listopad

| | | | |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1 | 6 34 (112) | 11 27 (s25) | 16 19 (248) |
| 2 | 6 36 (112) | 11 27 (s25) | 16 17 (247) |
| 3 | 6 38 (113) | 11 27 (s24) | 16 16 (247) |
| 4 | 6 40 (114) | 11 27 (s24) | 16 14 (246) |
| 5 | 6 41 (114) | 11 27 (s24) | 16 12 (246) |
| 6 | 6 43 (115) | 11 27 (s23) | 16 11 (245) |
| 7 | 6 45 (115) | 11 27 (s23) | 16 09 (245) |
| 8 | 6 46 (116) | 11 27 (s23) | 16 07 (244) |
| 9 | 6 48 (116) | 11 27 (s22) | 16 06 (244) |
| 10 | 6 50 (116) | 11 27 (s22) | 16 04 (243) |
| 11 | 6 52 (117) | 11 28 (s22) | 16 03 (243) |
| 12 | 6 53 (117) | 11 28 (s22) | 16 01 (242) |
| 13 | 6 55 (118) | 11 28 (s21) | 16 00 (242) |
| 14 | 6 57 (118) | 11 28 (s21) | 15 59 (241) |
| 15 | 6 58 (119) | 11 28 (s21) | 15 57 (241) |
| 16 | 7 00 (119) | 11 28 (s21) | 15 56 (241) |
| 17 | 7 02 (120) | 11 28 (s20) | 15 55 (240) |
| 18 | 7 03 (120) | 11 29 (s20) | 15 53 (240) |
| 19 | 7 05 (120) | 11 29 (s20) | 15 52 (239) |
| 20 | 7 07 (121) | 11 29 (s20) | 15 51 (239) |
| 21 | 7 08 (121) | 11 29 (s19) | 15 50 (239) |
| 22 | 7 10 (122) | 11 30 (s19) | 15 49 (238) |
| 23 | 7 11 (122) | 11 30 (s19) | 15 48 (238) |
| 24 | 7 13 (122) | 11 30 (s19) | 15 47 (237) |
| 25 | 7 14 (123) | 11 30 (s19) | 15 46 (237) |
| 26 | 7 16 (123) | 11 31 (s18) | 15 45 (237) |
| 27 | 7 17 (123) | 11 31 (s18) | 15 44 (236) |
| 28 | 7 19 (124) | 11 31 (s18) | 15 43 (236) |
| 29 | 7 20 (124) | 11 32 (s18) | 15 43 (236) |
| 30 | 7 22 (124) | 11 32 (s18) | 15 42 (236) |

Grudzień

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

Tabela 2. Świty i zierzchy 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. Zierzchy rozpoczynają się o zachodzie Słońca. Zierzch cywilny (żeglarski, astronomiczny) kończy się w chwili gdy po zachodzie Słońca środek jego tarczy zanurzy się na głębokość 6° (12°, 18°) pod horyzontem. W kolumnach tabeli podano momenty rozpoczęcia świtów i zakończenia zierzchów.

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

Marzec

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

Kwiecień

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

Maj

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

Czerwiec

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

Lipiec

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

Sierpień

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

Wrzesień

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

Październik

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

Listopad

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

Grudzień

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

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

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

| | wschód | | górowanie | | zachód | |
|----------------|--------|----------|-----------|----------|--------|----------|
| | h | m ° | h | m ° | h | m ° |
| Styczeń | | | | | | |
| 1 | 5 | 05 (129) | 9 | 06 (s16) | 13 | 04 (230) |
| 2 | 6 | 09 (131) | 10 | 03 (s15) | 13 | 56 (229) |
| 3 | 7 | 01 (130) | 10 | 58 (s16) | 14 | 58 (231) |
| 4 | 7 | 42 (127) | 11 | 52 (s18) | 16 | 06 (235) |
| 5 | 8 | 14 (121) | 12 | 42 (s21) | 17 | 17 (241) |
| 6 | 8 | 39 (115) | 13 | 29 (s25) | 18 | 28 (248) |
| 7 | 8 | 59 (108) | 14 | 13 (s29) | 19 | 37 (256) |
| 8 | 9 | 17 (100) | 14 | 55 (s34) | 20 | 44 (264) |
| 9 | 9 | 33 (92) | 15 | 35 (s39) | 21 | 50 (272) |
| 10 | 9 | 49 (85) | 16 | 16 (s44) | 22 | 56 (280) |
| 11 | 10 | 05 (77) | 16 | 57 (s49) | f 0 | 03 (287) |
| 12 | 10 | 23 (70) | 17 | 40 (s53) | f 1 | 11 (294) |
| 13 | 10 | 44 (63) | 18 | 25 (s57) | f 2 | 20 (301) |
| 14 | 11 | 11 (57) | 19 | 14 (s60) | f 3 | 28 (306) |
| 15 | 11 | 45 (53) | 20 | 06 (s62) | f 4 | 34 (309) |
| 16 | 12 | 31 (50) | 21 | 02 (s63) | f 5 | 34 (310) |
| 17 | 13 | 28 (50) | 22 | 00 (s63) | f 6 | 24 (308) |
| 18 | 14 | 39 (53) | 22 | 58 (s61) | f 7 | 04 (303) |
| 20 | p15 | 59 (59) | p23 | 56 (s57) | 7 | 36 (296) |
| 21 | p17 | 23 (67) | 0 | 51 (s52) | 8 | 02 (288) |
| 22 | p18 | 49 (77) | 1 | 45 (s46) | 8 | 24 (278) |
| 23 | p20 | 13 (86) | 2 | 37 (s40) | 8 | 45 (269) |
| 24 | p21 | 37 (96) | 3 | 28 (s34) | 9 | 06 (259) |
| 25 | p23 | 00 (106) | 4 | 20 (s28) | 9 | 28 (250) |
| 26 | 0 | 21 (115) | 5 | 12 (s23) | 9 | 53 (242) |
| 27 | 1 | 41 (122) | 6 | 06 (s19) | 10 | 24 (236) |
| 28 | 2 | 55 (127) | 7 | 01 (s16) | 11 | 03 (231) |
| 29 | 4 | 02 (130) | 7 | 57 (s15) | 11 | 51 (229) |
| 30 | 4 | 57 (130) | 8 | 52 (s15) | 12 | 49 (230) |
| 31 | 5 | 41 (128) | 9 | 45 (s17) | 13 | 54 (233) |
| Luty | | | | | | |
| 1 | 6 | 16 (123) | 10 | 36 (s20) | 15 | 03 (239) |
| 2 | 6 | 43 (117) | 11 | 24 (s23) | 16 | 13 (245) |
| 3 | 7 | 05 (111) | 12 | 08 (s27) | 17 | 23 (253) |
| 4 | 7 | 23 (103) | 12 | 51 (s32) | 18 | 30 (260) |
| 5 | 7 | 40 (95) | 13 | 32 (s37) | 19 | 37 (268) |
| 6 | 7 | 56 (88) | 14 | 13 (s42) | 20 | 43 (276) |
| 7 | 8 | 12 (80) | 14 | 53 (s47) | 21 | 49 (284) |
| 8 | 8 | 29 (73) | 15 | 35 (s51) | 22 | 56 (291) |
| 9 | 8 | 49 (66) | 16 | 19 (s55) | f 0 | 03 (298) |
| 10 | 9 | 13 (60) | 17 | 05 (s59) | f 1 | 11 (304) |
| 11 | 9 | 43 (55) | 17 | 55 (s62) | f 2 | 16 (308) |
| 12 | 10 | 21 (51) | 18 | 47 (s63) | f 3 | 18 (310) |
| 13 | 11 | 12 (50) | 19 | 43 (s63) | f 4 | 11 (309) |
| 14 | 12 | 14 (52) | 20 | 40 (s62) | f 4 | 55 (306) |
| 15 | 13 | 28 (56) | 21 | 37 (s59) | f 5 | 31 (300) |
| 16 | 14 | 50 (63) | 22 | 34 (s55) | f 6 | 00 (292) |
| 17 | 16 | 15 (71) | 23 | 29 (s49) | f 6 | 25 (283) |
| 19 | p17 | 42 (81) | 0 | 23 (s43) | 6 | 47 (273) |
| 20 | p19 | 09 (92) | 1 | 17 (s37) | 7 | 09 (264) |
| 21 | p20 | 36 (102) | 2 | 10 (s31) | 7 | 31 (254) |
| 22 | p22 | 01 (111) | 3 | 05 (s25) | 7 | 57 (245) |
| 23 | p23 | 24 (119) | 4 | 00 (s21) | 8 | 27 (238) |
| 24 | 0 | 43 (126) | 4 | 56 (s17) | 9 | 04 (233) |
| 25 | 1 | 53 (129) | 5 | 53 (s16) | 9 | 50 (230) |
| 26 | 2 | 53 (130) | 6 | 48 (s15) | 10 | 45 (230) |
| 27 | 3 | 41 (129) | 7 | 42 (s16) | 11 | 47 (233) |
| 28 | 4 | 18 (125) | 8 | 33 (s19) | 12 | 55 (237) |

Marzec

| | | | |
|----|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 4 47 (119) | 9 21 (s22) | 14 04 (243) |
| 2 | 5 10 (113) | 10 06 (s26) | 15 12 (250) |
| 3 | 5 30 (106) | 10 49 (s30) | 16 20 (258) |
| 4 | 5 47 (98) | 11 31 (s35) | 17 27 (266) |
| 5 | 6 03 (90) | 12 11 (s40) | 18 32 (273) |
| 6 | 6 19 (83) | 12 52 (s45) | 19 38 (281) |
| 7 | 6 36 (75) | 13 34 (s50) | 20 44 (289) |
| 8 | 6 55 (68) | 14 16 (s54) | 21 51 (296) |
| 9 | 7 18 (62) | 15 01 (s58) | 22 58 (302) |
| 10 | 7 45 (57) | 15 49 (s60) | f 0 03 (306) |
| 11 | 8 20 (53) | 16 39 (s62) | f 1 05 (309) |
| 12 | 9 04 (51) | 17 32 (s63) | f 2 00 (309) |
| 13 | 10 00 (51) | 18 27 (s62) | f 2 47 (307) |
| 14 | 11 06 (54) | 19 22 (s60) | f 3 25 (303) |
| 15 | 12 22 (59) | 20 17 (s57) | f 3 57 (296) |
| 16 | 13 43 (67) | 21 12 (s52) | f 4 23 (288) |
| 17 | 15 07 (76) | 22 06 (s46) | f 4 47 (279) |
| 18 | 16 34 (86) | 22 59 (s40) | f 5 09 (269) |
| 20 | p18 01 (96) | p23 54 (s34) | 5 32 (259) |
| 21 | p19 29 (106) | 0 49 (s28) | 5 56 (250) |
| 22 | p20 56 (115) | 1 46 (s23) | 6 25 (242) |
| 23 | p22 20 (123) | 2 44 (s19) | 7 01 (235) |
| 24 | p23 37 (128) | 3 43 (s16) | 7 45 (231) |
| 25 | 0 43 (130) | 4 41 (s16) | 8 38 (230) |
| 26 | 1 36 (129) | 5 37 (s16) | 9 40 (232) |
| 27 | 2 17 (126) | 6 29 (s18) | 10 47 (236) |
| 28 | 2 49 (121) | 7 19 (s21) | 11 56 (241) |
| 29 | 3 15 (115) | 8 05 (s25) | 13 04 (248) |
| 30 | 3 35 (108) | 8 48 (s29) | 14 12 (255) |
| 31 | 3 53 (100) | 9 30 (s34) | 15 18 (263) |

Kwiecień

| | | | |
|----|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 4 10 (93) | 10 11 (s39) | 16 24 (271) |
| 2 | 4 26 (85) | 10 51 (s43) | 17 29 (279) |
| 3 | 4 43 (78) | 11 33 (s48) | 18 35 (286) |
| 4 | 5 02 (71) | 12 15 (s53) | 19 42 (293) |
| 5 | 5 24 (64) | 13 00 (s56) | 20 49 (300) |
| 6 | 5 50 (58) | 13 46 (s59) | 21 55 (305) |
| 7 | 6 22 (54) | 14 36 (s62) | 22 57 (308) |
| 8 | 7 03 (51) | 15 27 (s63) | 23 54 (309) |
| 9 | 7 54 (51) | 16 20 (s62) | f 0 42 (308) |
| 10 | 8 55 (53) | 17 14 (s61) | f 1 22 (304) |
| 11 | 10 05 (58) | 18 07 (s58) | f 1 55 (299) |
| 12 | 11 21 (64) | 19 00 (s54) | f 2 23 (291) |
| 13 | 12 41 (72) | 19 52 (s49) | f 2 47 (283) |
| 14 | 14 03 (81) | 20 44 (s43) | f 3 09 (274) |
| 15 | 15 28 (91) | 21 37 (s37) | f 3 31 (264) |
| 16 | 16 53 (101) | 22 31 (s31) | f 3 54 (255) |
| 17 | 18 21 (111) | 23 27 (s25) | f 4 21 (246) |
| 19 | p19 47 (119) | 0 25 (s21) | 4 54 (239) |
| 20 | p21 10 (125) | 1 25 (s18) | 5 35 (233) |
| 21 | p22 24 (129) | 2 26 (s16) | 6 26 (231) |
| 22 | p23 25 (129) | 3 25 (s16) | 7 26 (231) |
| 23 | 0 12 (127) | 4 20 (s17) | 8 33 (234) |
| 24 | 0 49 (122) | 5 13 (s20) | 9 44 (240) |
| 25 | 1 17 (117) | 6 01 (s24) | 10 54 (246) |
| 26 | 1 40 (110) | 6 46 (s28) | 12 02 (253) |
| 27 | 1 59 (103) | 7 28 (s32) | 13 09 (261) |
| 28 | 2 16 (95) | 8 09 (s37) | 14 15 (269) |
| 29 | 2 33 (88) | 8 50 (s42) | 15 20 (276) |
| 30 | 2 50 (80) | 9 31 (s47) | 16 26 (284) |

Maj

1 3 08 (73) 10 13 (s51) 17 32 (291)
 2 3 29 (66) 10 57 (s55) 18 39 (298)
 3 3 53 (60) 11 44 (s58) 19 46 (303)
 4 4 24 (55) 12 33 (s61) 20 50 (307)
 5 5 03 (52) 13 24 (s62) 21 49 (309)
 6 5 51 (51) 14 17 (s63) 22 40 (308)
 7 6 50 (53) 15 10 (s61) 23 22 (305)
 8 7 57 (56) 16 03 (s59) 23 57 (300)
 9 9 10 (62) 16 55 (s55) f 0 25 (294)
 10 10 27 (69) 17 46 (s51) f 0 50 (286)
 11 11 45 (78) 18 36 (s45) f 1 12 (277)
 12 13 06 (87) 19 27 (s40) f 1 33 (268)
 13 14 27 (97) 20 18 (s34) f 1 55 (259)
 14 15 51 (106) 21 11 (s28) f 2 19 (250)
 15 17 16 (115) 22 07 (s23) f 2 48 (242)
 16 18 40 (122) 23 06 (s19) f 3 25 (236)
 18 p19 59 (127) 0 07 (s17) 4 11 (232)
 19 p21 07 (129) 1 07 (s16) 5 08 (231)
 20 p22 02 (128) 2 06 (s17) 6 13 (233)
 21 p22 44 (124) 3 01 (s19) 7 25 (237)
 22 p23 17 (119) 3 53 (s22) 8 37 (243)
 23 p23 42 (112) 4 40 (s26) 9 47 (250)
 24 0 03 (105) 5 24 (s31) 10 56 (258)
 25 0 21 (98) 6 06 (s35) 12 03 (266)
 26 0 38 (90) 6 47 (s40) 13 09 (274)
 27 0 55 (83) 7 28 (s45) 14 14 (281)
 28 1 13 (75) 8 10 (s50) 15 20 (289)
 29 1 32 (69) 8 53 (s54) 16 27 (295)
 30 1 56 (62) 9 39 (s57) 17 34 (301)
 31 2 24 (57) 10 27 (s60) 18 40 (306)

Czerwiec

1 3 00 (53) 11 18 (s62) 19 41 (308)
 2 3 46 (51) 12 11 (s63) 20 36 (309)
 3 4 42 (52) 13 05 (s62) 21 22 (306)
 4 5 48 (55) 13 59 (s60) 21 59 (302)
 5 7 00 (60) 14 52 (s56) 22 30 (296)
 6 8 16 (67) 15 44 (s52) 22 55 (288)
 7 9 34 (75) 16 34 (s47) 23 17 (280)
 8 10 53 (84) 17 23 (s41) 23 38 (271)
 9 12 12 (94) 18 13 (s36) 23 59 (262)
 10 13 33 (103) 19 04 (s30) f 0 22 (253)
 11 14 55 (112) 19 57 (s25) f 0 48 (245)
 12 16 17 (119) 20 53 (s21) f 1 20 (238)
 13 17 36 (125) 21 51 (s18) f 2 00 (233)
 14 18 48 (129) 22 51 (s16) f 2 51 (231)
 16 p19 49 (129) p23 50 (s16) 3 53 (232)
 17 p20 37 (126) 0 47 (s18) 5 02 (235)
 18 p21 14 (122) 1 41 (s21) 6 15 (240)
 19 p21 43 (115) 2 31 (s24) 7 28 (247)
 20 p22 06 (108) 3 17 (s29) 8 39 (255)
 21 p22 26 (101) 4 01 (s33) 9 48 (263)
 22 p22 43 (93) 4 43 (s38) 10 54 (270)
 23 p23 00 (86) 5 24 (s43) 12 00 (278)
 24 p23 17 (78) 6 05 (s48) 13 06 (286)
 25 p23 36 (71) 6 48 (s52) 14 12 (293)
 26 p23 58 (65) 7 32 (s56) 15 19 (299)
 27 0 24 (59) 8 19 (s59) 16 26 (304)
 28 0 57 (55) 9 09 (s61) 17 29 (308)
 29 1 39 (52) 10 02 (s62) 18 27 (309)
 30 2 31 (51) 10 56 (s62) 19 17 (308)

Lipiec

1 3 34 (53) 11 51 (s61) 19 58 (304)
 2 4 45 (58) 12 46 (s58) 20 32 (298)
 3 6 02 (65) 13 39 (s54) 20 59 (291)
 4 7 21 (73) 14 30 (s49) 21 23 (283)
 5 8 41 (81) 15 21 (s43) 21 45 (274)
 6 10 01 (91) 16 10 (s37) 22 06 (265)
 7 11 21 (100) 17 01 (s32) 22 27 (256)
 8 12 42 (109) 17 52 (s26) 22 52 (248)
 9 14 02 (117) 18 46 (s22) 23 21 (240)
 10 15 21 (123) 19 42 (s18) 23 57 (235)
 11 16 34 (128) 20 40 (s16) f 0 43 (232)
 12 17 38 (129) 21 38 (s16) f 1 39 (231)
 13 18 31 (128) 22 36 (s17) f 2 44 (233)
 14 19 12 (124) 23 30 (s19) f 3 56 (238)
 16 p19 44 (118) 0 22 (s23) 5 08 (244)
 17 p20 09 (112) 1 10 (s27) 6 20 (251)
 18 p20 30 (104) 1 55 (s31) 7 30 (259)
 19 p20 49 (97) 2 38 (s36) 8 39 (267)
 20 p21 06 (89) 3 19 (s41) 9 45 (275)
 21 p21 23 (81) 4 01 (s46) 10 51 (283)
 22 p21 41 (74) 4 42 (s50) 11 57 (290)
 23 p22 02 (67) 5 26 (s54) 13 03 (296)
 24 p22 25 (61) 6 11 (s58) 14 09 (302)
 25 p22 55 (56) 6 59 (s60) 15 14 (306)
 26 p23 32 (53) 7 50 (s62) 16 14 (308)
 27 0 19 (51) 8 44 (s62) 17 08 (308)
 28 1 17 (52) 9 39 (s62) 17 53 (306)
 29 2 25 (56) 10 34 (s59) 18 30 (301)
 30 3 41 (62) 11 28 (s56) 19 01 (294)
 31 5 01 (69) 12 22 (s51) 19 27 (286)

Sierpień

1 6 22 (78) 13 14 (s45) 19 50 (277)
 2 7 44 (87) 14 05 (s40) 20 11 (268)
 3 9 07 (97) 14 57 (s34) 20 33 (259)
 4 10 29 (106) 15 49 (s28) 20 57 (250)
 5 11 50 (115) 16 43 (s23) 21 25 (243)
 6 13 10 (121) 17 38 (s20) 21 59 (237)
 7 14 25 (126) 18 35 (s17) 22 41 (233)
 8 15 31 (129) 19 32 (s16) 23 33 (231)
 9 16 26 (128) 20 29 (s16) f 0 34 (232)
 10 17 10 (125) 21 24 (s18) f 1 42 (236)
 11 17 45 (121) 22 15 (s21) f 2 53 (242)
 12 18 12 (114) 23 04 (s25) f 4 05 (248)
 14 p18 35 (107) p23 50 (s29) 5 15 (256)
 15 p18 54 (100) 0 33 (s34) 6 24 (264)
 16 p19 12 (92) 1 15 (s39) 7 31 (272)
 17 p19 30 (85) 1 57 (s44) 8 37 (279)
 18 p19 47 (77) 2 39 (s49) 9 43 (287)
 19 p20 07 (70) 3 21 (s53) 10 49 (294)
 20 p20 29 (64) 4 06 (s56) 11 54 (300)
 21 p20 56 (59) 4 52 (s59) 12 59 (304)
 22 p21 29 (55) 5 41 (s61) 14 00 (307)
 23 p22 11 (52) 6 32 (s62) 14 55 (308)
 24 p23 02 (52) 7 25 (s62) 15 44 (307)
 25 0 04 (54) 8 19 (s60) 16 24 (303)
 26 1 16 (59) 9 14 (s57) 16 58 (297)
 27 2 33 (65) 10 08 (s53) 17 26 (290)
 28 3 55 (74) 11 01 (s48) 17 51 (281)
 29 5 18 (83) 11 54 (s42) 18 14 (272)
 30 6 42 (93) 12 47 (s36) 18 37 (263)
 31 8 07 (102) 13 41 (s30) 19 01 (254)

Wrzesień

1 9 32 (111) 14 36 (s25) 19 28 (246)
 2 10 55 (119) 15 32 (s21) 20 01 (239)
 3 12 13 (125) 16 30 (s18) 20 41 (234)
 4 13 23 (128) 17 28 (s16) 21 31 (232)
 5 14 22 (128) 18 25 (s16) 22 29 (232)
 6 15 09 (126) 19 20 (s18) 23 35 (235)
 7 15 46 (122) 20 12 (s20) f 0 44 (240)
 8 16 16 (116) 21 01 (s24) f 1 55 (246)
 9 16 40 (110) 21 47 (s28) f 3 04 (253)
 10 17 00 (102) 22 31 (s33) f 4 13 (261)
 11 17 19 (95) 23 13 (s37) f 5 20 (269)
 13 p17 36 (87) p23 55 (s42) 6 26 (277)
 14 p17 54 (80) 0 36 (s47) 7 32 (284)
 15 p18 13 (73) 1 19 (s51) 8 37 (291)
 16 p18 34 (66) 2 02 (s55) 9 43 (297)
 17 p19 00 (61) 2 48 (s58) 10 47 (302)
 18 p19 30 (56) 3 35 (s60) 11 48 (306)
 19 p20 08 (53) 4 24 (s62) 12 45 (308)
 20 p20 54 (52) 5 16 (s62) 13 35 (307)
 21 p21 51 (53) 6 08 (s61) 14 18 (305)
 22 p22 56 (57) 7 01 (s59) 14 54 (300)
 23 0 08 (62) 7 53 (s55) 15 24 (294)
 24 1 26 (69) 8 46 (s51) 15 50 (286)
 25 2 47 (78) 9 38 (s45) 16 14 (277)
 26 4 11 (88) 10 31 (s39) 16 37 (268)
 27 5 36 (97) 11 25 (s33) 17 01 (258)
 28 7 02 (107) 12 21 (s28) 17 28 (250)
 29 8 29 (115) 13 19 (s23) 17 59 (242)
 30 9 52 (122) 14 18 (s19) 18 38 (236)

Październik

1 11 08 (127) 15 18 (s17) 19 25 (233)
 2 12 13 (128) 16 18 (s16) 20 22 (232)
 3 13 06 (127) 17 15 (s17) 21 27 (234)
 4 13 47 (123) 18 08 (s20) 22 36 (239)
 5 14 18 (118) 18 58 (s23) 23 47 (245)
 6 14 44 (111) 19 45 (s27) f 0 56 (251)
 7 15 06 (104) 20 30 (s31) f 2 04 (259)
 8 15 25 (97) 21 12 (s36) f 3 11 (266)
 9 15 43 (90) 21 54 (s41) f 4 17 (274)
 10 16 01 (82) 22 35 (s45) f 5 22 (282)
 11 16 19 (75) 23 17 (s50) f 6 28 (289)
 13 p16 40 (69) 0 00 (s54) 7 33 (295)
 14 p17 04 (63) 0 45 (s57) 8 38 (300)
 15 p17 33 (58) 1 32 (s60) 9 40 (305)
 16 p18 08 (54) 2 20 (s61) 10 38 (307)
 17 p18 52 (53) 3 11 (s62) 11 30 (307)
 18 p19 44 (53) 4 02 (s61) 12 14 (306)
 19 p20 45 (56) 4 53 (s59) 12 51 (302)
 20 p21 52 (60) 5 44 (s57) 13 23 (296)
 21 p23 05 (67) 6 35 (s53) 13 49 (289)
 22 0 22 (74) 7 25 (s48) 14 13 (281)
 23 1 41 (83) 8 16 (s42) 14 36 (272)
 24 3 03 (92) 9 08 (s36) 14 59 (263)
 25 4 27 (102) 10 02 (s31) 15 24 (254)
 26 5 54 (111) 10 59 (s25) 15 54 (246)
 27 7 20 (119) 11 59 (s21) 16 29 (239)
 28 8 42 (124) 13 00 (s18) 17 14 (234)
 29 9 55 (127) 14 02 (s17) 18 08 (232)
 30 10 55 (127) 15 03 (s17) 19 12 (233)
 31 11 42 (124) 16 00 (s19) 20 23 (237)

Listopad

1 12 19 (120) 16 53 (s22) 21 35 (243)
 2 12 47 (113) 17 42 (s26) 22 46 (249)
 3 13 10 (107) 18 27 (s30) 23 55 (257)
 4 13 30 (99) 19 11 (s34) f 1 02 (264)
 5 13 49 (92) 19 53 (s39) f 2 08 (272)
 6 14 06 (85) 20 34 (s44) f 3 14 (279)
 7 14 25 (77) 21 15 (s48) f 4 19 (286)
 8 14 45 (71) 21 58 (s52) f 5 24 (293)
 9 15 08 (65) 22 43 (s56) f 6 29 (299)
 10 15 36 (59) 23 29 (s59) f 7 32 (303)
 12 p16 09 (55) 0 17 (s61) 8 32 (306)
 13 p16 50 (53) 1 07 (s62) 9 26 (307)
 14 p17 40 (53) 1 58 (s61) 10 13 (306)
 15 p18 38 (55) 2 49 (s60) 10 52 (303)
 16 p19 43 (59) 3 40 (s57) 11 24 (298)
 17 p20 53 (64) 4 30 (s54) 11 52 (291)
 18 p22 07 (72) 5 19 (s50) 12 16 (284)
 19 p23 22 (80) 6 08 (s44) 12 38 (276)
 20 0 40 (88) 6 57 (s39) 13 00 (267)
 21 2 00 (98) 7 48 (s33) 13 23 (258)
 22 3 22 (107) 8 42 (s28) 13 49 (250)
 23 4 47 (115) 9 39 (s23) 14 21 (242)
 24 6 10 (122) 10 39 (s19) 15 00 (236)
 25 7 29 (126) 11 41 (s17) 15 50 (233)
 26 8 37 (128) 12 43 (s17) 16 50 (233)
 27 9 32 (126) 13 44 (s18) 18 00 (235)
 28 10 14 (122) 14 40 (s20) 19 14 (240)
 29 10 47 (116) 15 33 (s24) 20 28 (247)
 30 11 13 (109) 16 21 (s28) 21 40 (254)

Grudzień

1 11 34 (102) 17 06 (s33) 22 50 (261)
 2 11 54 (95) 17 49 (s38) 23 57 (269)
 3 12 12 (87) 18 31 (s42) f 1 03 (277)
 4 12 30 (80) 19 13 (s47) f 2 08 (284)
 5 12 50 (73) 19 55 (s51) f 3 13 (291)
 6 13 12 (67) 20 39 (s55) f 4 18 (297)
 7 13 37 (61) 21 24 (s58) f 5 22 (302)
 8 14 09 (57) 22 12 (s60) f 6 24 (305)
 9 14 47 (54) 23 02 (s62) f 7 21 (307)
 11 p15 35 (53) p23 54 (s62) 8 11 (307)
 12 p16 31 (54) 0 45 (s61) 8 53 (304)
 13 p17 35 (57) 1 37 (s58) 9 27 (300)
 14 p18 44 (63) 2 27 (s55) 9 57 (294)
 15 p19 57 (69) 3 17 (s51) 10 22 (286)
 16 p21 12 (77) 4 05 (s46) 10 44 (278)
 17 p22 27 (86) 4 53 (s41) 11 05 (270)
 18 p23 44 (94) 5 42 (s35) 11 27 (262)
 19 1 03 (103) 6 33 (s30) 11 51 (253)
 20 2 23 (111) 7 26 (s25) 12 19 (245)
 21 3 44 (119) 8 22 (s21) 12 53 (239)
 22 5 03 (124) 9 22 (s18) 13 36 (234)
 23 6 15 (127) 10 23 (s17) 14 30 (232)
 24 7 17 (127) 11 24 (s17) 15 35 (233)
 25 8 05 (124) 12 23 (s19) 16 47 (237)
 26 8 43 (119) 13 19 (s22) 18 03 (243)
 27 9 13 (113) 14 10 (s26) 19 18 (250)
 28 9 37 (106) 14 58 (s31) 20 30 (258)
 29 9 58 (98) 15 43 (s35) 21 40 (266)
 30 10 17 (90) 16 26 (s40) 22 48 (274)
 31 10 35 (83) 17 08 (s45) 23 54 (281)

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

| | h m s | | h m s | | h m s |
|---------|--------------|------|---------------|--------|---------------|
| Styczeń | | Luty | | Marzec | |
| 1 | 7 57 40.8097 | 1 | 9 59 54.1074 | 1 | 11 50 17.6365 |
| 2 | 8 01 37.3734 | 2 | 10 03 50.6659 | 2 | 11 54 14.1905 |
| 3 | 8 05 33.9382 | 3 | 10 07 47.2218 | 3 | 11 58 10.7418 |
| 4 | 8 09 30.5025 | 4 | 10 11 43.7749 | 4 | 12 02 07.2909 |
| 5 | 8 13 27.0651 | 5 | 10 15 40.3258 | 5 | 12 06 03.8383 |
| 6 | 8 17 23.6253 | 6 | 10 19 36.8753 | 6 | 12 10 00.3849 |
| 7 | 8 21 20.1827 | 7 | 10 23 33.4241 | 7 | 12 13 56.9316 |
| 8 | 8 25 16.7375 | 8 | 10 27 29.9732 | 8 | 12 17 53.4793 |
| 9 | 8 29 13.2904 | 9 | 10 31 26.5235 | 9 | 12 21 50.0288 |
| 10 | 8 33 09.8420 | 10 | 10 35 23.0757 | 10 | 12 25 46.5805 |
| 11 | 8 37 06.3933 | 11 | 10 39 19.6303 | 11 | 12 29 43.1347 |
| 12 | 8 41 02.9453 | 12 | 10 43 16.1875 | 12 | 12 33 39.6912 |
| 13 | 8 44 59.4988 | 13 | 10 47 12.7470 | 13 | 12 37 36.2495 |
| 14 | 8 48 56.0545 | 14 | 10 51 09.3082 | 14 | 12 41 32.8087 |
| 15 | 8 52 52.6129 | 15 | 10 55 05.8698 | 15 | 12 45 29.3673 |
| 16 | 8 56 49.1740 | 16 | 10 59 02.4301 | 16 | 12 49 25.9241 |
| 17 | 9 00 45.7375 | 17 | 11 02 58.9877 | 17 | 12 53 22.4778 |
| 18 | 9 04 42.3021 | 18 | 11 06 55.5414 | 18 | 12 57 19.0278 |
| 19 | 9 08 38.8664 | 19 | 11 10 52.0914 | 19 | 13 01 15.5749 |
| 20 | 9 12 35.4285 | 20 | 11 14 48.6390 | 20 | 13 05 12.1208 |
| 21 | 9 16 31.9870 | 21 | 11 18 45.1864 | 21 | 13 09 08.6677 |
| 22 | 9 20 28.5416 | 22 | 11 22 41.7357 | 22 | 13 13 05.2176 |
| 23 | 9 24 25.0931 | 23 | 11 26 38.2881 | 23 | 13 17 01.7713 |
| 24 | 9 28 21.6431 | 24 | 11 30 34.8438 | 24 | 13 20 58.3283 |
| 25 | 9 32 18.1937 | 25 | 11 34 31.4021 | 25 | 13 24 54.8873 |
| 26 | 9 36 14.7464 | 26 | 11 38 27.9618 | 26 | 13 28 51.4467 |
| 27 | 9 40 11.3023 | 27 | 11 42 24.5215 | 27 | 13 32 48.0052 |
| 28 | 9 44 07.8611 | 28 | 11 46 21.0801 | 28 | 13 36 44.5617 |
| 29 | 9 48 04.4223 | | | 29 | 13 40 41.1158 |
| 30 | 9 52 00.9846 | | | 30 | 13 44 37.6672 |
| 31 | 9 55 57.5467 | | | 31 | 13 48 34.2163 |

Kwiecień

1 13 52 30.7638
2 13 56 27.3103
3 14 00 23.8568
4 14 04 20.4041
5 14 08 16.9532
6 14 12 13.5044
7 14 16 10.0582
8 14 20 06.6143
9 14 24 03.1723
10 14 27 59.7314
11 14 31 56.2903
12 14 35 52.8479
13 14 39 49.4030
14 14 43 45.9549
15 14 47 42.5039
16 14 51 39.0510
17 14 55 35.5983
18 14 59 32.1478
19 15 03 28.7010
20 15 07 25.2581
21 15 11 21.8182
22 15 15 18.3796
23 15 19 14.9404
24 15 23 11.4995
25 15 27 08.0561
26 15 31 04.6101
27 15 35 01.1615
28 15 38 57.7111
29 15 42 54.2595
30 15 46 50.8078

Maj

1 15 50 47.3568
2 15 54 43.9074
3 15 58 40.4601
4 16 02 37.0153
5 16 06 33.5730
6 16 10 30.1328
7 16 14 26.6937
8 16 18 23.2548
9 16 22 19.8147
10 16 26 16.3725
11 16 30 12.9273
12 16 34 09.4792
13 16 38 06.0291
14 16 42 02.5784
15 16 45 59.1291
16 16 49 55.6829
17 16 53 52.2406
18 16 57 48.8019
19 17 01 45.3654
20 17 05 41.9293
21 17 09 38.4918
22 17 13 35.0520
23 17 17 31.6093
24 17 21 28.1639
25 17 25 24.7163
26 17 29 21.2673
27 17 33 17.8177
28 17 37 14.3687
29 17 41 10.9209
30 17 45 07.4751
31 17 49 04.0318

Czerwiec

1 17 53 00.5911
2 17 56 57.1526
3 18 00 53.7156
4 18 04 50.2789
5 18 08 46.8412
6 18 12 43.4015
7 18 16 39.9588
8 18 20 36.5131
9 18 24 33.0651
10 18 28 29.6161
11 18 32 26.1679
12 18 36 22.7221
13 18 40 19.2798
14 18 44 15.8411
15 18 48 12.4051
16 18 52 08.9702
17 18 56 05.5348
18 19 00 02.0973
19 19 03 58.6571
20 19 07 55.2138
21 19 11 51.7680
22 19 15 48.3204
23 19 19 44.8719
24 19 23 41.4234
25 19 27 37.9759
26 19 31 34.5302
27 19 35 31.0867
28 19 39 27.6457
29 19 43 24.2071
30 19 47 20.7702

Lipiec

1 19 51 17.3342
2 19 55 13.8975
3 19 59 10.4588
4 20 03 07.0173
5 20 07 03.5724
6 20 11 00.1248
7 20 14 56.6758
8 20 18 53.2271
9 20 22 49.7803
10 20 26 46.3365
11 20 30 42.8962
12 20 34 39.4587
13 20 38 36.0227
14 20 42 32.5867
15 20 46 29.1492
16 20 50 25.7092
17 20 54 22.2661
18 20 58 18.8203
19 21 02 15.3722
20 21 06 11.9229
21 21 10 08.4732
22 21 14 05.0241
23 21 18 01.5764
24 21 21 58.1307
25 21 25 54.6874
26 21 29 51.2465
27 21 33 47.8075
28 21 37 44.3697
29 21 41 40.9319
30 21 45 37.4927
31 21 49 34.0507

Sierpień

1 21 53 30.6054
2 21 57 27.1568
3 22 01 23.7062
4 22 05 20.2553
5 22 09 16.8061
6 22 13 13.3596
7 22 17 09.9164
8 22 21 06.4761
9 22 25 03.0376
10 22 28 59.5993
11 22 32 56.1599
12 22 36 52.7183
13 22 40 49.2739
14 22 44 45.8266
15 22 48 42.3769
16 22 52 38.9257
17 22 56 35.4737
18 23 00 32.0221
19 23 04 28.5716
20 23 08 25.1228
21 23 12 21.6763
22 23 16 18.2320
23 23 20 14.7899
24 23 24 11.3491
25 23 28 07.9089
26 23 32 04.4679
27 23 36 01.0249
28 23 39 57.5787
29 23 43 54.1291
30 23 47 50.6769
31 23 51 47.2236

Wrzesień

1 23 55 43.7715
2 23 59 40.3221
3 0 03 36.8761
4 0 07 33.4333
5 0 11 29.9925
6 0 15 26.5522
7 0 19 23.1111
8 0 23 19.6679
9 0 27 16.2222
10 0 31 12.7736
11 0 35 09.3227
12 0 39 05.8700
13 0 43 02.4164
14 0 46 58.9629
15 0 50 55.5103
16 0 54 52.0594
17 0 58 48.6106
18 1 02 45.1641
19 1 06 41.7196
20 1 10 38.2768
21 1 14 34.8347
22 1 18 31.3925
23 1 22 27.9489
24 1 26 24.5027
25 1 30 21.0535
26 1 34 17.6014
27 1 38 14.1475
28 1 42 10.6938
29 1 46 07.2424
30 1 50 03.7948

Październik

1 1 54 00.3508
2 1 57 56.9096
3 2 01 53.4694
4 2 05 50.0286
5 2 09 46.5859
6 2 13 43.1407
7 2 17 39.6927
8 2 21 36.2423
9 2 25 32.7901
10 2 29 29.3368
11 2 33 25.8835
12 2 37 22.4311
13 2 41 18.9802
14 2 45 15.5313
15 2 49 12.0848
16 2 53 08.6404
17 2 57 05.1978
18 3 01 01.7561
19 3 04 58.3146
20 3 08 54.8721
21 3 12 51.4276
22 3 16 47.9805
23 3 20 44.5306
24 3 24 41.0786
25 3 28 37.6260
26 3 32 34.1749
27 3 36 30.7270
28 3 40 27.2833
29 3 44 23.8433
30 3 48 20.4052
31 3 52 16.9673

Listopad

1 3 56 13.5277
2 4 00 10.0855
3 4 04 06.6404
4 4 08 03.1927
5 4 11 59.7430
6 4 15 56.2921
7 4 19 52.8410
8 4 23 49.3906
9 4 27 45.9416
10 4 31 42.4946
11 4 35 39.0500
12 4 39 35.6076
13 4 43 32.1671
14 4 47 28.7278
15 4 51 25.2887
16 4 55 21.8488
17 4 59 18.4072
18 5 03 14.9633
19 5 07 11.5166
20 5 11 08.0678
21 5 15 04.6180
22 5 19 01.1687
23 5 22 57.7219
24 5 26 54.2788
25 5 30 50.8398
26 5 34 47.4039
27 5 38 43.9691
28 5 42 40.5334
29 5 46 37.0954
30 5 50 33.6542

Grudzień

1 5 54 30.2100
2 5 58 26.7634
3 6 02 23.3153
4 6 06 19.8667
5 6 10 16.4184
6 6 14 12.9714
7 6 18 09.5262
8 6 22 06.0832
9 6 26 02.6425
10 6 29 59.2039
11 6 33 55.7667
12 6 37 52.3298
13 6 41 48.8924
14 6 45 45.4533
15 6 49 42.0117
16 6 53 38.5675
17 6 57 35.1209
18 7 01 31.6729
19 7 05 28.2249
20 7 09 24.7786
21 7 13 21.3353
22 7 17 17.8958
23 7 21 14.4597
24 7 25 11.0255
25 7 29 07.5915
26 7 33 04.1558
27 7 37 00.7171
28 7 40 57.2751
29 7 44 53.8302
30 7 48 50.3832
31 7 52 46.9352

Część druga

(dydaktyczno - informacyjna)



W roku 2010 zmarł mgr Jan Wiczorek - przez dziesięciolecia aktywny częstochowski miłośnik astronomii, kontynuator tradycji ks. Bonawentury Metlera. Ostatnio, członek zarządu Metlerowców. Odszedł dnia 2 września, tak samo jak Bonawentura Metler 71 lat wcześniej.

Częstochowska aktywność astronomiczna 2010

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie



Grzegorz Madej otrzymał dyplom magistra fizyki w AJD pisząc pracę: „Człowiek i Kosmos - pogładowa prezentacja planetaryjna”.



Mateusz Malenta z Częstochowy podjął studia astronomii na uniwersytecie w Manchesterze.

Spotkania u Metlerowców

Tradycyjnie w środy o godzinie 19. odbywały się w Planetarium spotkania członków i sympatyków Częstochojskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. W ciągu roku zrealizowano 35 spotkań, przy średniej frekwencji 27 osób. Odczyty środowe przedstawiali przeważnie częstochojscy miłośnicy - najczęściej: Waldemar Zwierzchlejski, Bogdan Wszolek i Tomasz Barański. Występowali też studenci AJD, a nawet częstochojscy licealiści. Na zaproszenie Bogdana Wszolka przybyło z wykładami też wielu znakomych gości spoza Częstochowy:

Dr Adam Michalec (Kraków, 14.04.) - Nasze Słońce

Dr Grzegorz Michałek (Kraków, 24.04.) - Żyjąc z gwiazdą na karku

Prof. dr hab. Edwin Wnuk (Poznań, 12.05.) - Kosmiczne śmieci

Prof. dr hab. Ivan Andronov (Odessa, 12.05.) - Astronomia amatorska w Odessie i na Ukrainie

Dr Jacek Szabelski (Łódź, 26.05.) - Badania LHC w CERNie, a kosmologia
Mgr Mieczysław Borkowski (Łódź, 20.10.) - Królowa Nieba
Prof. dr hab. Krzysztof Maślanka (Kraków, 10.11.) - Problem Einsteina: czy
Księżyc jest tylko wtedy, gdy ktoś na niego patrzy?
Mgr Elżbieta Kuligowska (Kraków, 17.11.) - Historia radioastronomii
Jakub Malohlava (Ostrawa, 8.12.) - Protonated Water Clusters

Waldemar Zwierzchlejski uświetnił spotkania serią bieżących wiadomości kosmicznych „Astroexpress”. Wraz z Arturem Leśniczkiem upowszechnili te wiadomości na stronie Częstochowskiego Oddziału (www.ptma.ajd.czyst.pl).

Powiększenie zbiorów bibliotecznych

Biblioteczka Metlerowców wzbogaciła się w roku 2010 o duże ilości czasopism popularno-naukowych oraz książek astronomicznych. Zostały one подарowane przez Panią Magdalenę Janiczek oraz przez Pana Grzegorza Czepiczka. Pani Janiczek przekazała prywatne zbiory zgromadzone przez Jej męża, ś.p. Romana Karola Janiczka. Po zakończeniu prac katalogowych, książki i czasopisma będą wypożyczane zainteresowanym miłośnikom astronomii.

Z astronomią do publiczności

Instytucjonalnie, ciężar odpowiedzialności za popularyzację wiedzy astronomicznej w Częstochowie spada obecnie na Planetarium Instytutu Fizyki AJD. Jego kierownik - magister astronomii - Tomasz Kisiel, stara się ubogacać ofertę pokazów, i w miarę możliwości włącza się w imprezy organizowane przez Miasto, takie jak np. Noc Kulturalna.

W 2010 roku odbyło się wiele akcji popularyzacji astronomii, w wykonaniu Metlerowców, tak w Częstochowie jak i poza nią. Sam tylko Bogdan Wszolek wygłosił ponad 30 proszonych wykładów popularnych z astronomii, poczynając od grup szkolnych, a na Uniwersytetach III wieku kończąc. Wyjątkowo aktywnie w dzieło popularyzacji astronomii włączył się Kazimierz Błaszczak. Doprowadził do zorganizowania międzyszkolnego koła astronomicznego w Wieruszowie i czyni starania dla utworzenia tam planetarium i obserwatorium astronomicznego. Wielką aktywnością popularyzatorską w Częstochowie wykazał się również Waldemar Zwierzchlejski, który sprowadził z USA kamień księżycowy i współorganizował jego wystawę w Ratuszu Miejskim.

Strona internetowa PTMA

Po zmianie w organizacji ruchu miłośniczego w Częstochowie, z dawnej SACTN na Częstochowski Oddział PTMA, Artur Leśniczek opracował nową stronę: www.ptma.ajd.czyst.pl i ciągle ją doskonalili.

Częstochowscy studenci z wizytą w słynnych obserwatoriach

Dnia 02.02.2010 dwoje studentów, Sylwia Kusiak i Piotr Kraj, działających w Sekcji Astronomicznej Koła Naukowego Studentów Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego AJD, zwiedziło Obserwatorium Astronomiczne w Teide (Hiszpania) położone na wysokości 2400 m n.p.m. Obserwatorium jest częścią Instytutu Astrofizycznego de Canarias. Zostało ono utworzone w 1964 roku i dzięki bardzo dobrym warunkom do obserwacji astronomicznych, pozyskało wiele teleskopów z całego świata i stało się jednym z pierwszych międzynarodowych obserwatoriów astronomicznych. Dzięki uprzejmości miejscowych astronomów udało im się zobaczyć kilka wielkich teleskopów optycznych i wysłuchać wykładów dotyczących działalności obserwatorium.



Sylwia Kusiak i Piotr Kraj przy jednym z największych teleskopów obserwatorium w Teide.
(Fot. P.Kraj)

Dnia 10 maja 2010 roku ci sami studenci odwiedzili jeden z największych astronomicznych ośrodków na świecie, Paryskie Obserwatorium Astronomiczne. Obserwatorium jest siedzibą Międzynarodowego Biura Czasu (International Time Bureau) i utrzymanego w dobrym stanie słonecznego obserwatorium przy Meudon i radioastronomicznego obserwatorium przy Nancay. Znowu, dzięki serdecznemu przyjęciu przez miejscowych astronomów,

studentom udało się wysłuchać wielu szczegółów dotyczących obserwatorium oraz zobaczyć wiele stanowisk pracy naukowej zwyczajowo niedostępnych dla zwiedzających.

Młodzieżowe Seminarium Astronomiczno - Astronautyczne

Dnia 8 marca 2010 roku rozegrano w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie finał etapu wojewódzkiego (śląskie) XXXVI Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno - Astronautycznego (OMSA). Do tego finału zakwalifikowało się 12 osób, spośród 44 startujących. Organizacją konkursu zajęli się głównie Magdalena Wszolek (Kuratorium Oświaty) i Bogdan Wszolek (Instytut Fizyki AJD). Pomagali im: Grażyna Cierniewska-Muskała, Beata Onak, Maria Wasik-Tyrała i Urszula Jeruszka. Referaty wygłosiło 12 uczniów, spośród których wytypowano 2 osoby do czynnego udziału w Seminarium Ogólnopolskim w Grudziądzu: Mateusza Malentę (VII LO w Częstochowie, temat referatu: Planety pozasłoneczne. Układ należący do gwiazdy Gliese 581) i Radosława Siwca (Zespół Szkół Mechaniczno - Elektrycznych w Żywcu, temat referatu: Solaris) oraz 2 osoby do udziału biernego: Weronikę Skupień (Zespół Szkół Ekonomicznych im. Oskara Langego w Wodzisławie Śląskim) i Mariusza Setlaka (Zespół Szkół Spożywczych im. Dr B. Hagera w Zabrze). W finale ogólnopolskim, rozegranym w Grudziądzu w dniach 25-27 marca 2010 roku Radosław Siwiec i Mateusz Malenta zajęli wysokie miejsca, odpowiednio - szóste i ósme.



Organizatorzy i uczestnicy finału wojewódzkiego XXXVI OMSA. (Fot. B. Wszolek)

Walne Zebranie AN

Dnia 17 kwietnia 2010 w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie odbyło się pierwsze (po założycielskim) walne zebranie stowarzyszenia Astronomia Nowa. Ustalono roczną składkę członkowską na poziomie 12 złotych. Przyjęto plan działania na kolejny rok i przedyskutowano, przedstawione przez prezesa AN - Bogdana Wszółka, propozycje logo stowarzyszenia. Zgodnie z przyjętymi ustaleniami jego ostateczną formę graficzną (jak na ilustracji obok) opracowali Magdalena Żurawska i Kamil Wszółek. Zgodnie z pomysłem Bogdana Wszółka, logo nawiązuje do dzieła Keplera „*Astronomia nova*” z 1609 roku oraz do zawartych w nim praw ruchu planet (pierwsze i drugie prawo Keplera). Wykorzystano rycinę nr 56 zawartą w dziele „*Astronomia nova*” Keplera.

Niebawem po walnym zebraniu Artur Leśniczek założył i opracował stronę internetową stowarzyszenia:



www.astronomianova.org



Uczestnicy walnego zebrania AN: Od lewej (siedzą) Teresa Rudnicka, Marek Nowak, Julita Ozga, Bogdan Wszółek, Sylwia Kusiak, Marek Jamrozy, Stanisław Ryś, (stoją) Agnieszka Kuźmicz, Ryszard Rejment, Patrycja Żurawska, Grzegorz Maruszczyk, Agnieszka Debudej, Karina Bączek, Anna Jura, Kamil Wszółek, Magdalena Żurawska, Kazimierz Błaszczak, Marian Soida, Artur Kuźmicz, Marek Weźgowiec i Włodzimierz Godłowski. (Fot. B.Wszółek)

II Bieg Astronomiczny

Dnia 9 maja 2010 roku rozegrano II Bieg Astronomiczny z Jasnej Góry na Ostrą Górę w Pabianicach. Dystans 27 km przebiegli Ryszard Staniewski (czas: 2:52) i Bogdan Wszolek (czas: 3:02).



Meta II Biegu Astronomicznego na Ostrej Górze. Od lewej: Ryszard Staniewski, Magdalena Wszolek, Bogdan Wszolek i Grzegorz Maruszczyk. (Fot. B. Wszolek)

Wystawa astronomiczna w Muzeum Częstochowskim

Od kwietnia do lipca 2010 w pawilonie Muzeum Częstochowskiego w Parku im. St. Staszica gościła wystawa astronomiczna, opracowana przez Uniwersytet Jagielloński z okazji Międzynarodowego Roku Astronomii, zatytułowana: „Od lunety Galileusza do teleskopów kosmicznych”. Oprócz licznych plansz poglądowych wystawiono wiele dawnych instrumentów astronomicznych oraz modele teleskopów kosmicznych. Na prośbę Muzeum, Częstochowski Oddział PTMA wypożyczył swoją odrestaurowaną lunetę Metlera, dla uświetnienia wystawy lokalnym akcentem. Częstochowscy miłośnicy astronomii, Marek Nowak i Tomasz Kisiel, prowadzili też sporadycznie odpłatne prelekcje dla młodzieży szkolnej odwiedzającej wystawę.



Luneta Metlera wypożyczona do Muzeum Częstochowskiego na czas trwania wystawy „Od lunety Galileusza do teleskopów kosmicznych” (wiosna 2010). (Fot. B. Wszolek)

Konferencja naukowa „Astrophisica Nova”

W dniach 12-13 maja 2010 odbyła się w Planetarium IF AJD II Częstochowska Konferencja Młodych „Astrophisica Nova” zorganizowana przez Instytut Fizyki AJD oraz Obserwatorium Astronomiczne UJ. Konferencja miała charakter międzynarodowy, uczestniczyło w niej ponad 60 osób. Wygłoszono sześć wykładów proszonych i szesnastie zwykłych. Przyczynki konferencyjne zamieszczono w czwartej części niniejszego kalendarza. Konferencji towarzyszyło wyświetlanie pokazów planetaryjnych, zwiedzanie starej biblioteki jasnogórskiej, zwiedzanie wystawy w Muzeum Częstochowskim „Od lunety Galileusza do teleskopów kosmicznych”, zwiedzanie Częstochowskiego Centrum Multimedialnego urządzonego w odnowionym dawnym obserwatorium astronomicznym. Po zakończeniu konferencji odbyło się zebranie Zarządu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, na które przybyli astronomowie z wielu krajowych ośrodków. Niektórzy mieli okazję po raz pierwszy w życiu zakosztować atrakcji oferowanych przez planetarium cyfrowe i byli nimi zauroczeni.



Uczestnicy konferencji podczas zwiedzania starej Biblioteki Jasnogórskiej. (Fot. B. Wszolek)

Konferencję wspomagały organizacyjnie i finansowo Polskie Towarzystwo Astronomiczne, stowarzyszenie Astronomia Nova oraz Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Galeria astrożartów

W sali dydaktycznej nr 4003, przy Planetarium Instytutu Fizyki AJD, staraniem Bogdana Wszółka i przy pomocy artystycznej Doroty Kaczmarczyk (PTMA Częstochowa), urządono stałą wystawę astrożartów autorstwa Jacka Drażkowskiego z Torunia.

Forum Młodych Nauki

Dnia 27 maja na Wydziale MP AJD odbyło się VI Interdyscyplinarne Seminarium Studenckie „Forum Młodych Nauki”.



Uczestnicy seminarium przy plakatach. Od lewej: Marek Morawski, Agnieszka Debudej, Bogdan Wszółek, Sylwia Kusiak, Marcin Hauser i Katarzyna Marciniak. (Fot. B. Wszółek)

Podczas sesji „Fizyka i Astronomia” przedstawiono następujące prace:

Agnieszka Debudej i Bogdan Wszółek - Obraz spektroskopowy środowiska międzygwiazdowego w kierunku ω Ori

Sylwia Kusiak i Bogdan Wszółek - Obraz spektroskopowy środowiska międzygwiazdowego w kierunku ϵ Ori

Agnieszka Kuźmicz i Bogdan Wszółek - Międzygwiazdowe pasma rozmyte - ile ich jest?

Katarzyna Marciniak i Bogdan Wszółek - Orion w podczerwieni

Marek Morawski i Bogdan Wszółek - Przegląd optycznych linii atomowych i molekularnych pochodzenia międzygwiazdowego

Grzegorz Madej - Możliwości i perspektywy współczesnego planetarium cyfrowego.

Konkurs Urania

Dnia 8 czerwca w Planetarium IF AJD odbył się finał VII Okręgowego Konkursu Astronomicznego "URANIA" dla młodzieży z gimnazjów i ze szkół ponadgimnazjalnych. Konkurs zorganizował Częstochowski Oddział PTMA oraz Instytut Fizyki AJD. Etap wstępny, decydujący o kwalifikacji do finału, polegał na poprawnym rozwiązaniu przynajmniej dwóch spośród pięciu zadań ogłoszonych pod koniec zeszłego roku. W rozgrywkach finałowych uczniowie mieli odpowiedzieć na 30 pytań (test wyboru). W finale wzięło udział 45 osób. W grupie licealistów pierwsze miejsce zajął Dominik Krzemiński (ZS CKN w Częstochowie), a w grupie gimnazjalistów Jakub Gania (Gimn. nr 2 w Lublińcu). Nagrody ufundowały Urząd Miasta Częstochowy (1000 złotych) i Polskie Towarzystwo Astronomiczne (zeszyty Uranii - PA na łączną wartość 700 złotych). Dla uczestników konkursu w Planetarium Instytutu Fizyki AJD wyświetlono pokaz „Lodowe Krainy”. Bliższe szczegóły dotyczące konkursu podano na stronie www.ptma.ajd.czyst.pl.



Finał VII konkursu astronomicznego URANIA. Uczestnicy, opiekunowie i organizatorzy na tarasie widokowym w Instytucie Fizyki AJD. (Fot. M.Malenta)

Walne zebranie Częstochowskiego Oddziału PTMA

Dnia 16 czerwca w Planetarium Instytutu Fizyki AJD odbyło się walne zebranie Metlerowców. Wybrano delegatów na Ogólnopolski Zjazd PTMA w osobach: Bogdan Wszolek i Waldemar Zwierzchlejski. Wybrano też osoby rezerwowe na ten zjazd - Agnieszkę Debudej i Artura Leśniczka.

Noc Świętojańska

Wieczorem 23 czerwca Metlerowcy spotkali się przy zamku w Mirowie by przy ognisku i na wesoło przywitać lato. Po pięknym zachodzie Słońca na niebie pojawiły się gwiazdy, efektownie ubogacając biesiadny klimat spotkania.

Naukowo we Francji

W dniach 24-31 lipca dr Bogdan Wszolek odbył podróż naukową do Francji. Jako kierownik międzynarodowej grupy badającej międzygwiazdowe pasma rozmyte spotkał się z francuskimi i włoskimi uczonymi dla rozpoznania ich warsztatu badawczego oraz dla omówienia kluczowych zagadnień dotyczących niedawno rozpoczętej współpracy. Szczegółowy opis wydarzenia zawiera relacja Bogdana Wszolka „Gwiezdnym szlakiem z Częstochowy do Lourdes i na Pic du Midi” zamieszczona w tym kalendarzu.



Pic du Midi (2897 m n.p.m.), 26 lipca 2010. Bogdan Wszolek przy kopule 2-metrowego teleskopu Bernarda Lyota. W dole pod chmurami znajduje się Lourdes. (Fot. B. Wszolek)

Wakacyjna wyprawa naukowo-turystyczna na Ukrainę

W dniach 14-31 sierpnia dr Bogdan Wszolek zorganizował dla astronomów, studentów i miłośników astronomii, głównie z Częstochowy i Krakowa, wyjazd naukowo-turystyczny na Ukrainę. Program astronomiczny obejmował: w Karpatach Wschodnich wejście na Pop Iwan (Czarnohora) do ruin przedwojennego polskiego obserwatorium astronomicznego, w Odessie udział w konferencji naukowej o gwiazdach zmiennych, na Krymie zwiedzanie wszystkich współczesnych obserwatoriów astronomicznych oraz zrujnowanych i współczesnych stacji naziemnej obsługi lotów kosmicznych. Program turystyczny zawierał liczne wędrowki górskie, kąpiele morskie i zwiedzanie miast i miasteczek (Lwów, Odessa, Sewastopol, Jałta, Simeiz, Ałupka, Kijów).

Szczegółowy opis wyprawy zawiera relacja Bogdana Wszółka „Astronomicznie na Ukrainie” zamieszczona w tym kalendarzu.



Najwytrwalsi przy runach obserwatorium na Popie Iwanie. Mają za sobą 36-godzinną podróż, z czego 16 godzin piechotą z całym podróżnym bagażem. Przed nimi 6 godzin wędrówki, zanim zaspokoją głód i pragnienie, zanim się wreszcie umyją i pójną spać. (Fot. B. Wszolek)

Zjazd PTMA w Puławach

W dniach 1-3 października odbył się w Pałacu Czartoryskich w Puławach XL Walny Ogólnopolski Zjazd Delegatów Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Częstochowę reprezentowali na zjeździe: Agnieszka Debudej i Bogdan Wszolek. Dokonano wyboru władz Towarzystwa i podjęto plany działania na następną kadencję. Po części sprawozdawczo wyborczej uczestnicy Zjazdu wysłuchali wykładu Bogdana Wszółka „Międzygwiazdowe pasma rozmyte”.



Agnieszka Debudej przed pałacem Czartoryskich w Puławach. (Fot. B. Wszolek)

Goście z Francji

Dnia 13 września odbyło się w Planetarium Instytutu Fizyki AJD spotkanie Częstochowskich miłośników astronomii z zarządem Błękitnej Gwiazdy z Lourdes. Grupę francuską reprezentowali: Marie-Therese Chaubon (przewodnicząca Błękitnej Gwiazdy), Hubert Landes (wice przewodniczący), Yvette Landes i Pierre Chaubon. Z ramienia Urzędu Miasta Częstochowy grupą opiekowała się Pani Ewa Lupa. Na spotkaniu Bogdan Wszolek zaprezentował dotychczasowe rezultaty rozpoczętej w roku 2008 współpracy astronomicznej pomiędzy Lourdes i Częstochową. Po prezentacji odbyła się żywa dyskusja dotycząca współpracy na poziomie astronomii amatorskiej, gdyż współpraca w zakresie naukowym rozwija się już wspaniale dzięki zaangażowaniu Michela Auriere i Bogdana Wszolka. Z entuzjazmem przyjęto zaproszenie społeczności Lourdes do uczestnictwa w organizowanym przez Astronomię Nową i PTMA konkursie „Ars Astronomica”. Ustalono, że latem 2011 z Lourdes przyjadą do Częstochowy przedstawiciele tamtejszego Klubu Astronomicznego celem ustalenia głównych kierunków współpracy miłośniczej pomiędzy bratnimi miastami.

Jurajski Park Nauki

Stowarzyszenie Astronomia Nova podjęło w roku 2010 decyzję o przystąpieniu do realizacji planu utworzenia nowoczesnego parku nauki na Jurze Krakowsko Częstochowskiej. Więcej szczegółów zawiera notka Bogdana Wszolka „Wizja utworzenia Jurajskiego Parku Nauki” zamieszczona w tym kalendarzu.

Kamień z Księżyca w Częstochowie

W 1972 roku Gene Cernan i Jack Schmitt, astronauci misji Apollo-17, zebrali i sprowadzili na Ziemię 110 kg materii księżycowej. Częścią tej materii był kamień bazaltowy o masie 8110 gramów. NASA oznaczyła go numerem 70215. Pochodzi on z doliny Littrowa w górach Taurus, które ciągną się wzdłuż obrzeża Morza Jasności (Mare Serenitatis). Dla celów badawczych kamień został pocięty na wiele części. Kawalek z numerem 70215.41, o masie 120 g, został zatopiony w przezroczystym plastiku i służy celom wystawienniczym.

Staraniem Waldemara Zwierzchlejskiego, wice prezesa Częstochowskiego Oddziału PTMA, kamień ten został sprowadzony z USA do Częstochowy. Połączonymi siłami Częstochowskiego Oddziału PTMA, Władz Miasta, Muzeum Częstochowskiego oraz firmy ZETO, zorganizowano wystawę kamienia w Ratuszu Miejskim. Otworzył ją 15 października dr Bogdan Wszolek, wygłaszając uroczystą mowę „do kamienia”:



Kamień księżycowy z bliska (z lewej). Bogdan Wszolek i Waldemar Zwierzchlejski przy kamieniu księżycowym (z prawej) (Fot. B. Wszolek, A. Strzelecki)

*„Witaj nam dostojny gościu w Częstochowie!
Przybyłeś z drugiego świata - zupełnie innego niż nasz ziemski. Przyzwyczałeś się tam do wiecznie czarnego nieba, z tkwiącymi w nim świetlistymi punktami - gwiazdami. Ubrałeś się dla nas w czarny kostium zdobiony srebrzystymi cekinami, nawiązujący kolorystycznie do twojego nieba. Twój świat przenika idealna i nieustanna od miliardów lat cisza! W tej ciszy przyglądałeś się Ziemi - królowej waszego nieba. A obserwowałeś ją nieustannie przez ostatnie 4 miliardy lat, leżąc spokojnie u wybrzeży Mare Serenitatis, Morza Jasności. Znasz dzieje Ziemi doskonale. Przecież ani na sekundę nie spuszczałeś z niej oka. Pamiętasz ją w stanie niespokojnego formowania, potem widziałeś ją ostygającą i przybierającą ustalony kształt. Pamiętasz Ziemię, kiedy była jeszcze mineralna, nieożywiona. Potem mogłeś zauważyć pierwsze zaczątki życia roślinnego i zwierzęcego. Z typowym dla ciebie spokojem obserwowałeś rozmaite przeobrażenia Ziemi. W końcu mogłeś dostrzec na niej człowieka. Kiedy ten zaczął budować rakiety mogłeś doznać ekscytacji. Pojawiła się dla ciebie szansa oderwania się od twojego świata. I doczekałeś się chwili, kiedy podeszła biała istota, podniosła Cię, otrzepała z kurzu, i widać się jej spodobałeś, bo zabrała Cię z sobą. Drżałeś przelękniony „oj co to będzie!”. Okazałeś się być twardzielem, więc przetrwałeś nie lekką podróż na Ziemię. Potem poddano Cię dziwnym zabiegom. Poczuleś na sobie przenikliwe spojrzenia tych ziemskich istot. Poznałeś, co to jest hałas. Z niewiadomych ci powodów stałeś się 6 razy cięższy niż wcześniej. Zauważyłeś, że tu na Ziemi czas płynie jakby 30 razy szybciej niż w twoim świecie. Wszystko to stało się dla ciebie tak szybko i niespodzianie. W końcu zatopiono cię w przezroczystej masie i od czasu do czasu pochylają się nad tobą ziemskie istoty i wtedy na chwilę przestają rozmawiać i tak ci się jakoś dziwnie, tymi swoimi podwójnymi detektorami, przyglądają”.*



Przy kamieniu z Księżyca w Ratuszu Miejskim w Częstochowie stoją od lewej: Grzegorz Czepiczek, Dorota Czepiczek, Bogdan Wszolek i Waldemar Zwierzchlejski.
(Fot. A. Strzelecki)

W dalszej części uroczystości zebrani oglądali z zachwytem kawałek Księżyca oraz plansze tematyczne. Następnie wysłuchali wykładu Waldemara Zwierzchlejskiego, o tym jak doszło do tego, że eksponowany kawałek Księżyca znalazł się na Ziemi, a potem w Częstochowie. Na koniec obejrżeli film przybliżający szczegóły misji Apollo 17.



Informacja o wystawie kamienia księżycowego na balkonie Ratusza. (Fot. B. Wszolek)

Kamień oraz wystawę towarzyszącą (w tym filmy) można było oglądać w godzinach otwarcia Muzeum Częstochowskiego do 10 listopada. Odpłatność: 4 zł. normalna, 3 zł. ulgowa. Zwiedzającym wydawano poświadczenia, że widzieli kamień księżycowy oraz umożliwiono wejście na seans w Planetarium Instytutu Fizyki AJD z zastosowaniem ekstra zniżki. Raz w tygodniu przy kamieniu odbywały się wykłady dla publiczności o tematyce astronomicznej i astronautycznej. Wygłaszali je na przemian Waldemar Zwierzchlejski oraz Bogdan Wszółek. Mimo wszystko, kamień księżycowy obejrzało w Częstochowie zaledwie około 1000 osób, w tym około 300 spoza Częstochowy.

Starania o kamień księżycowy (jego szacunkowa wartość to 40 milionów USD) trwały dwa lata i do samego końca nie było pewności, że kamień trafi do Częstochowy. Zabiegi Waldemara Zwierzchlejskiego i wielu pomagających mu osób z Polski i z USA oraz splot szeregu sprzyjających okoliczności, często graniczących z cudem, ostatecznie sprawiły, że wystawę uskuteczniło. Szkoda tylko, że cały trud pozyskania i sprowadzenia kamienia księżycowego nie znalazł w Częstochowie należnego społecznego zainteresowania i uznania.



Kamień księżycowy przy zegarze Metlera w rękach Agnieszki Debudej i Bogdana Wszółka w dniu zakończenia wystawy. (Fot.M.Nowak)

Kosmonauta w Częstochowie

Na zaproszenie Bogdana Wszółka w dniu 28 października 2010 Częstochowę odwiedził jedyny polski kosmonauta, Mirosław Hermaszewski.



Gen. Mirosław Hermaszewski podczas wykładu w AJD. Po prawej autograf polskiego kosmonauty z datą 28.10.2010 dla Muzeum. (Fot. B. Wszółek)

Program wizyty obejmował:

(11-13:30) Publiczny wykład kosmonauty „Zdobycie Księżyca” w Ratuszu Miejskim, w miejscu gdzie wystawiono kamień księżycowy.

(13:30-17) Uroczysty obiad w towarzystwie władz AJD oraz organizatorów częstochowskiej wystawy kamienia księżycowego. Krótki relaks.

(17-19) Wykład kosmonauty w auli AJD na temat „Stres w locie kosmicznym”

(19:30-22) Kolacyjne spotkanie z miłośnikami astronomii w lokalu „Chata”.



Kosmonauta otrzymuje potwierdzenie, że widział kamień księżycowy. (fot. A. Strzelecki)

Koszty pobytu Pana Generała w Częstochowie pokryły wspólnie: Muzeum Częstochowskie i AJD. W ramach wizyty kosmonauta obdarował autografami setki osób i pozował do wielu zdjęć.



Gen. Mirosław Hermaszewski z opiekunem i członkami Sekcji Astronomicznej Koła Naukowego Studentów WMP AJD. Od lewej: Bogdan Wszolek, Sylwia Kusiak, Mirosław Hermaszewski, Agnieszka Debudej, Paulina Błach i Piotr Kraj. (Fot.M.Nowak)

Piknik naukowy



W dniu 18 listopada 2010 roku w Planetarium Instytutu Fizyki AJD odbył się I Piknik Naukowy „pod gwiazdami”. W obecności JM Rektora AJD oraz Dyrektora Instytutu Fizyki pracownicy naukowcy i przedstawiciele różnych sekcji Koła Naukowego Studentów Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego AJD prezentowali swoje dokonania naukowe i organizacyjne w zakresie fizyki

i astronomii. Na forum pikniku dr Bogdan Wszolek przedstawił astronomiczną aktywność w AJD. Wspomnił o badaniach spektroskopowych środowiska międzygwiazdowego, prowadzonych przez siebie we współpracy z Francją, o funkcjonowaniu planetarium, o działających w Instytucie Fizyki stowarzyszeniach (Częstochowski Oddział PTMA oraz Astronomia Nova) oraz o Sekcji Astronomicznej Koła Naukowego Studentów. Członkinie Sekcji Astronomicznej, Agnieszka Debudej i Sylwia Kusiak, zaprezentowały odbyte ostatnio imprezy naukowe z ich udziałem. Obecni na pikniku studenci I roku fizyki mieli okazję zapisać się do Sekcji Astronomicznej. Imprezie towarzyszyło wyświetlanie seansów planetaryjnych, poczęstunek oraz wspólny śpiew przy akompaniamencie instrumentalnym. Organizacji pikniku przewodniczył dr Bogdan Wszolek. Koszty poczęstunku zostały pokryte przez JM Rektora AJD. Wiele prac pomocniczych wykonały studentki: Agnieszka Debudej, Sylwia Kusiak, Aleksandra Nabiałek, Anna Majtyka, Katarzyna Filipecka i Magdalena Pułanik.

Astronomia-nauka i wiara

Materiały z konferencji naukowej „Astronomia - nauka i wiara”, jaka odbyła się w listopadzie 2009 roku, zostały przygotowane do druku w postaci książki o tym samym tytule.

Książka zawiera w sumie 22 artykuły ujęte w cztery kategorie:

życie i działalność Księdza Bonawentury Metlera, między nauką i wiarą, wybrane zagadnienia astronomii współczesnej oraz nauczanie astronomii.

Koszty wydawnicze pokryła AJD.

Książka ukaże się na początku roku 2011.



Księżyc w Częstochowie

Waldemar Zwierzchlejski

PTMA Częstochowa

Poczynając od 15 października ubiegłego roku, przez cztery tygodnie Muzeum Częstochowskie eksponowało gościa - dosłownie - nie z tej Ziemi. Był to fragment dużej, ponad ośmiokilogramowej skały, która przed blisko czterdziestoma laty pojawiła się w laboratorium NASA, a do tego czasu, od chwili swego powstania przed prawie czterema miliardami lat - spoczywała na powierzchni Księżyca. Ta studwudziestogramowa, smoliście czarna z białymi, błyszczącymi cętkami bryłka, zasłużyła przykuwała uwagę setek osób, które, korzystając z niezwykle rzadkiej sposobności, pragnęły ją ujrzeć na własne oczy, a jednocześnie zechciały poszerzyć swą wiedzę o Księżycu. A okazja rzeczywiście była wyjątkowa, gdyż takich dużych księżycowych kamieni, które można oglądać, jest na świecie zaledwie kilka, a poza tym zazwyczaj rezydują one w USA, gdyż NASA niezbyt chętnie wypożycza je poza granicę kraju, a co dopiero na inny kontynent. Tym razem jednak uległa namowom dwójki zapaleńców, którzy przez blisko dwa lata toczyli boje nie tylko z NASA, ale i z wieloma przeciwnościami losu, by zrealizować swe marzenie. Udało się! Oznaczony symbolem 70215.41 sędziwy (jedynie 0.01% ziemskich skał może się poszczycić podobnym wiekiem) okruch bazaltu ze Srebrnego Globu, przywieziony w grudniu 1972 roku przez astronautów Apollo-17, ostatniej dotychczasowej wyprawy ludzi na Księżyc, dzięki współpracy wielu osób spośród Polonii amerykańskiej i Ministerstwa Spraw Zagranicznych, trafił do gościnnych, a jednocześnie odpowiednio bezpiecznych pomieszczeń muzeum. By zobaczyć cenny eksponat - choć to tylko bazalt ze sporą domieszką tlenu tytanu, to jego teoretyczna wartość sięga stu milionów złotych - wiele osób przebyło nawet kilkaset kilometrów. Wystawę, zorganizowaną przy wydatnej pomocy członków Oddziału Częstochowskiego Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, zaszczylił swą obecnością jedyny polski kosmonauta, gen. pil. Mirosław Hermaszewski, który stwierdził, że dotychczas nie miał okazji widzieć tak dużego kamienia księżycowej proveniencji. Wystawę uzupełniały fotografie przedstawiające historię programu Apollo, w tym podpisane przez selenonautów, którzy przywieźli rzeczony kamień. Ekspozycja uzupełniona była czterema odczytami, wygłoszonymi przez częstochowskiego astronoma, doktora Bogdana Wszółka, generała Hermaszewskiego oraz autora, który był jednym z dwóch organizatorów całej akcji. Niestety, o ile wystawa w Częstochowie zakończyła się sukcesem (0.3% mieszkańców Częstochowy oglądało kamień), nie można tego powiedzieć o Szczecinku, w którym drugi współorganizator nie zdołał, mimo wcześniejszych zapewnień, przekonać tamtejszych władz do uskutecznienia wystawy. Również Muzeum Historyczne miasta Gdańska nie stanęło na wysokości zadania i w przededniu 400-lecia urodzin swego wielkiego obywatela, Jana Heweliusza, twórcy selenografii,

zrezygnowało z wystawienia kamienia. Szkoda, bo taka okazja szybko się nie powtórzy.



Przy kamieniu księżycowym w Ratuszu Miejskim, od lewej: Bogdan Wszolek, Jacek Kruk i Waldemar Zwierzchlejski. (Fot. B. Wszolek)

* * *

Lista osób, które przyczyniły się do zorganizowania ekspozycji kamienia księżycowego w Częstochowie:

Główni organizatorzy:

Jarosław Brancewicz, Waldemar Zwierzchlejski, Władysław Fijałkowski.

Nadto:

Louis Parker i Rosalind Hobgood z NASA,
Marek Konarzewski i Małgorzata Szum z Ambasady RP w Waszyngtonie,
Regina Jurkowska z Ministerstwa Spraw Zagranicznych,
Idalia Błaszczuk (Radio Chicago), Piotr Połubiec (Polonia Amerykańska)
Tadeusz Wrona (Prezydent Miasta Częstochowa)
Janusz Jadczyk, Ewelina Mędrała i Monika Świerczewska
z Muzeum Częstochowskiego

Joanna Telehojna z firmy ZETO Częstochowa (sponsor wystawy)
Ryszard Rejment, Marek Nowak i Bogdan Wszolek z PTMA Częstochowa.

Astronomicznie na Ukrainie

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

W dniach 14-31 sierpnia 2010 odbyła się z Instytutu Fizyki AJD astronomiczna wyprawa naukowa na Ukrainę. Szesnaście osób pod kierunkiem Bogdana Wszółka zwiedzało instytucje astronomiczne Ukrainy i uczestniczyło w konferencji naukowej „Variable Stars - 2010” zorganizowanej przez Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie.



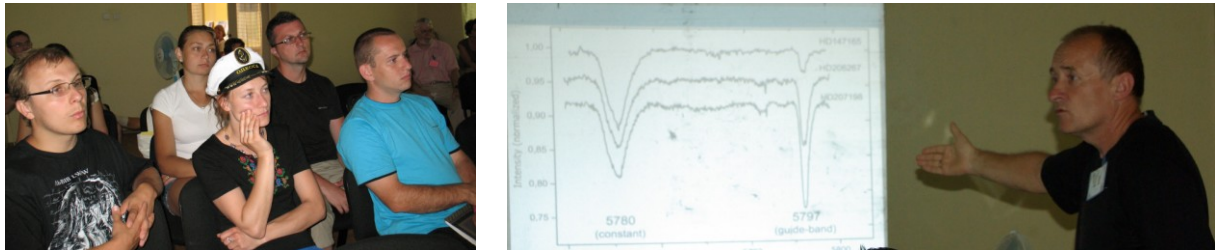
Pop Iwan - 2028 m n.p.m. Widoczne ruiny obserwatorium na szczycie. (Fot. B.Wszolek)

Pierwsze spotkanie z astronomią nastąpiło w dniu 15 sierpnia przy ruinach obserwatorium astronomicznego na szczycie Pop Iwan (2028 m.n.p.m.) w Karpatach Wschodnich. Zbudowane w okresie międzywojennym wielkie polskie obserwatorium astronomiczne na Pop Iwanie zostało zbombardowane przez Niemców podczas II wojny światowej. Po wojnie Polska utraciła tereny południowo wschodnie dawnej Rzeczypospolitej, a wraz z nimi również zrujnowane obserwatorium. Nie doczekało się ono odbudowy aż do dnia dzisiejszego i mało wskazuje na to, żeby miało to kiedykolwiek nastąpić. Aktualnie ruiny są celem ambitnych wypraw górskich oraz inspiracją do refleksji nad dawnym i współczesnym narodowym podejściem do spraw nauki, w tym astronomii.



Wschód Słońca w Odessie. (fot. B.Wszolek)

Z Karpat grupa udała się do Odessy. W uniwersyteckim ośrodku wypoczynkowym „Czarnomorka” odbywała się międzynarodowa konferencja naukowa poświęcona głównie gwiazdom zmiennym. Bogdan Wszolek przewodniczył jednej sesji oraz wygłosił wykład przesyłany o międzygwiazdowych pasmach rozmytych. Inni uczestnicy wyprawy uczestniczyli w konferencji w sposób bierny, słuchając wykładów i zwiedzając obiekty astronomiczne.



Podczas konferencji w Odessie. (Fot. S.Minkiewicz)

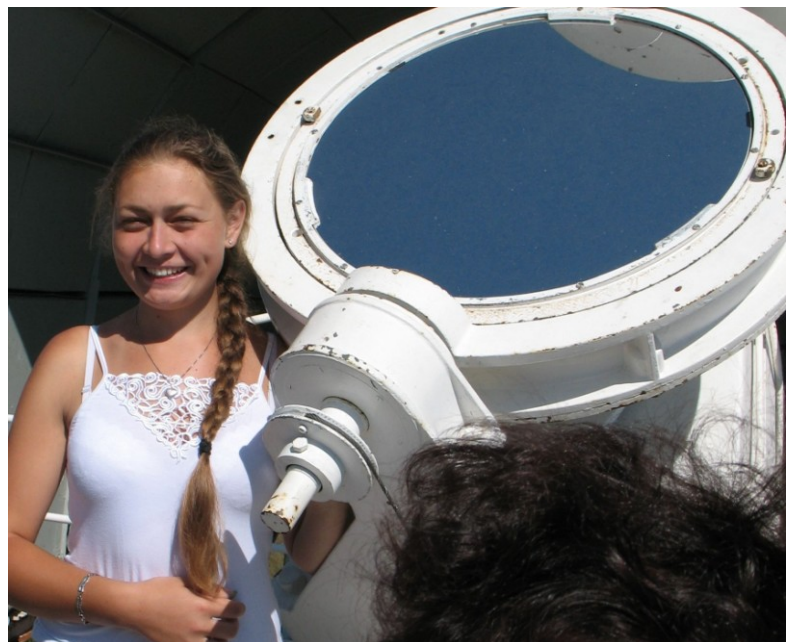


Dyskusje naukowe podczas konferencji w Odessie.
Od lewej: N.N. Samus, V.P. Grinin oraz B. Wszolek. (Fot. A.Kołodziejczyk)

Po zakończeniu konferencji grupa udała się na Krym. Najpierw zamieszkała przez kilka dni w Krymskim Obserwatorium Astrofizycznym w Naucznym, koło Baczysaraja. Zwiedzano tam liczne instrumenty badawcze, wśród których na czoło wysuwają się: teleskop optyczny Szajna (2.6 m średnicy), wieżowy teleskop słoneczny (1.2 m średnica zwierciadła głównego, 30 m wysokość wieży) oraz zespół 16 zwierciadeł o 1.2 m średnicy każde do obserwacji błysków gamma. Zwiedzanie odbywało się zawsze pod przewodnictwem odpowiednich specjalistów i rozłożone było na kilka etapów. Udało się też poobserwować Wenus, Jowisza i Księżyc z użyciem teleskopu.



Spotkanie z „wielką astronomią” w Naucznym. (Fot. B.Wszolek)



Z lewej teleskop Szajna o średnicy obiektywu 2.6 m, z prawej Agnieszka Debudej przy celostacie teleskopu słonecznego. (Fot. B.Wszolek)

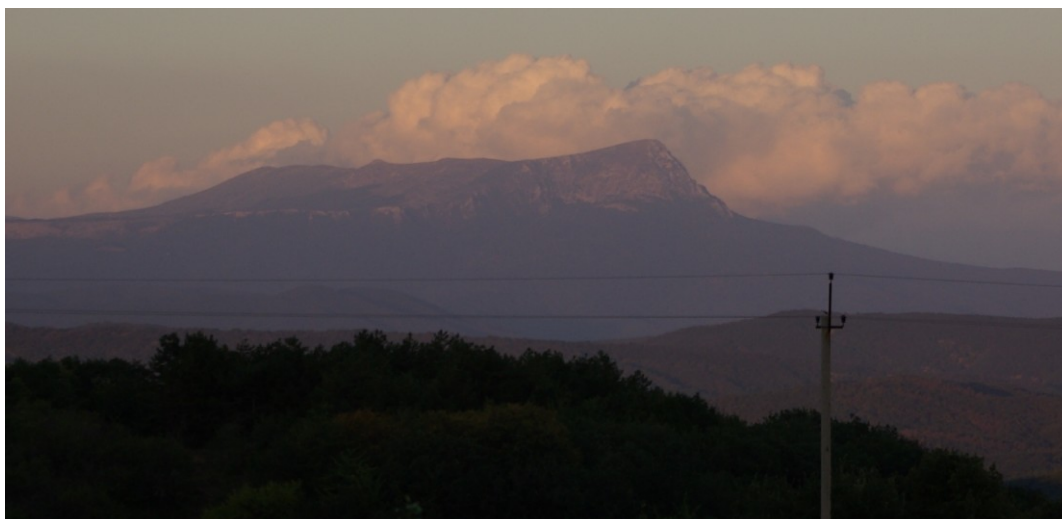
W pobliżu Naucznego w dawnych czasach ludność zamieszkiwała jaskinie drażone w szczytowych partiach gór. Dzisiaj całe miasteczka jaskiniowe, jak np. Czufut Kale, można zwiedzać i podziwiać. Uczestnicy wyprawy robili często wycieczki krajoznawcze, opuszczając na długo gościnne obserwatorium. Szczególnie wyczerpująca była całodzienna wycieczka do Baczysaraja, połączona ze zwiedzaniem pałacu Chana Krymskiego, oraz skalnego miasta Czufut Kale. Kilkanaście godzin marszu po zupełnie bezludnej i maksymalnie wysmażonej słońcem krainie. Żadnych drogowskazów, za to liczne zakazy wstępu do lasu, i w ogóle poruszania się w terenie, wobec ogłoszeniem dla Krymu stanu wyjątkowego zagrożenia pożarowego.



O poranku, w drodze z Naucznego do Baczysaraja i Czufut Kale. (Fot. B. Wszolek)



W spiekocie dnia, już blisko Baczysaraja. Po wielogodzinnej wędrówce po zupełnie dzikim terenie jest nadzieja rychłego dotarcia do „cywilizacji” i zaspokojenia pragnienia picia i jedzenia. Okazało się, że wcześniej należało wyjaśnić policji jakim cudem wycieczka przybywa od strony lasu, skoro policja od tygodnia zabrania wejścia do niego w związku z zagrożeniem pożarowym. Szczęśliwie udało się sprawę załagodzić i po dalszych 30 minutach każdy dzierżył w dłoniach upragniony napój. (Fot. B. Wszolek)



Widok na masyw Czatyrdachu z Naucznego. Nie można było wejść na górę ze względu na ogłoszoną dla Krymu klęskę suszy i całodobową służbę policji i wojska na wszystkich ścieżkach prowadzących do lasu. (Fot. B. Wszolek)

Dalszy ciąg krymskich spotkań z astronomią odbywał się w nadmorskiej części Krymskiego Obserwatorium Astrofizycznego. Mieszkania użyczyło Obserwatorium Optyczne na górze „Koszka”, a plaży pobliskie Obserwatorium Radioastronomiczne w Katziveli koło Simeiz. W części optycznej zwiedzano metrowy teleskop firmy Zeiss wykorzystywany głównie do obserwacji gwiazd zmiennych oraz dalmierz laserowy wykorzystywany do ciągłego monitoringu sztucznych satelitów Ziemi. W części radiowej obserwatorium, specjalista Iwan Striepka przybliżył uczestnikom wyprawy historię radioastronomii radzieckiej, rozwijającej się na potrzeby podboju kosmosu. W sposób bardzo kompetentny i po polsku objaśniał szczegóły techniczne radioteleskopu RT-22. Obok innych zastosowań teleskop ten jest wykorzystywany do badań geofizycznych. Z jego pomocą ustalono chociażby, że Półwysep Krymski przesuwa się o 3.2 cm rocznie w kierunku północno wschodnim.



RT-22. W ciasnym pomieszczeniu pod samą czaszą anteny Iwan Striepka (z lewej) objaśnia zwiedzającym szczegóły budowy detektora radiowego. (Fot. B. Wszolek)

Największym zainteresowaniem cieszyły się jednak opowieści Iwana o początkach podboju kosmosu i o jego osobistym udziale w obsłudze pierwszych lotów. W większości były to informacje do niedawna skrywane jako ściśle tajne. Stało się jasne do czego służyły kiedyś instrumenty rozłożone na Koszce, a których liczne pozostałości dają się jeszcze dziś odnaleźć przez dociekliwego wędrowca. Niektóre z nich służyły np. do obsługi łączności radiowej pomiędzy Gagarinem podczas jego lotu w kosmos i Korolowem, znajdującym się na Koszce podczas trwania tego lotu.

W mniejszej grupie osób, odpornej na upał i wszelkie inne utrudnienia, udało się przeprowadzić całodzienną penetrację okolicznych gór w poszukiwaniu śladów dawnych urządzeń dla obsługi lotów kosmicznych. Przy okazji odkryto sprytnie ukrytą pośród gór współczesną bazę wojskową o instrumentarium bezpośrednio wskazującym na aktywną realizację zadań związanych z kosmosem. Dostęp do bazy jest strzeżony nie tylko przez odpowiednio ukształtowany i skrajnie odludny teren, ale i przez służby wartownicze, o czym szło się z bezpiecznej odległości przekonać po odgłosach licznych wystrzałów karabinowych.



Odważni wędrowcy poszukują bazy wojskowej w górach krymskich. (Fot. B. Wszolek)

Spotkania z astronomią i astronautyką na Ukrainie były bogato uzupełniane przez kąpiele morskie i wędrowki górskie oraz przez zwiedzanie Lwowa, Odessy, Sewastopola, Jałty, Baczysaraja, Ałupki, Simeiz, Simferopola i Kijowa. Ubogaceni w liczne doznania natury intelektualnej i estetycznej uczestnicy wyprawy przy wspaniałych nastrojach powrócili do swoich codziennych obowiązków. Pomimo licznych trudów, jakim musieli stawić czoła, już marzą o powtórzeniu spotkania z Ukrainą podczas najbliższych wakacji.

Gwiezdnym szlakiem z Częstochowy do Lourdes i na Pic du Midi

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Minęło 20 lat od podpisania oficjalnej umowy o wzajemnej współpracy pomiędzy zaprzyjaźnionymi miastami maryjnego pielgrzymowania, Częstochową i Lourdes. Współpracę zainicjowało i wciąż ją umacnia stowarzyszenie Ettoile Blue (Błękitna Gwiazda). W 2008 roku z inicjatywy Błękitnej Gwiazdy i przy zawiązała się współpraca astronomiczna pomiędzy Lourdes i Częstochową, a ściślej pomiędzy działającą w Instytucie Fizyki AJD grupą entuzjastów astronomii i znajdującym się w pobliżu Lourdes obserwatorium astronomicznym na Pic du Midi. Leżące na wysokości 2877 m.n.p.m. obserwatorium astronomiczne należy do Uniwersytetu Paula Sabatiera w Tuluzie i cieszy się zasłużoną światową renomą. Spośród kilku wspaniałych instrumentów astronomicznych obserwatorium na czoło wysuwa się dwumetrowy teleskop Bernarda Lyota (BLT), wyposażony w najlepszy w świecie spektropolarymetr NARVAL. Obok naukowej, obserwatorium na Pic du Midi prowadzi godną podziwu działalność dydaktyczną w zakresie astronomii.



Lourdes, 24 lipca 2010.

Od lewej: Bogdan Wszolek, Marie Therese Chaubon i Michel Auriere. (Fot. B. Wszolek)

Dzięki Błękitnej Gwieździe przed częstochowskimi astronomami oraz miłośnikami astronomii otworzyła się wspaniała szansa skorzystania z potencjału instrumentalnego zgromadzonego na Pic du Midi. Wizyta częstochowskich entuzjastów astronomii na Pic du Midi w roku 2008 oraz rewizyta w AJD astronoma z Pic du Midi w roku 2009 zapoczątkowały już współpracę po linii naukowej z użyciem TBL/NARVAL oraz z wykorzystaniem możliwości laboratorium astrochemicznego w Uniwersytecie Paula Sabatiera w Tuluzie (tzw. PIRENEA Experiment). Równolegle do tej współpracy czyni się przygotowania dla organizacji „szkół astronomicznych” na Pic du Midi dedykowanych polskim (z AJD) i francuskim (z Tarbes i Tuluzy) studentom. Pierwsza taka szkoła ma realne szanse odbyć się w roku 2012. Dla miłośników astronomii z Częstochowy i Lourdes już w tym roku zaistniała szansa aktywnego włączenia się w konkurs astronomiczny Ars Astronomica, ogłoszony przez stowarzyszenie Astronomia Nova i Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Najlepsze prace artystyczne o tematyce astronomicznej będą wystawione zarówno w Częstochowie jak i w Lourdes.



Pic du Midi, 25 lipca 2010. Bogdan Wszolek i Michel Auriere przy 2-m teleskopie Bernarda Lyota. (Fot. B.Wszolek)

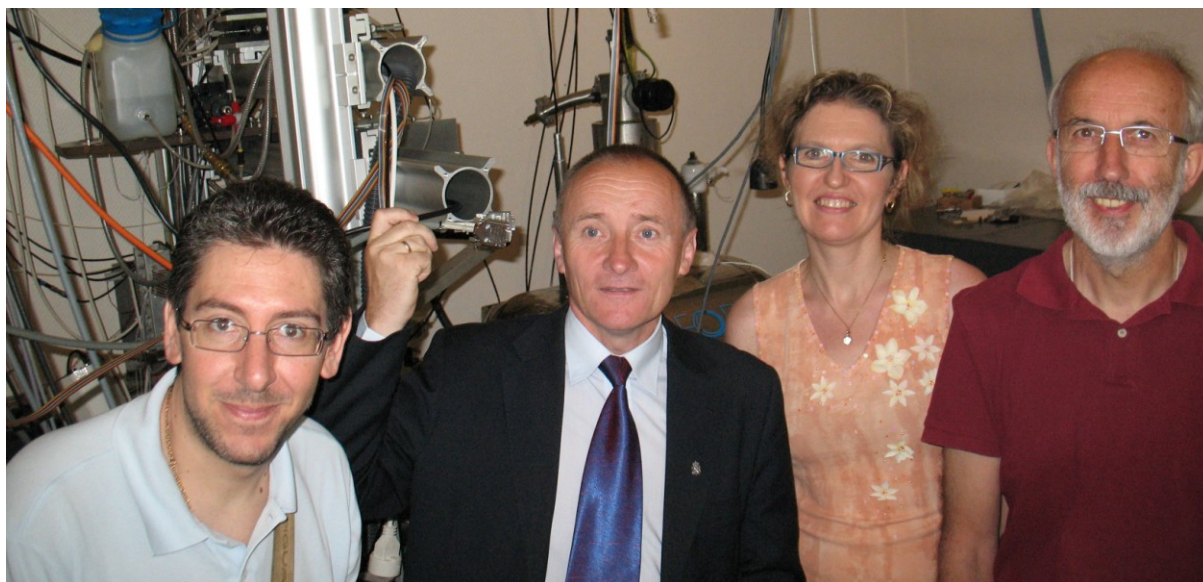
Latem tego roku odbyły się dwie ważne wizyty dla współpracy astronomicznej między Częstochową i Lourdes. W lipcu dr Bogdan Wszolek odwiedził Lourdes, Pic du Midi, Tarbes i Tuluzę. Od roku 2009 kieruje on międzynarodową grupą badawczą w zakresie międzygwiazdowych pasm rozmytych. W ramach wspólnego projektu badawczego wiosną 2010 roku

zostały przeprowadzone pierwszorzędne obserwacje spektropolarymetryczne z użyciem TBL/NARVAL dla kilku gwiazd.

Podczas wizyty zostały omówione pierwsze rezultaty analizy widm i została przyjęta strategia publikowania wyników oraz aplikowania o dalszy czas na TBL. Dyskutowano również możliwości prowadzenia eksperymentów laboratoryjnych i obliczeniowych, wspomagających obserwacje astronomiczne.



Z lewej: Pic du Midi, poranny spacer po obserwacyjnej nocy (26 lipca). Po prawej: w laboratorium „PIRENEA Experiment” w Tuluzie (28 lipca). (Fot. B.Wszolek, C.Joblin)



Tuluza, 28 lipca 2010. W Uniwersytecie Paula Sabatiera - laboratorium astrochemiczne „PIRENEA Experiment”. Od lewej: Giacomo Mulas, Bogdan Wszolek, Cristine Joblin i Michel Auriere. (Fot. B.Wszolek)

Druga wizyta miała związek z jubileuszem 20-lecia podpisania umowy o współpracy między samorządami Lourdes i Częstochowy. Z tej okazji najważniejsi przedstawiciele Błękitnej Gwiazdy przyjechali do Częstochowy, a w dniu 5 września odwiedzili Planetarium Instytutu Fizyki AJD i spotkali się

z częstochowskimi entuzjastami astronomii zrzeszonymi w PTMA. Po krótkiej prezentacji planetaryjnej Bogdan Wszółek przedstawił ważniejsze etapy zawiązywania współpracy astronomicznej, a przewodnicząca Błękitnej Gwiazdy, Pani Marie-Therese Chaubon, wyraziła się bardzo pochlebnie o jej rozwoju. Miłe chwile wymiany grzeczności i upominków poprzedziła rzetelna dyskusja perspektyw rozwoju współpracy astronomicznej wśród amatorów. Zgodnie uznano, że w sferze naukowej dalsza pomoc ze strony Błękitnej Gwiazdy jest już zbędna, bo doskonale się rozwija na gruncie uniwersyteckim. Pani przewodnicząca zadeklarowała pomoc w zakresie organizacji konkursu Ars Astronomica, w szczególności obiecała zorganizowanie sali w Domu Europy w Lourdes na wystawienie najlepszych prac konkursowych.



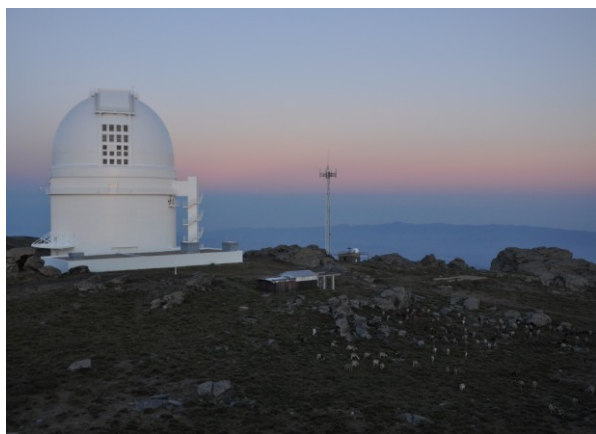
Przewodnicząca Błękitnej Gwiazdy Pani Marie Therese Chaubon wręcza Bogdanowi Wszółkowi gadżet upamiętniający dwudziestolecie współpracy pomiędzy Lourdes i Częstochową. *(Fot. M.Nowak)*

Letnia szkoła obserwacyjna w Hiszpanii

Agnieszka Kuźmicz

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

Z zeszłym roku w czerwcu miałam okazję uczestniczyć w XVIII szkole obserwacyjnej, która odbywała się w hiszpańskim obserwatorium astronomicznym Calar Alto położonym w górach Betyckich w masywie Sierra Nevada. Szkoła była organizowana i w pełni finansowana przez organizację ESO. Tego rodzaju „szkolenie” jest bardzo wartościowym doświadczeniem dla przyszłych astronomów obserwatorów. Podczas dwutygodniowego pobytu, wraz z 15 uczestnikami z różnych krajów, uczyłam się jak przeprowadzać obserwacje spektroskopowe oraz fotometryczne na światowej klasy teleskopach (2.5 i 3.5 m). Również poznawaliśmy w jaki sposób redukować zebrane dane i jak rozwiązywać wiele problemów, z którymi można się spotkać w trakcie redukcji. Zebrane dane wykorzystaliśmy do zrealizowania małych projektów badawczych, których celem było uzyskanie wyników naukowych. Dzięki temu oprócz programów służących do standardowej redukcji danych obserwacyjnych poznaliśmy również te, które wykorzystuje się do analizy danych. Nasza 16 osobowa grupa podzielona była na cztery zespoły, które realizowały inne projekty badawcze przedstawiane i prezentowane pod koniec szkoły w postaci prezentacji.



Widok na cztery teleskopy obserwatorium Calar Alto (z lewej), kopuła 3.5 m teleskopu (z prawej).

Tego rodzaju szkoły są przeznaczone zarówno dla doktorantów jak i studentów studiów magisterskich - głównie astronomii, ale również fizyki. Są one realizowane w różnych obserwatoriach (w różnych państwach - najczęściej będących członkami międzynarodowych organizacji takich jak ESO), które posiadają stosunkowo duże teleskopy. Aplikacja na taką szkołę nie zawsze kończy się powodzeniem, gdyż podczas wyboru uczestników brane jest pod uwagę wiele czynników. Na zeszłoroczną szkołę zgłosiło się 67 osób z czego została wybrana nasza szesnastka. Największą szansę na uczestnictwo w szkole

mają osoby, które w ramach prowadzonych przez siebie badań (do pracy magisterskiej lub doktorskiej) potrzebują aplikować o czas obserwacyjny na dużych teleskopach. Również przyjmuje się, że z jednego obserwatorium może uczestniczyć w szkole tylko jedna osoba ... nie ma jednak ograniczeń jeśli chodzi o ilość uczestników pochodzących z jednego państwa.



Uczestnicy szkoły przy największym teleskopie w obserwatorium (3.5-metrowa średnica zwierciadła).

Polska zazwyczaj otrzymuje dużą liczbę miejsc dla swoich studentów. W zeszłorocznej szkole na 16 osób 3 były z Polski (z Krakowa, Torunia i Opola). Oczywiście nie bez znaczenia jest „atrakcyjność” realizowanych przez kandydata badań. Uczestnictwo w tego rodzaju przedsięwzięciach jest bardzo rozwijające, zwłaszcza dla osób, które nie mają możliwości zrealizowania swoich badań we własnych obserwatoriach. Przy okazji można poznać wiele osób, które zawsze chętnie pomogą w przeróżnych sytuacjach z jakimi ma do czynienia młody astronom. Dlatego bardzo warto aplikować na tego rodzaju „szkolenia”, niezależnie od tego jak trudno się na nie dostać.

Wizja utworzenia Jurajskiego Parku Nauki

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Nauka polska, a także edukacja, przeżywają obecnie trudny okres przeobrażeń. Zerwano z dawnym stylem nauczania i uprawiania nauki, a nie wypracowano jeszcze nowych, odpowiadających polskim realiom, metod działania. Przyjęło się czerpać wzorce głównie z krajów zachodnich. Niewątpliwie godna przeniesienia stamtąd na nasz grunt jest idea tworzenia różnego rodzaju parków (centrów) edukacyjnych. Parki takie można zwiedzać w wielu bogatszych krajach Europy Zachodniej. Dobrym przykładem może być np. miasteczko kosmiczne Cite de l'Espace w Tuluzie.



Antena o średnicy czasy 13 metrów na swoim pierwotnym stanowisku w Centrum Usług Satelitarnych w Psarach (październik 2010). Po ponownym złożeniu może stać się wiodącą atrakcją Jurajskiego Parku Nauki (Fot. B. Wszolek)

Teren Jury Krakowsko-Częstochowskiej idealnie nadaje się do stworzenia parku nauki z prawdziwego zdarzenia. Mogłyby w nim być eksponowane różne zdobycze nauki, a zwłaszcza te, które mocno inspirują do zajmowania się nauką i tworzenia postępu technologicznego i ogólnie kulturowego ludzkości. Zdaje się być oczywiste, że nie mogłoby w takim parku zabraknąć działu poświęconego osobliwościom geologicznym i przyrodniczym Jury. Inny ciąg ekspozycji mógłby dotyczyć historii regionu. Jeszcze inny mógłby prezentować osiągnięcia astronomii i astronautyki, które to dyscypliny wciąż stawiają przed ludźmi najtrudniejsze wyzwania.

Choć wizja utworzenia Jurajskiego Parku Nauki krystalizuje się już od kilku lat, to obecnie istnieje bardzo korzystna i przynaglająca chwila by zacząć ideę wprowadzać w czyn. Z myślą o Parku zakupiono już, z Centrum Usług Satelitarnych w Psarach, radioteleskop o średnicy czaszy 13 metrów. Taka antena, swoimi imponującymi gabarytami i pięknym kształtem ma spełniać rolę swoistego „magnesu” przyciągającego uwagę. Niezależnie może być liczącym się w Polsce radioteleskopem, dającym możliwość odbierania sygnałów radiowych z kosmosu i ich wizualizowania dla zwiedzających. Na etapie instalacji będzie wymagać interwencji twórczej wielu specjalistów, przez co wiedza o instrumencie oraz o samym parku, z natury rzeczy będzie w kraju powszechna.

Stowarzyszenie Astronomia Nova, z którego wyszedł pomysł utworzenia Jurajskiego Parku Nauki, jest w stanie zabezpieczyć merytorycznie przedsięwzięcie. Realizacja planów wymaga jednak istotnego wsparcia władz samorządowych i sponsorów. Na apel Bogdana Wszółka, prezesa Astronomii Nowej, wspomniany radioteleskop został w listopadzie 2010 zakupiony przez Pana Marka Peliana, częstochowskiego biznesmena, i został rozebrany w sposób umożliwiający ponowną instalację. Obecnie czeka na rewitalizację złożony w Pabianicach (gm. Janów). Rozważa się m.in. możliwość instalacji teleskopu w świeżo otwartym Jurajskim Grodzie w Piasku koło Janowa. Latem 2011 roku antena z Psar najprawdopodobniej zostanie postawiona gdzieś w okolicach Częstochowy i zapoczątkuje od dawna wyczekiwany proces tworzenia Jurajskiego Parku Nauki.



Wizja artystyczna części astronomicznej Jurajskiego Parku Nauki. W scenerii typowej dla tradycyjnego parku rozmieszczono obserwatorium astronomiczne, planetarium, sektor poświęcony astronautyce oraz kosmiczny plac zabaw dla dzieci.

Plan opracowała Magdalena Żurawska.

Część trzecia

(artykuły popularno-naukowe)



Największa polska antena radiowa (średnica czaszy 32.5 metra) przed pocięciem na złom.
Została zniszczona w październiku 2010 roku. (Fot. B. Wszolek)

Siedem anten radiowych z Psar

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

W Psarach, niedaleko Kielc, w roku 1974 założono Naziemną Stację Łączności Satelitarnej. Na przestrzeni ostatnich lat ośrodek był własnością Telekomunikacji Polskiej S.A. i nosił nazwę Centrum Usług Satelitarnych TP SAT. Na wyposażeniu Centrum było siedem wspaniałych anten radiowych służących do łączności satelitarnej. Instrumenty spełniały najwyższe światowe standardy, jeśli chodzi o precyzję i niezawodność działania. Do ostatnich swoich dni były sprawne i zadbane w stopniu, któremu nie dorównuje żaden inny tego rodzaju instrument naukowy w Polsce. Były to:

- 1 radioteleskop o średnicy czaszy 32.5 metra,
- 1 radioteleskop o średnicy czaszy 16 metrów,
- 3 radioteleskopy o średnicy czaszy 13 metrów,
- 1 radioteleskop o średnicy czaszy 12 metrów,
- 1 radioteleskop o średnicy czaszy 9 metrów.



Cztery anteny: dwie identyczne 13-metrowe (bliższy plan), (na dalszym planie) 16-metrowa (z lewej) i 13-metrowa (z prawej). (Fot. B. Wszolek, 6 lipca 2010)

W czerwcu 2010 roku dowiedziałem się od astronomów krakowskich, że podjęto decyzję o likwidacji instrumentarium w Psarach. Choć zdobyte informacje były jeszcze bardzo ogólne, to jedno było pewne: wszystkie anteny muszą nieodwołalnie zniknąć do jesieni 2010 roku. W dniu 6 lipca, jednocześnie z astronomami krakowskimi, dokonałem wizji lokalnej i zorientowałem się, że właściwie nikt w Polsce, poza Uniwersytetem Jagiellońskim i mną, nie jest zainteresowany ratowaniem anten. Tego dnia astronomowie krakowscy podjęli

zamiar ratowania anteny 16-metrowej, a ja 9-metrowej. Zgodnie przyznaliśmy, że szacowane koszty pozyskania anteny 32-metrowej grubo przekraczają nasze możliwości.



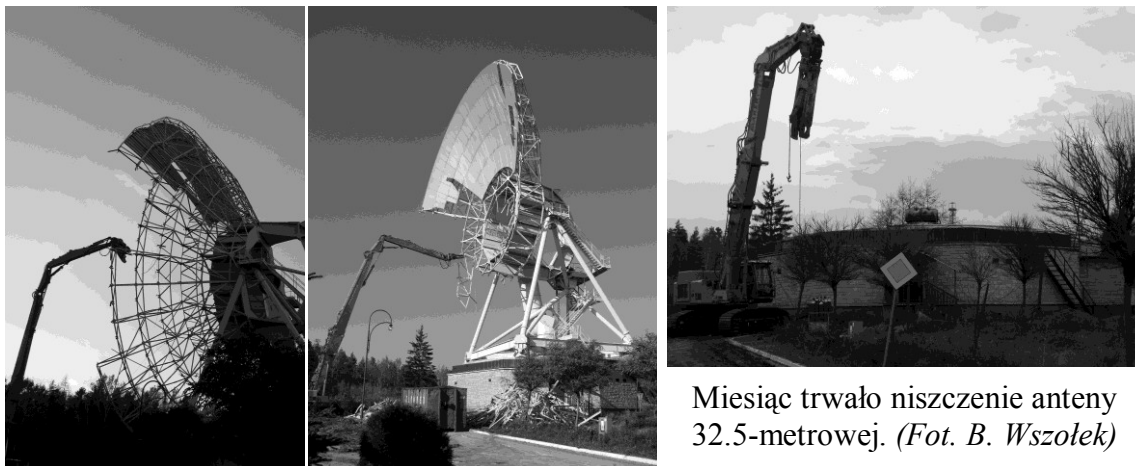
Anteny w Psarach: (z lewej) 9-metrowa (z prawej) 12-metrowa. (Fot. B. Wszolek)

Ze względu na wymogi formalne stawiane firmie rozbiórkowej nie dało się rozpocząć żadnych prac przed początkiem października. Do tego czasu likwidacja odbywała się na poziomie dokumentacji i specjalistycznej elektroniki. Dopiero w poniedziałek 11 października rozpoczęto rozbiórkę: ekipa robotników wyposażona w ciężki sprzęt niszczyła, na złom, antenę 32-metrową, a ja z synem przystąpiliśmy do delikatnej rozbiórki anteny 9-metrowej, z przeznaczeniem dla naszego prywatnego obserwatorium astronomicznego w Rzepienniku Biskupim. W dniu następnym czasza największego polskiego radioteleskopu już prawie w połowie, pomiażdżona, znikła w kontenerach na złom. Wieczorem tego dnia antena 9-metrowa była rozebrana na elementy pierwsze. Dzień później została bezpiecznie złożona na mojej posesji w Rzepienniku.

Od początku października, z poziomu stowarzyszenia Astronomia Nova, rozpocząłem poszukiwanie sponsorów - chętnych do ratowania dalszych anten. Choć rzecz wyglądała beznadziejnie, to przy pomocy różnych znajomości oraz mediów udało się w końcu znaleźć ludzi gotowych do poniesienia koniecznych kosztów dla ratowania instrumentów, w sumie dwóch 13-metrowych anten. Jedną z nich nabył Pan Marek Pelian z Częstochowy z zamiarem uruchomienia w planowanym przez Astronomię Nową jurajskim parku nauki, jako instrumentu

naukowo dydaktycznego do obserwacji Słońca. Druga antena została uratowana przez Pana Kazimierza Błaszczaka z Wieruszowa i ma służyć podobnym celom.

Długo ważyły się losy 16-metrowej anteny. Uniwersytet Jagielloński opóźniał przystąpienie do rozbiórki ze względu na opory natury biurokratycznej. Potem podjęto decyzję negatywną. Wtedy poczyniłem desperackie kroki dla natychmiastowego ratowania teleskopu, proponując kolegom astronomom zrzutkę finansową. Proponowałem aby teleskop stanął zgodnie z wcześniejszym zamiarem w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie, tyle, że byłby wspólną własnością UJ i Astronomii Novej. Kiedy Astronomia Nova dysponowała już wymaganą ilością zadeklarowanych przez kolegów środków, rektor UJ, na prośbę ze strony pracowników Obserwatorium Astronomicznego, w końcu wyraził zgodę na finansowanie rozbiórki i ponownego montażu, 16-metrowej anteny. Ostatecznie UJ uratował czaszę 16-metrowej anteny oraz napęd anteny 12-metrowej. Wysoką na osiem metrów, „nogę” od czaszy anteny 16-metrowej rozebrałem i zakupiłem prywatnie, z myślą o budowie wieżowego teleskopu słonecznego w swoim obserwatorium w Rzepienniku Biskupim.



Miesiąc trwało niszczenie anteny 32.5-metrowej. (Fot. B. Wszolek)

Ostatecznie z siedmiu anten uratowano w sumie cztery i pół. Anteny 32.5-metrowa, 13-metrowa oraz czasza od anteny 12-metrowej trafiły na złom. Zabezpieczone instrumenty czekają na rewitalizację w nowych miejscach. Wymagają poważnego zaangażowania intelektualnego, organizacyjnego i finansowego ze strony nowych właścicieli. Czas pokaże na ile zdał się dotychczas poniesiony wysiłek. Kiedy jest już po wszystkim, odżywa żal za 32.5 - metrowym radioteleskopem. Dziś wiem, że mogłem go uratować. Niestety, wtedy, kiedy samemu trudno mi było uwierzyć, że będzie to możliwe chociażby w przypadku najmniejszej, 9-metrowej anteny, znalazłem mniej ludzi gotowych mi pomóc niż tych, którzy życzliwie odводzili mnie od „zwariowanych” zamiarów. Skądinąd, całe to ratowanie mogło być niepotrzebne. Na szczeblu ministerialnym można było przecież znaleźć wiele rozwiązań dla uniknięcia dewastacji instrumentarium. Wiele prywatnych osób w Polsce też byłoby w stanie zakupić całe Centrum i przeobrazić go we wspaniałą ośrodek naukowy. Niestety, zamiarem właściciela było najwidoczniej pilne, doszczętne zniszczenie instrumentarium.



Kamil i Bogdan Wszolek przy demontażu anten w Psarach. (Fot. K. Wszolek)

Wiele osób bardzo mi pomogło w ratowaniu anten. Jedne pracą, inne pozyskiwaniem środków, jeszcze inne różnorodnym życzliwym działaniem i duchowym wsparciem. Serdeczne podziękowanie należy się Krzysztofowi Chyżemu, Janowi Doboszyńskiemu, Markowi Pelianowi, Kazimierzowi Błaszczakowi, Jerzemu Pisarkowi, Markowi Makowskiemu, Adamowi Markowskiemu, Zbigniewowi Jakóbczykowi, Marianowi Sojdzie, Stanisławowi Rysiowi, Markowi Jamrozemu, Jackowi Knapikowi, Kamilowi Wszółkowi, Agnieszce Kuźmicz, Pawłowi Kołodziejczykowi, Wiesławowi Szczerbie, Tadeuszowi Firlitowi, Ryszardowi Firlitowi i wielu innym.



Z lewej antena 16-metrowa w przeddzień rozbiórki. Czasza trafiła do UJ, a jej podstawa do Rzepiennika Biskupiego. Na lewo tej anteny widnieją resztki złomu po zniszczonej antenie 13-metrowej. Po prawej, inna 13-metrowa antena w trakcie precyzyjnej rozbiórki.

(Fot. B. Wszolek)

Roje meteorów w 2011 roku

Artur Leśniczek

PTMA Częstochowa

Przestrzeń międzyplanetarna nie jest, jakby się mogło wydawać, pusta. Występują w niej m. in. mniejsze lub większe okruchy materii zwane meteoroidami. Jedne krążą wokół Słońca po przypadkowych orbitach, inne mają orbity do siebie zbliżone. Te drugie są okruchami materii, pozostawionymi na swojej drodze przez komety. Orbity tych drobin przechodzą w pobliżu orbity Ziemi lub wręcz ją przecinają. Meteoroidy, które trafią na Ziemię, wpadają w jej atmosferę, rozgrzewają ją lokalnie do postaci plazmy, wywołując świecenie. Same zaś wyparowują. To właśnie zjawisko nazywamy meteorem. Kiedy Ziemia natrafia na strumień meteoroidów, pojawia się wiele meteorów w krótkim czasie. Jest to rój meteorów. Ponieważ meteoroidy w roju poruszają się mniej więcej po równoległych torach, pojawia się na niebie wyróżniony obszar, z którego zdają się promieniście wybiegać meteory. Obszar ten nazywamy radiantem. Meteoroidy wpadają w atmosferę z określonymi prędkościami charakterystycznymi dla danego roju. Aby określić intensywność roju, zlicza się meteory w określonych przedziałach czasowych (np. godzinnych). Warunki obserwacji bywają jednak bardzo zmienne. Im radiant znajduje się wyżej tym korzystniejsze są warunki. Przeszkadzać mogą m. in. chmury i rozświetlenie nieba przez Księżyc. Na jasnym niebie można zauważyć mniej słabszych meteorów. Z powodu zmienności warunków wprowadzono pojęcie zenitalnej liczby godzinnej czyli ZHR (Zenithal Hourly Rate). Jest to ilość meteorów jaką może zaobserwować obserwator w czasie jednej godziny przy idealnych warunkach (widoczność graniczna 6.5 magnitudo) i radiantem roju znajdującym się w zenicie. Nazwy rojów pochodzą od gwiazdozbioru, w którym znajduje się radiant. W przypadku gdy więcej niż jeden rój ma swój radiant w danej konstelacji, do nazwy dodaje się nazwę gwiazdy, która znajduje się najbliżej.

Wszystkie podane czasy są zgodne z czasem obowiązującym w Polsce, z uwzględnieniem czasu letniego.

Kwadrantydy (QUA)

Kwadrantydy występują od 28 grudnia do 12 stycznia. W tym roku maksimum wypada 4 stycznia o godz. 2:10. Księżyc znajdzie się w nowiu również 4 stycznia co stwarza idealne warunki do obserwacji tego roju. Dokładna godzina maksimum nie jest jednak pewna ponieważ niektóre obliczenia wskazują na możliwość jego wystąpienia w nocy z 3 na 4 stycznia między 22:00 a 7:00. Zazwyczaj maksimum jest krótkotrwałe i może pozostać

niezauważone przy kilku godzinach większego zachmurzenia. Chociaż radiant w Częstochowie nigdy nie zachodzi, to najwyżej wznosi się nad ranem. Zatem osiąga on bardziej użyteczną wysokość w drugiej połowie nocy. Radiant znajduje się w gwiazdozbiorze Wolarza. Pierwotnie w tym miejscu znajdowała się konstelacja Quadrans Muralis. Po jej likwidacji nazwa roju pozostała. Spodziewana wartość ZHR wynosi 120, natomiast może się wahać pomiędzy 60 a 200. Prędkość tego roju to 41 km/s.

Lirydy (LYR)

Lirydy występują między 16 a 25 kwietnia. Maksimum przewidywane jest pomiędzy 22 kwietnia godz. 17:30 a 23 kwietnia godz. 4:30. Prawdopodobnie, im bliżej godz. 1:00 tym więcej meteorów można się spodziewać. Księżyc, będący przed ostatnią kwadrą, w okresie maksimum roju wszędzie po północy, co oznacza, że bez jego wpływu pozostaną obserwacje z pierwszej połowy nocy. Prędkość tego roju wynosi 48 km/s. Radiant znajduje się w konstelacji Lutni. Spodziewana wartość ZHR wynosi 18.

η-Akwarydy (ETA)

Rój ten jest powiązany z kometą Halley'a. Występuje pomiędzy 19 kwietnia, a 28 maja. Maksimum przewidywane jest 6 maja o godz. 15:00. Z prędkością 66 km/s, η-Akwarydy należą do szybkich meteorów. Radiant, znajdujący się w gwiazdozbiorze Wodnika, pojawia się dopiero nad ranem i do wschodu Słońca pozostaje nisko nad horyzontem, co znacząco zmniejsza ilość obserwowanych meteorów. Za to Księżyc, który w czasie maksimum, będzie krótko po nowiu, nie przeszkodzi dodatkowo w obserwacjach. Spodziewana wartość ZHR wynosi 70.

δ-Akwarydy (SDA)

Rój ten jest aktywny od 12 lipca do 23 sierpnia. Maksimum przewidywane jest 30 lipca. Wartość ZHR może wtedy wynosić 16. Radiant, znajdujący się w Wodniku, wznosi się nisko nad południowo-wschodnim i wschodnim horyzontem. Jest to zatem rój trudny do obserwacji w naszych szerokościach geograficznych. Pomoże jednak tutaj now Księżyc wypadający w czasie maksimum. Prędkość tego roju wynosi 41 km/s.

Perseidy (PER)

Perseidy występują między 17 lipca a 24 sierpnia. Maksimum przewidywane jest na 13 sierpnia między 3:00 a 15:30. Wypada ono jednak w czasie pełni Księżyc. Przewidywana wartość ZHR wynosi około 100. Meteoroidy z tego roju wpadają w atmosferę z prędkością 59 km/s. Radiant znajduje się w konstelacji Perseusza.

Drakonidy (DRA)

Rój ten jest aktywny między 6 a 10 października. Maksimum przewidywane jest 8 października. Różne obliczenia wskazują na możliwość wystąpienia maksimum w różnym czasie, a nawet kilku mniejszych maksimumów. Według tych zróżnicowanych obliczeń maksima mogą wystąpić od 8 października godz. 18:00 do 9 października godz. 16:00. Wydaje się, że wśród tych możliwości bardziej prawdopodobne są przewidywania na 8 października. Radiant będący w konstelacji Smoka najwyżej znajduje się w godzinach wieczornych. Wskazuje się również na możliwość wystąpienia sporych wartości ZHR. Niestety Księżyc przed pełnią będzie przeszkadzał obserwacjom. Prędkość tego roju wynosi 20 km/s.

Orionidy (ORI)

Podobnie jak η -Akwarydy, rój ten powiązany jest z kometą Halley'a. Orionidy występują od 2 października do 7 listopada. Maksimum wypada 21 października. Księżyc będzie wtedy dzień po ostatniej kwadrze i znajdzie się mniej więcej w tej samej części nieba co radiant, który jest w Orionie. Spodziewana wartość ZHR wynosi 25. Prędkość tego roju wynosi 66 km/s.

Leonidy (LEO)

Leonidy są aktywne od 6 do 30 listopada. Maksimum spodziewane jest 18 listopada o 4:40. Różne prace teoretyczne sugerują jednak, że może wystąpić kilka maksimumów. Dodatkowe maksima mogą wystąpić: 16 listopada o 23:36 (meteory bardzo słabe jednak w dużej ilości), 17 listopada o 22:00 i 19 listopada o godz. 0:00. Spodziewane wartości ZHR mogą osiągać 20 i więcej. Radiant roju znajduje się w Lwie. Ostatnia kwadra Księżyca wypada 18 listopada. Na dodatek Księżyc będzie przebywał w pobliżu radiantu, utrudniając obserwacje. Leonidy, z prędkością 71 km/s, należą do bardzo szybkich meteorów.

Geminidy (GEM)

Geminidy występują między 7 a 17 grudnia. Ich maksimum przewidywane jest 14 grudnia, prawdopodobnie między godz. 2:00 a 23:00. Księżyc, będący w tym czasie przed pełnią, skutecznie utrudni obserwacje. Spodziewana wartość ZHR wynosi 120. Radiant znajduje się w Bliźniętach. Prędkość tego roju wynosi 35 km/s.

Ursydy (URS)

Ursydy są aktywne od 17 do 26 grudnia. Maksimum wypada 23 grudnia o godz. 3:00. Jednak i w tym przypadku mniejszych maksimumów może być kilka.

Inne możliwe maksima, wyliczone przez różnych badaczy, mogą wystąpić w następującym czasie: 22 grudnia 17:11 i 22:00, 23 grudnia 5:00. Spodziewane wartości ZHR mogą wynieść 10. Nów Księżyca wypada 24 grudnia stwarzając idealne warunki do obserwacji tego roju. Prędkość Ursydów wynosi 33 km/s. Radiant znajduje się w Małej Niedźwiedzicy.

| Nazwa roju | Okres aktywności | Data maksimum [m.d] | Prędkość roju [km/s] | ZHR |
|--------------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------|
| Kwadrantydy (QUA) | 12.28 - 01.12 | 01.04 | 41 | 120 |
| Lirydy (LYR) | 04.16 - 04.25 | 04.22 | 49 | 18 |
| η -Akwarydy (ETA) | 04.19 - 05.28 | 05.06 | 66 | 70 |
| δ -Akwarydy (SDA) | 07.12 - 08.23 | 07.30 | 41 | 16 |
| Perseidy (PER) | 07.17 - 08.24 | 08.13 | 59 | 100 |
| Drakonidy (DRA) | 10.06 - 10.10 | 10.08 | 20 | zmienne |
| Orionidy (ORI) | 10.02 - 11.07 | 10.21 | 66 | 25 |
| Leonidy (LEO) | 11.06 - 11.30 | 11.18 | 71 | 20 |
| Geminidy (GEM) | 12.07 - 12.17 | 12.14 | 35 | 120 |
| Ursydy (URS) | 12.17 - 12.26 | 12.23 | 33 | 10 |

Opracowano na podstawie kalendarza IMO (International Meteor Organization) dostępnego pod adresem www.imo.net/calendar/2011.

Trenażer dla obserwatorów gwiazd zmiennych

Ivan L. Andronov

Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie

(Tłumaczenie z rosyjskiego B. Wszolek)

Przed podjęciem obserwacji gwiazdy zmiennej z użyciem teleskopu czy metod fotograficznych wskazane jest, aby spróbować ocenić blask gwiazdy przy pomocy instruktażu sporządzonego komputerowo. Blask, czy też wielkość gwiazdowa, określana jest formułą $m_1 = m_0 - 2.5 \lg(I_1/I_0)$, gdzie m_1 i I_1 oznaczają odpowiednio wielkość gwiazdową i natężenie gwiazdy 1, a wskaźnik 0 odnosi się do standardu - sztucznego, albo w postaci gwiazdy przyjętej jako standard. Taka logarytmiczna zależność wynika stąd, że oko ludzkie rejestruje nie absolutną różnicę natężeń blasku, ale względną. Dla niektórych wartości różnicy $m_1 - m_0$ zamieszczono w tabelce odpowiadające im stosunki natężeń I_1/I_0 :

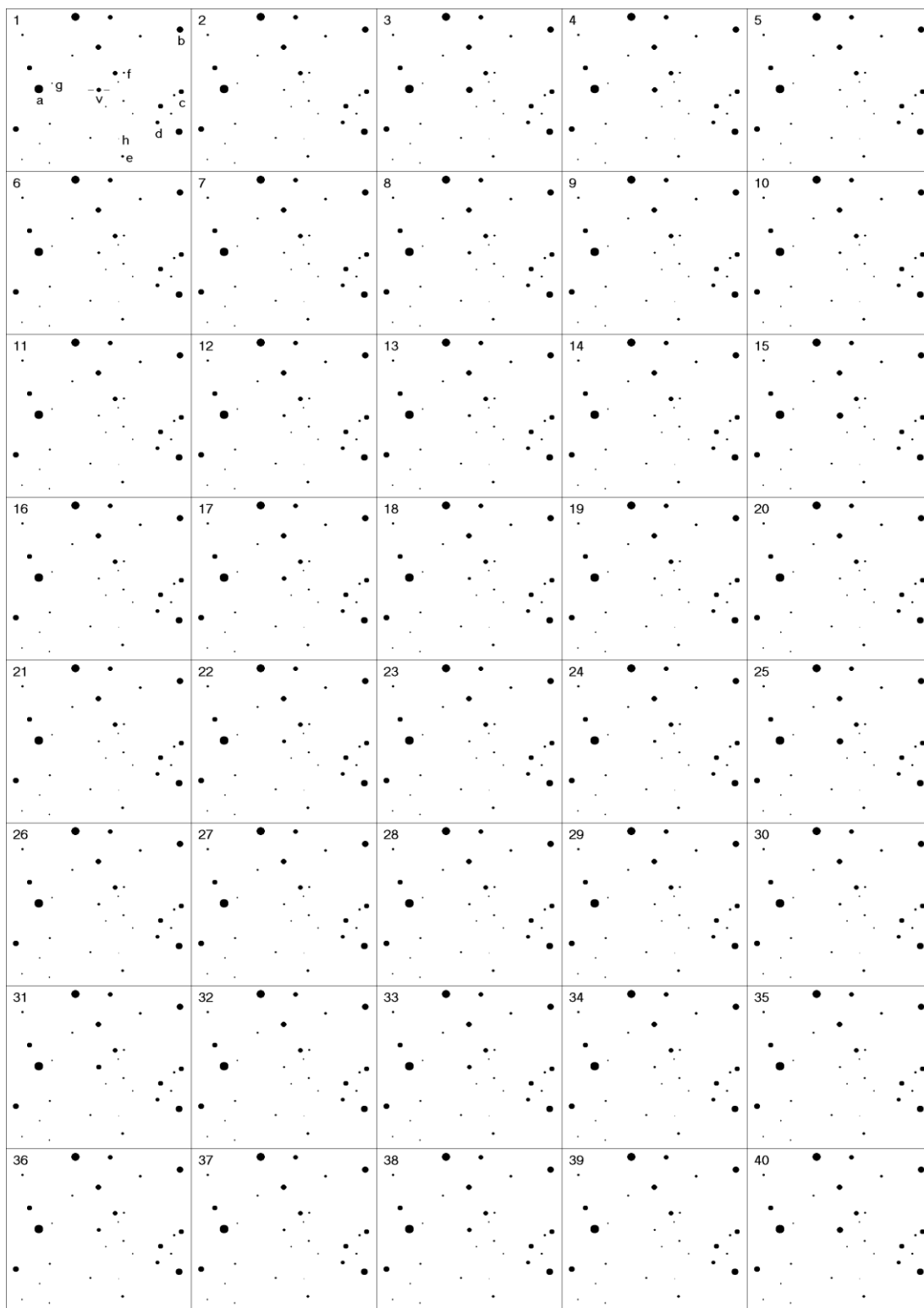
| | | | | | | | | |
|-------------|-------|-----|-----|-------|--------|--------|---------|---|
| $m_1 - m_0$ | 10 | 5 | 2.5 | 1 | 0.7526 | 0.1 | 0.01 | 0 |
| I_1/I_0 | 10000 | 100 | 10 | 2.512 | 2 | 1.0964 | 1.00925 | 1 |

Niewytrenowane oko wychwytuje różnice wielkości gwiazdowych rzędu kilku dziesiątych, a po wstępnym treningu - około 0.1-0.15. Doświadczeni obserwatorzy osiągają dokładność 0.06-0.08 wielkości gwiazdowej, ale to jeszcze zależy od jasności gwiazdy i od jej barwy. Dokładność obserwacji fotograficznych (wizualnych czy z pomocą fotometru) również bardzo rzadko bywają lepsze od 0.^m08 (0.08 mag).

Jako standard zerowej wielkości gwiazdowej wybrano najjaśniejszą gwiazdę północnej półkuli nieba - Węgę (α Lyr). Jaśniejsze od Węgi gwiazdy (np. Syriusz) oraz planety przyjmują ujemne wielkości gwiazdowe. Stąd czasem dochodzi do nieporozumień terminologicznych. Przykładowo, sformułowanie „wzrost blasku” oznacza, że gwiazda staje się bardziej jasna, tj. jej wielkość gwiazdowa staje się mniejsza.

Dla treningu proponuję ocenić 40 „zdjęć” tej samej części rozgwieżdżonego nieba (Rys.1 + tabela). Czasy (UT+2^h, czyli czas letni w Polsce) wykonania odpowiednich zdjęć podano w tabelce. N oznacza numer zdjęcia, a w komórkach podano kolejno: miesiąc i dzień początku nocy, godzinę i minutę obserwacji. Praca rozkłada się na następujące etapy:

Etap 1. Ocenic blask gwiazdy zmiennej v przy pomocy opisanej tu metody Niylanda-Błażko. Dobrac gwiazdy porównania (w naszym przypadku a, b, c, d, e, f, g, h), a następnie ustalic w którym z przedziałów ab, bc, cd, \dots znajduje się blask badanej gwiazdy. Potem ocenic blask gwiazdy v , np. $a2v3b$. Taki zapis oznacza, że blask gwiazdy v jest 3/2 razy bliższy blaskowi gwiazdy a niż blaskowi gwiazdy b . Zapis $a=v$ (albo $a0v3b$) odpowiada równym blaskom gwiazd a i v . Rozpatrzmy analogię (Rys.2).



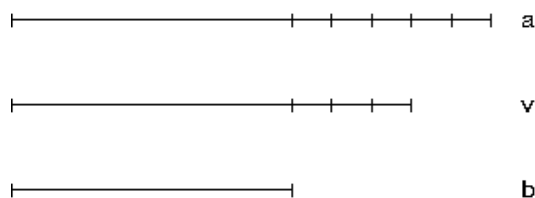
Rys.1. Zdjęcia wycinka nieba na potrzeby ćwiczenia.

Jeśli odcinek **a** ma długość 12 cm, **b** - 7 cm, a **v** -10 cm, to zapiszemy **a2v3b**, gdyż różnica między **a** i **v** jest równa dwóm takim częściom, jakich trzy mieści się pomiędzy **v** i **b**. Jeśli długość wyrazić w mm, to zapis przyjmie postać **a20v30b**. W każdym przypadku, znając wielkości **a** i **b** można jednoznacznie określić długość **v**, niezależnie od przyjętych jednostek. Przy określaniu blasku

gwiazd zmiennych nie mierzy się ani długości, ani średnicy ani jakiegokolwiek innej wielkości fizycznej (ilość fotonów w czasie ekspozycji), jak to ma miejsce przy użyciu przyrządów, ale osobiste wrażenie blasku gwiazdy na niebie lub jej stopnia zaczernienia jej obrazu na kliszy fotograficznej. Dlatego należy określić jednostkę względnej różnicy blasku i dokonać zapisu oceny w postaci **apvqb**. Rys.3 daje przykład ocen blasku zmiennej dla różnych stopni zaczernień.

Tabela czasów wykonania fotografii przedstawionych na Rys.1.

| N | dzień/miesiąc | godz./min. | N | dzień/miesiąc | godz./min. |
|----|---------------|------------|----|---------------|------------|
| 1 | 2.4 | 0:30 | 21 | 23.6 | 2:31 |
| 2 | 7.4 | 23:27 | 22 | 28.6 | 22:16 |
| 3 | 10.4 | 1:33 | 23 | 3.7 | 22:38 |
| 4 | 11.4 | 1:29 | 24 | 4.7 | 1:39 |
| 5 | 17.4 | 1:16 | 25 | 6.7 | 22:24 |
| 6 | 18.4 | 23:59 | 26 | 9.7 | 23:51 |
| 7 | 25.4 | 1:37 | 27 | 12.7 | 2:18 |
| 8 | 28.4 | 2:21 | 28 | 19.7 | 23:56 |
| 9 | 5.5 | 22:27 | 29 | 21.7 | 22:54 |
| 10 | 12.5 | 23:46 | 30 | 23.7 | 1:00 |
| 11 | 16.5 | 1:31 | 31 | 26.7 | 23:59 |
| 12 | 17.5 | 0:46 | 32 | 31.7 | 23:37 |
| 13 | 21.5 | 23:29 | 33 | 5.8 | 23:06 |
| 14 | 26.5 | 1:00 | 34 | 7.8 | 0:43 |
| 15 | 28.5 | 23:24 | 35 | 8.8 | 0:11 |
| 16 | 3.6 | 1:46 | 36 | 15.8 | 23:20 |
| 17 | 8.6 | 2:28 | 37 | 21.8 | 23:50 |
| 18 | 15.6 | 23:11 | 38 | 24.8 | 2:10 |
| 19 | 20.6 | 2:26 | 39 | 29.8 | 0:55 |
| 20 | 22.6 | 0:30 | 40 | 1.9 | 22:37 |

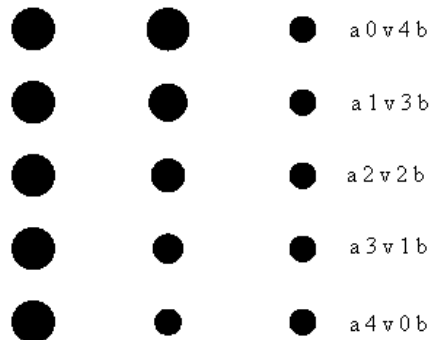


Rys. 2. Schemat ocen „na oko” blasku gwiazdy zmiennej na przykładzie długości odcinka v.

W przypadku naszego trenażera, gwiazdy mają kształt dysków o różnych średnicach. W całym obszarze dysku, intensywność jest taka sama. Na kliszach fotograficznych (negatywy) średnice obrazów gwiazd są mniejsze niż milimetr, nadto poczernienie spada w miarę oddalania się od centrum.

Wielkość gwiazdowa zmiennej m_v może być otrzymana przy pomocy prostego

wzoru na interpolację liniową: $m_v = m_a + (m_b - m_a) * p / (p + q)$, gdzie m_a i m_b - znane wielkości gwiazdowe dla gwiazd **a** i **b** (np. z literatury). Biorąc pod uwagę, że typowa dokładność oceny blasku jest tu około 0.1 mag, nie ma sensu robić „egzotycznych” ocen typu **a37v53** w miejsce **a4v5b** czy **a3v5b** lub **a2v3b**. Skądinąd, byłoby dobrze unikać ocen typu **v=a**, **v=b**, **a1v1b**, które często się pojawiają przy małej dokładności pomiarów. Należy znaleźć i poczuć realną różnicę między blaskami gwiazd, podzielić ją na odpowiednią liczbę podprzedziałów (stopni), które jeszcze jest się w stanie rozróżnić, i dopiero wtedy dokonać oceny.



Rys. 3. Przykłady oceny blasku gwiazdy zmiennej.

Niektóre gwiazdy mają dużą amplitudę zmian blasku, dlatego wpadają w coraz to inne miejsce interwału blasku między używanymi gwiazdami porównania. Można wykonywać oceny blasku z użyciem gwiazd porównania o dużej różnicy jasności, ale to prowadzi do katastroficznego spadku dokładności. Dlatego należy używać gwiazd porównania o stopniowo coraz mniejszych blaskach **abcdefgh**... (coraz większych wielkościach gwiazdowych), z typowym skokiem 0.5-0.8 mag. Następnie, odpowiednio dobierając parę gwiazd porównania (ab, bc, cd, de, ...), dokonać oceny blasku badanej gwiazdy.

Dla zwiększenia dokładności, każdą ocenę blasku należy wykonać przynajmniej trzy razy, z tym, że dla ustalonego przypadku nie kilka razy pod rząd. Oceny muszą być możliwie jak najbardziej niezależne. W szczególności należy się strzec efektu psychologicznego, sprawiającego, że znajomość poprzedniej oceny ustalonego przypadku wpływa na ocenę bieżącą. Należy zatem oceny blasku gwiazdy według ustalonego jej obrazu dokonywać w odpowiednio długich odstępach czasu, tak, żeby nie znać wcześniejszych ocen blasku tej samej gwiazdy według tego samego jej obrazu. Jeśli któraś z ocen dla ustalonego przypadku znacząco odbiega od innych (np. więcej niż 0.2 mag od wartości średniej), to warto taką ocenę powtórzyć, albo dodać przy niej znaczek dwukropka „:” (co jest powszechnie uznaną przez obserwatorów formą oznaczania oceny „niepewnej”).

Oczywiście, różne oceny dokonane w oparciu o ten sam obraz będą się różnić nie tylko wartościami **p** i **q**, ale również parami gwiazd porównania, np. **a3v2b**, **b1v3c** Porównywać należy zatem nie oceny, a wartości samego blasku. Przy obserwacjach teleskopowych nie ma możliwości czynienia wielokrotnych

pomiarów w dużych odstępach czasu (jak to jest w przypadku obrazów gwiazd na kliszach), dlatego robi się kilka ocen blasku gwiazdy w przeciągu sekund czy minut.

Jeśli gwiazda jest tak słaba, że jej nie widać, robi się ocenę typu $v < f$, (tj. „słabsza niż f ”). Nie jest to dokładna ocena, ale ma znaczenie, zwłaszcza dla badania gwiazd wybuchowych (które są widoczne tylko podczas wybuchu) albo dla gwiazd pulsujących z dużą amplitudą blasku. Jeśli blask gwiazdy wychodzi poza zakres blasku ustalonej pary gwiazd porównania i wypadaloby ocenę zapisać np. jako $v3a2b$, można wtedy dokonać ekstrapolacji i ocenę zapisać w postaci typowej $a(-3)v5b$ (tj. gwiazda v jest słabsza od a o trzy stopnie, a od b , pięć stopni). Takie oceny są mniej dokładne niż oceny interpolowane, ale czasem nie ma możliwości określenia blasku dodatkowych gwiazd porównania. Na negatywach nie należy stawiać żadnych znaczków, aby nie zdrapać emulsji. Dlatego sporządza się mapki obszarów w odpowiedniej skali, na których oznacza się gwiazdy porównania i podaje się ich wielkości gwiazdowe. Uproszczeniem opisanej wyżej metody Neilanda-Błażko jest tzw. metoda Pickeringa. W niej zawsze jest $p+q=10$, dla wszystkich ocen i par gwiazd porównania, bez względu na różnicę ich wielkości gwiazdowych. To, być może, trochę upraszcza oceny, ale nie poprawia dokładności.

Etap 2. Oceny blasku wyrazić w wielkościach gwiazdowych (albo od biedy w stopniach) przy pomocy wcześniej podanej formuły $m_v = m_a + (m_b - m_a) * p / (p + q)$, zapisać je w kolumnach tabeli, określić średnie wartości ocen i też zapisać w kolumnie. Nie należy zapisywać wartości z dokładnością większą niż 0.01. Z drugiej strony, dokładność 0.1 pomiaru dla konkretnego obserwatora jest mała. Trzeba tu zauważyć, że poszczególni obserwatorzy dokonują swoich pomiarów z dokładnością znacznie większą niż wynikałoby to z porównania obserwacji tych samych gwiazd przez różnych obserwatorów. Każdy obserwator podchodzi do sprawy oceny blasku w indywidualny sposób, stąd wszystkie wartości pomiarów jednego obserwatora mogą się systematycznie różnić od wartości uzyskanych przez drugiego.

Poniżej, nagłówek tabeli obserwacyjnej dla ustalonej gwiazdy zmiennej v . W kolumnach 1-12 mamy kolejno: numer kolejnej obserwacji, datę, czas, datę juliańską, trzy oceny blasku (im więcej ocen tym lepiej), obliczone wielkości gwiazdowe wg ocen, średnia wielkość gwiazdowa i faza cyklu zmienności. Dla wygody można nadać poszczególnym kolumnom numery.

| Nr | Data | Czas | JD | Oc 1 | Oc 2 | Oc 3 | m1 | m2 | m3 | mśr | faza |
|----|------|------|----|------|------|------|----|----|----|-----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

kreślić czas obserwacji. Tu potrzebujemy wyznaczyć datę juliańską (JD), tj. ilość dób (z ułamkiem po liczbie całkowitej) od ustalonej daty początkowej. Zmiana całkowitej liczby w rachubie JD następuje w południe czasu uniwersalnego. Oznacza to, że w Europie w przeciągu nocy nie zmienia się wartość całkowita daty juliańskiej. Niemniej, bezpiecznie jest znaczyć

w kolumnie drugiej datę w formie 15/16.04.2010, zamiast 15.04.2010. Dla określenia odstępu czasu pomiędzy dwoma zdarzeniami wygodniej jest posługiwać się ciągłą rachubą (JD) niż tradycyjnym kalendarzem. Datę juliańską podają kalendarze astronomiczne, również różne źródła dostępne internetowo. Przykładowo, dacie 29 czerwca 1999 roku odpowiadała data JD=2451359. Oprócz wartości całkowitej w dacie juliańskiej musimy określić jej wartość po przecinku. Załóżmy, że obserwacji dokonaliśmy w nocy 12/13 stycznia 2010 roku o godzinie 1:15 czasu środkowo-europejskiego (w Polsce czas zimowy - UT+1^h). W kalendarzu astronomicznym (np. Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2010) znajdujemy formułę dla roku 2010: JD=2455196.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT, gdzie d - oznacza kolejny dzień roku 2010. Zatem nasza data będzie:

$$JD=2455196.5 + 13 + 15/60/24=2455209.5104166(6)$$

Dokładność zapisu daty juliańskiej nie powinna być mniejsza niż wartość 1/10 minimalnego odstępu pomiędzy obserwacjami. Jednej dobie odpowiada 24*60*60 sekund, tj. 0.00001 doby odpowiada 1.16 sekundy. Przy wizualnych obserwacjach gwiazd z okresami powyżej 10 dób, datę wystarczy zapisać z dokładnością 0.1 doby (=2^h24^m). Dla krótkookresowych gwiazd, czas obserwacji zapisujemy z dokładnością 0.001 lub 0.0001 doby. Jest to istotne dlatego, żeby otrzymane tzw. fazowe krzywe blasku, nie miały przesunięć punktów pomiarowych wzdłuż osi czasu. Dla krótkookresowych zmiennych oblicza się również poprawki (heliocentryczną albo barycentryczną), które nie przekraczają wartości 0.00576 doby (czas ruchu światła ze Słońca ku Ziemi), ale to nie wchodzi w zakres niniejszego trenażera. W czwartej kolumnie tabeli wystarczy więc wpisać końcowe cyfry całkowitej liczby dni w dacie juliańskiej oraz policzoną (z odpowiednią dokładnością) część po przecinku.

Etap 3. Narysować krzywą blasku. W astronomii krzywa blasku jest to zależność wielkości gwiazdowej obiektu od czasu (daty juliańskiej) albo, dla gwiazd okresowych, od fazy (czytaj niżej). Skoro spadek blasku odpowiada wzrostowi wielkości gwiazdowej, pionową oś wykresu należy skierować ku dołowi. Jeśli rysować krzywą blasku na papierze milimetrycznym lub na kratkowanej kartce papieru, to najlepiej przyjąć wymiary rysunku 16 cm (szer.) × 10 cm (wys.), aby nanieść obserwacje z dostateczną dokładnością.

Etap 4. Bazowa krzywa blasku. Dla sygnału powtarzającego się z okresem **P** można zapisać wyrażenie $m(t+nP)=m(t)$, gdzie **n** jest liczbą całkowitą, a **t** oznacza czas. W naszym przypadku oznacza to, że krzywa blasku w nieskończoność powtarza swój kształt, a nasze obserwacje wypadają na różne fazy cyklu zmian. Jeśli znamy wartość okresu **P**, to możemy dokonać przesunięcia (wzdłuż osi czasu) punktów pomiarowych o **nP**, tak, żeby wykonać krzywą blasku gęściej usianą punktami pomiarowymi. Zamiast rysować bardzo długi wykres z bardzo rzadko występującymi punktami pomiarowymi, możemy ograniczyć się do narysowania osi czasu o długości odpowiadającej jedynie okresowi zmienności gwiazdy **P**, a odpowiednio dobierając wartość **n**, dokonać

transformacji współrzędnej czasowej punktów pomiarowych o nP , tak, żeby wszystkie punkty znalazły się na naszym rysunku. Na osi czasu tak otrzymanego rysunku nie będzie już odłożona data juliańska (przestaje nas interesować dokładny czas wykonania poszczególnych obserwacji), ale odstęp czasu (faza) od jakiegoś ustalonego początku cyklu zmian, np. od chwili, kiedy gwiazda przyjmuje minimalny blask. Ten odstęp czasu możemy wyrazić jako ułamek okresu zmian P . Ostatecznie otrzymujemy wykres z fazą zamiast czasu na osi odciętych (poziomej). Krzywa blasku przechodzi w krzywą fazową. Fazę otrzymuje się według wzoru $E+f=(t-T_0)/P$, gdzie E - numer cyklu (największa liczba całkowita, która nie przekracza wartości prawej części wyrażenia), f - faza, a T_0 - epoka początkowa (początek odczytu czasu, np. czas wystąpienia któregoś maksimum blasku). Przy takim podejściu, faza przyjmuje wartości z przedziału od 0 do 1, a przykładowo fazy 0.8, 10.8 i -3.2 odpowiadają temu samemu punktowi na wykresie. Dla lepszej ilustracji, fazowe krzywe blasku rysuje się nieco szerzej. Zamiast rysować w przedziale od 0 do 1, rysuje się np. w przedziale od -0.3 do 1.3.

Wyznaczenie okresu i epoki początkowej to odrębne zadanie. Rozwiązuje się je na wiele sposobów, w zależności od typu krzywej blasku. Na potrzeby tego trenażera przyjmijmy wartości $P=9.61$ doby i $T_0=2451270.0$. Blask gwiazd porównania przyjmujemy jako (w nawiasach podano wielkości gwiazdowe): **a**(5.01), **b**(5.64), **c**(6.17), **d**(6.67), **e**(7.33), **f**(7.96), **g**(8.58), **h**(9.61). Gwiazdy te, podobnie jak gwiazda zmienna v , są zaznaczone na pierwszym segmencie rysunku 1.

Uwagi końcowe

Przedstawione zadanie jest ćwiczebne. Jeśli chce się potraktować obserwacje w sposób bardziej zaawansowany, to można podjąć analizę kolejnego etapu, z pomocą komputera. Może to być np.:

- wizualizacja krzywych blasku,
- dopasowanie do punktów obserwacyjnych na krzywej blasku odpowiedniej funkcji (np. wielomiany trygonometryczne) metodą najmniejszych kwadratów,
- określenie charakterystyk indywidualnych cykli zmienności,
- badanie zmienności faz i okresów zmienności gwiazd poprzez porównanie z wynikami dawnych prac,
- opracowanie programu analizy obrazów gwiazd otrzymywanych na drodze skanowania klisz fotograficznych albo podczas obserwacji przy pomocy kamer CCD.

Chcąc poprobać swoich sił na realnych gwiazdach, oglądając je przez lornetkę lub teleskop, warto skorzystać z gotowych map obszarów nieba zawierających ciekawe do obserwacji obiekty. Można je pobrać np. ze strony <http://aavso.org>. Jest wiele ciekawych programów obserwacji gwiazd

zmiennych - określanie momentów minimum dla gwiazd zmiennych zaćmieniowych, określanie momentów maksimum dla krótkookresowych gwiazd pulsujących (obserwacja trwająca zaledwie kilka godzin w otoczeniu oczekiwanego momentu), monitoring długookresowych, wybuchowych, nowych, nowopodobnych ... Dla gwiazd z powolną zmianą blasku, z okresem od pojedynczych dób do lat, oceny blasku należy wykonywać możliwie często, najlepiej w każdą pogodną noc. Można wybrać kilka obiektów, które można obserwować np. wieczorem w przeciągu godziny lub krócej. Ważne, żeby obserwacje prowadzić regularnie. Jeśli nie dowierzacie swoim obserwacjom to je wyrzucicie, albo zaznaczcie symbolem ”:”, jako niepewne. Trzeba zawsze pamiętać, że oceny blasku gwiazd mają sens tylko w przypadkach gdy znany jest czas oceny i istnieje możliwość wyznaczenia wielkości gwiazdowej obiektu w czasie obserwacji. Żadna gwiazda nie może być obserwowana bezustannie - zawsze mamy do czynienia z „dziurami” w obserwacjach (zła pogoda, blask dnia, inne programy obserwacyjne i.t.d.). Dlatego astronomowie zawsze mają wiele propozycji, w tym dla miłośników astronomii, zaobserwowania konkretnych gwiazd o ściśle ustalonym czasie. Aby uzyskać bardziej szczegółowe krzywe blasku poszczególnych gwiazd, organizuje się międzynarodowe programy z udziałem wielu obserwatorów. Rośnie w ten sposób szansa na obserwacje gwiazdy w ściśle ustalonym momencie - jeśli w jednym miejscu chmury nie pozwalają na obserwacje, to w innym miejscu może być pogodna noc. Praktycznie, we wszystkich cywilizowanych krajach działają stowarzyszenia obserwatorów gwiazd zmiennych, które dokonują obserwacji zgodnie ze swoimi zainteresowaniami.

Osoby bliżej zainteresowane poruszoną problematyką mogą kontaktować się z Ukraińskim Towarzystwem Obserwatorów Gwiazd Zmiennych wysyłając mail na adres uavso@pochta.ru. Warto pamiętać, że gwiazd zmiennych czekających na swojego odkrywcę jest na niebie bardzo dużo!

Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej

Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Jest wielce prawdopodobne, że pierwsze koncepcje bóstw, rodziły się w umysłach ludzkich poprzez kontemplację świata przyrody - w tym, rozgwieżdżonego nieba. Rodowody większości religii na świecie, nie wyłączając chrześcijaństwa, są pełne odniesień astronomicznych. Wystarczy chociażby zauważyć, że najważniejsze święta chrześcijan wcale nie mają swoich pierwszych korzeni wywodzących się wprost od Jezusa Chrystusa. Zanim świętowano, w okolicach przesilenia zimowego (wydarzenie astronomiczne), Boże Narodzenie, Rzymianie obchodzili saturnalia, oddając cześć Saturnowi. Święta Wielkanocne nawiązują bezpośrednio do żydowskiej Paschy, która w swej najgłębszej istocie ma zwracać uwagę wiernych na fakt, że życiodajne Słońce znajduje się na niebie w punkcie równonocy wiosennej i nadchodzi pora na nowo podjąć działania rolnicze. Powstrzymam się tu od innych, często znacznie starszych odniesień, których ogromne bogactwo wciąż fascynuje badaczy kultur starożytnych.

Aby rzeczy na niebie, w dawnych czasach tylko dla wtajemniczonych kapłanów znane i przeżywane duchowo, ująć w ramy języka zrozumiałego dla szerokiej społeczności, uciekano się do odpowiednich zabiegów literackich i tworzono „mitologie”. Kapłani egipscy wiedzieli i duchowo przeżywali fakt, że punkt równonocy wiosennej znajduje się w gwiazdozbiorze Byka, a lud tworzył cielce i oddawał im cześć. Wtajemniczeni żydowscy wiedzieli, że punkt równonocy przeszedł już do gwiazdozbioru Barana, a wierny lud Boży spożywał poświęconego baranka w czasie świąt Paschy. Z narodzinami Chrystusa punkt równonocy wiosennej przeszedł do gwiazdozbioru Ryb, a na pamiątkę tego zdarzenia na chrześcijańskich stołach wigilijnych nie powinno zabraknąć ryby. Niech na potrzeby tytułowego zagadnienia tych ilustracji wystarczy.

Temat Gwiazdy Betlejemskiej w pierwszym rzędzie wypływa z treści Ewangelii według Św. Mateusza. Czytamy tam:

„Kiedy Jezus narodził się w Betlejem w Judei, za czasów króla Heroda, zjawili się w Jerozolimie magowie ze Wschodu. I pytali: Gdzie jest nowo narodzony król żydowski? Bo widzieliśmy Jego wschodzącą gwiazdę i przybyliśmy złożyć Mu hołd. Wtedy Herod, wezwawszy potajemnie magów, wypytywał ich dokładnie o czas ukazania się gwiazdy ... Wysłuchawszy króla, wyruszyli w drogę i ta gwiazda, którą widzieli wschodzącą, szła przed nimi, aż stanęła nad miejscem, w którym było Dziecko. Gdy zobaczyli gwiazdę, ogromnie się ucieszyli. Kiedy zaś weszli do domu, zobaczyli Dziecko z Jego matką Maryją. Upadli na twarz i złożyli Mu hołd”. (*Mat. 2, 1-11*)

Chociaż inni autorzy kanonicznych Ewangelii nie poruszają bezpośrednio sprawy gwiazdy - przewodniczki, to jednak warto przywołać tu ich relacje. U Łukasza znajdujemy:

„W tejsze okolice pasterze pełnili straż nocną i czuwali nad swoim stadem. I stanął przy nich anioł Pański. I ogarnęła ich jasność Pana, i bardzo się przestraszyli. Anioł zaś powiedział do nich: - Nie bójcie się, bo zwiastuję wam wielką radość, która będzie udziałem całego ludu. Dziś w mieście Dawidowym narodził się wam Zbawiciel, który jest Mesjaszem, Panem. A oto znak dla was: Znajdziecie niemowlę zawinięte w pieluszki i położone w żłobie. Nagle przy aniele zjawilo się mnóstwo wojska niebieskiego, które wielbiło Boga, mówiąc: - Chwała Bogu na wysokości, a na ziemi pokój ludziom, których sobie upodobał”. (*Łuk. 2, 8-14*)

U Jana czytamy natomiast:

„Człowiek imieniem Jan został posłany przez Boga. Przyszedł na świadectwo, aby świadczyć o światłości, aby przez niego wszyscy uwierzyli. On nie był światłością, ale [przyszedł], aby świadczyć o światłości. Światłość prawdziwa, która oświeca każdego człowieka, przyszła na świat”. (*Jan 1, 6-9*)

Św. Mateusz sugeruje, że pojawiła się na niebie gwiazda, która przemieszczała się na niebie tak, aby zaprowadzić mędrców do miejsca narodzin Jezusa. Rozumienie dosłowne opisu w żadnej mierze nie znajduje uzasadnienia ani w dawnej, ani we współczesnej wiedzy astronomicznej. Rozsądniej jest przyjąć, że natchniony Ewangelista w alegoryczny sposób chce przekazać myśl, że drogę do Boga można odnaleźć, zgłębiając tajemnice natury i wzrastając przez to w mądrości. Ewangelista Łukasz pisze o światłości, jaka ogarnia pasterzy na wzgórzach Betlejem. O aniele Bożym, o wojskach niebieskich. Nie używa terminu „gwiazda”. U Jana mamy zapis, że sam Jezus jest światłością prawdziwą, która oświeca człowieka. Próba logicznego uzgodnienia przywołanych opisów z wielkim trudem wskazuje na Gwiazdę Betlejemską jako realne zjawisko fizyczne czy ciało niebieskie. W teologii chrześcijańskiej przeważa wykładnia o nadprzyrodzonym charakterze tej gwiazdy, jako cudownym znaku Bożym, oglądanym we wnętrzu duszy - nie fizycznie.

Na marginesie dodam, że data narodzin Jezusa jest wciąż przedmiotem dociekań i najprawdopodobniej wypada kilka lat p.n.e. Nie ma zgody wśród uczonych, co do charakteru gwiazdy magów. Jedni widzą w niej zjawisko cudowne, inni element literacki opowiadania lub nawiązanie do tradycji o gwieździe Mesjasza [*Wschodzi Gwiazda z Jakuba, a z Izraela podnosi się berło. Księga Liczb 24,17*]. Warto zauważyć również, że gdyby gwiazda z opisu Mateusza była znakiem fizycznie postrzeganym, byłaby ogromnym szokiem nie tylko dla prostego ludu, ale również dla astronomów - kapłanów, w tym i naszych mędrców ze Wschodu. Wzmianki o takim zjawisku byłyby

rozpowszechnione w różnych zapiskach historycznych. Tymczasem, nawet z opisu Mateusza nie wynika, żeby magowie byli jakoś wyraźnie zaszokowani gwiazdą, o której mówili.

Bez najmniejszej wątpliwości, opis Mateuszowy jest bardzo bogaty w treści teologiczne i najprawdopodobniej odzwierciedla także jakąś rzeczywistość w sferze fizycznej. Jeśli magowie ze Wschodu odbyli daleką podróż, by oddać cześć Dziecięciu, to bez wątpienia musiało ich coś do tego skłonić. Znaczący kultury Wschodu wskazują, że owymi mędrkami mogli być biegli w astronomii kapłani Zaratustry z Babilonu. W Babilonie znaleziono tabliczki gliniane, będące swego rodzaju kalendarzami astronomicznymi, na których jest opisane wyjątkowe zdarzenie na niebie z roku 7 p.n.e. Od maja do grudnia tegoż roku „gwiazdy wędrowne” (dziś powiemy planety) Jowisz i Saturn po trzykroć występowały w tzw. koniunkcji - zbliżyły się do siebie maksymalnie w rzucie na sferę niebieską. Dla magów było to wydarzenie unikalne i wyjątkowe, choć przewidywalne. Współcześnie, przejście Wenus na tle tarczy Słońca jest dobrym przykładem podobnego zjawiska. Kapłani Zaratustry byli dobrze zaznajomieni z prorocztwami żydowskimi i wiedzieli, że naród żydowski oczekuje Mesjasza. Wobec tego, że potrójna koniunkcja Jowisza i Saturna występowała w gwiazdozbiornie Ryb (który to gwiazdozbiór zawsze był przez astrologów kojarzony z Żydami), nie trudno było pokoiarzyć prorocztwa z tymi znakami na niebie i oczekiwać narodzin Mesjasza w Izraelu. Jowisz – mitologiczny „król nieba”, utożsamiany z greckim Zeusem oraz Saturn, ojciec Jowisza - tożsamy z greckim Kronosem, mają widać coś ważnego do załatwienia, skoro aż trzy razy pod rząd spotykają się ze sobą. Tylko uważni obserwatorzy nieba widzą te sprawy. Dla większości - niebo jak niebo. Nasuwa się tu spostrzeżenie zapisane kiedyś przez Konstantinosa Kawafisa:

„Ludzie znają to, co się teraz dzieje. Przyszłość znają bogowie, bo dla nich wszystkie światła jaśnieją. Lecz gdy coś już ma stać się - zanim to nadejdzie, mędrzy przeczuwają. Głos im powie tajemniczy (gdy oni z rozmyślań głębokich, zadziwieni zapadną nagle wokół ciszą, podnoszą głowy), aby się wsłuchali w kroki nadchodzących zdarzeń. A zwykłą koleją idą ludzie, wciąż jeszcze niczego nie słysząc”.

Do elementarnej wiedzy z zakresu sztuki wróżenia z gwiazd należy fakt, że tzw. wschód achroniczny jakiegoś wyróżnionego obiektu na niebie oznacza narodziny. W przypadku naszego „ojca i syna” - Saturna i Jowisza z 7 roku p.n.e. dawał się obserwować ich idealnie achroniczny wschód. W chwili zajścia Słońca, para tych jasnych planet właśnie wschodziła i królowała na niebie przez całą noc. Według znawców przedmiotu, achroniczny wschód Jowisza z Saturnem, trzykrotnie spotykających się na przestrzeni kilku miesięcy w gwiazdozbiornie Ryb i w pobliżu punktu równonocy wiosennej, mógł skłonić magów do udania się w podróż na spotkanie oczekiwanego przez Żydów Mesjasza. Przywołane fakty mogły wyjść poza kręgi bezpośrednio wtajemniczonych i krążyć w najróżniej modyfikowanych wersjach wśród ludów

w czasach Chrystusowych i potem. Nie można wykluczyć, że coś z takich podań stało się inspiracją do ewangelicznych opisów nadzwyczajnych okoliczności Narodzenia Pańskiego.

Czytelników bardziej zainteresowanych poruszonym tematem odsyłam do pokazu planetarnego „Tajemnica Gwiazdy Betlejemskiej” regularnie wyświetlanego w planetarium częstochowskim (www.planetarium.ajd.czyst.pl), a także do książki Jarosława Włodarczyka pod tym samym tytułem. Na koniec pragnę dodać, że w roku 2010 rolę „Gwiazdki Wigilijnej” pełnił Jowisz. W Wigilię był on najjaśniejszym światłem niebieskim i już o godzinie 16-tej przy sprzyjającej pogodzie, można go było oglądać na południowej części nieba. W kontekście wcześniejszych treści jest ciekawe, że Jowisz przebywał znowu w gwiazdozbiore Ryb i bardzo blisko punktu równonocy wiosennej, prawie dokładnie w tym samym miejscu, w którym widzieli go magowie przed ponad dwoma tysiącami lat. W roku 2011 rolę gwiazdki wigilijnej odegra Wenus (w Koziorożcu) przy zachodnim horyzoncie albo Jowisz (na granicy Barana i Ryb) po stronie południowo-wschodniej nieba.



Jowisz (najjaśniejszy punkt pod wyobrażeniem ryby) na wieczornym polskim niebie w dniu 24 grudnia 2010 o godzinie 17:00 (opracowanie mapy, B. Wszolek)

Program kosmiczny Izraela

Waldemar Zwierzchlejski

PTMA Częstochowa

Przyczyną, dla której niewielkie i niezbyt ludne (poniżej 8 milionów ludzi na obszarze 22 tys. km²) państwo Izrael zdecydowało się stworzyć własny program kosmiczny, była konieczność stałego przeciwstawiania się wrogo nastawionym do niego sąsiednim państwom arabskim. Oprócz wielu wspaniałych rodzajów broni Izrael zawsze miał wysoce rozwiniętą sieć wywiadowczą, a jak wiadomo, do operacyjnego uzyskiwania danych o siłach, infrastrukturze czy przygotowaniach militarnych przeciwnika, najlepiej jest użyć satelitę zwiadu obrazowego.

Pierwsze czynności mające na celu użycie przez Izrael zwiadu satelitarnego podjęto w roku 1974. Idea była prosta - chciano po prostu zakupić w USA ich satelity wywiadowcze. Jednak, podobnie jak w przypadku podjętej rok wcześniej próby zakupienia w Stanach Zjednoczonych rakiet krótkiego zasięgu Pershing-1, i ta nie spotkała się u potencjalnego sprzedawcy ze zrozumieniem. Izrael posiadał (od 1965 r.), co prawda na swym uzbrojeniu zaprojektowane przez Francuzów, rakiety Jericho-1 o podobnym zasięgu (235-500 km), jednak nie były one wystarczająco dokładne (celność rzędu 1 km), a dwugodzinna procedura startowa przekreślała ich operatywne użycie. W tej sytuacji postanowiono własnymi siłami zbudować stało paliwową raketę średniego zasięgu, zdolną do przeniesienia jednotonowego ładunku (bomby nuklearnej) na odległość 1500 km. Dostała ona oznaczenie Jericho-2. Koncepcja rakiety powstała w połowie lat 70., a pierwszy start rakiety miał miejsce prawdopodobnie w roku 1986. Według niepotwierdzonych danych - program raketowy jest oczywiście tajny - powstały dwie wersje rakiety, oznaczone A i B. Wersja A miałaby mieć zasięg ok. 800 km, zaś B - 1500 km, choć niektóre wyliczenia pokazują, że może to być nawet 2300 km. W roku 1981 rozpoczęto studia projektowe, mające odpowiedzieć na trzy pytania: czy Izrael jest zdolny samodzielnie zbudować niewielką raketę kosmiczną, satelitę, oraz aparaturę optoelektroniczną dla celów rozpoznania. Okazało się, że jest to w pełni możliwe, koszt takiego programu oceniono na 190 milionów dolarów. W roku 1982 projektowi nadano rangę programu państwowego. 1 lipca 1983 roku utworzono na bazie Narodowego Komitetu Badań Kosmicznych (National Committee for Space Research, NCSR) Izraelską Agencję Kosmiczną (Sohnut Halal Yisraelit, ang. Israel Space Agency, ISA). W praktyce, podlegała w pierw Ministerstwu Nauki i Technologii, a obecnie Ministerstwu Nauki, Kultury i Sportu, agencja pełniła tylko rolę przykrywkę dla realizacji tajnego programu wojskowego. Zresztą i dzisiaj ISA spełnia w zasadzie jedynie funkcje koordynacyjne pomiędzy Ministerstwem Obrony a przemysłem. Pierwszym szefem agencji został słynny uczoney izraelski, profesor Yuval Ne'eman, pod którego kierownictwem rozwijano program atomowy, a także budowano

superkomputery, zaś zadanie stworzenie rakiety, której nadano nazwę Shavit (meteor) oraz satelity Ofek (horyzont) otrzymał emerytowany generał brygady, profesor Chaim Eshed. To on zasługuje na miano ojca izraelskiego kosmosu. Głównym projektantem i wykonawcą rakiety nośnej został koncern „Tasiyah Avirit Israel”, znany pod angielską nazwą Israel Aircraft Industries, Ltd. (IAI), a konkretnie firma MALAM. Pokonał on w przetargu koncern zbrojeniowy RAFAEL Advanced Defense Systems Ltd., któremu zlecono wytworzenie trzeciego stopnia nowej rakiety. Silniki i materiały pędne dwóch pierwszych stopni powstają w firmie Givon, należącej do koncernu IMI (Israel Military Industries Ltd.). Rakiety kosmicznej nie budowano od podstaw, lecz w maksymalnym stopniu wykorzystano rozwiązania techniczne, użyte w Jericho-2. Dodano do niej niewielki trzeci stopień wraz z układem kierowania, który umożliwił wynoszenie niewielkich ładunków na orbitę okołozemską. Znacznie większy problem stwarzała lokalizacja miejsca startu. Obszar zainteresowań zwiadu satelitarnego Izraela to Syria, Jordania i Iran. Wszystkie te kraje leżą na wschód od Izraela, a dwa pierwsze bezpośrednio z nim graniczą. Wyklucza to starty w najbardziej pożądanym kierunku, ze względu na upadek zużytych stopni rakiet na ich terytorium, a w przypadku jego niepowodzenia - stopni wypełnionych materiałem pędnym, a także samego satelity. Ponieważ obraz startu rakiety Shavit niczym nie różni się od startu rakiety Jericho-2, a uprzedzanie przeciwnika nie wchodziło oczywiście w rachubę, należało wypracować inną strategię. Pierwszym wariantem było usytuowanie wyrzutni na poligonie Overberg w RPA, z którą Izrael utrzymywał wówczas bliskie stosunki polityczne, a od roku 1974 ściśle współpracował w rozwoju technologii zbrojeniowych. To RPA dostarczyła Izraelowi uran potrzebny do zbudowania bomb nuklearnych, zaś Izrael w zamian odwdzieczył się technologiami raketowymi, w wyniku których kraj ten zbudował m. in. raketę bojową RSA-2, będącą kopią Jericho-2, oraz rozpoczął przygotowania do budowy RSA-3, będącej klonem rakiety Shavit. Znamienne, że oba państwa leżą mniej więcej na tej samej szerokości geograficznej, choć na przeciwnych półkulach. Niemniej wystrzelone z dowolnego z nich satelity zwiadowcze osiągałyby orbitę, z której dostarczałyby danych użytecznych dla obu krajów. Jednak w roku 1993 RPA przystąpiła do porozumienia o nierozprzestrzenianiu technologii raketowych MTCR (Missile Technology Control Regime), a posiadane zasoby rakiet oraz ich linie produkcyjne zostały zniszczone. Izrael został zmuszony do wysyłania swoich satelitów w jedynym dostępnym kierunku - na zachód, nad Morzem Śródziemnym, czyli w kierunku przeciwnym do obrotu Ziemi. Jak wiadomo, obrót Ziemi dookoła osi odbywa się z prędkością 463 m/s na równiku i spada wraz ze wzrostem szerokości geograficznej aż do zera na biegunie. W przypadku Izraela (szerokość geograficzna ok. 32°) wartość ta wynosi 393 m/s - jest to prędkość, którą wystrzelona w kierunku wschodnim raketa ma dostarczoną już w chwili startu za darmo. Stanowi ona 5% prędkości końcowej, co nie jest wartością zaniedbywaną. Wyniesienie rakiety w kierunku

przeciwnym powoduje znaczną, dziesięcioprocentową stratę udźwigu rakiety nośnej. Jednak innego rozwiązania nie było. Wybór padł na umieszczoną na wybrzeżu Morza Śródziemnego, 15 km na południe od Tel Avivu, bazę sił powietrznych Palmachim. Rakieta startuje z ruchomej wyrzutni, będącej wersją wyrzutni rakiety Jericho-2, cały potrzebny do startu sprzęt przywożony jest na przyczepach samochodowych. Rakieta Shavit przelatuje nad całym Morzem Śródziemnym (w tym niewielki odcinek nad wybrzeżem Tunezji i Algierii), kończąc swój lot napędowy nad Cieśniną Gibraltarską. Udźwig Shavit z biegiem czasu został zwiększony, co osiągnięto przez zastąpienie najpierw drugiego, a później i pierwszego stopnia większymi i bardziej wydajnymi raketami. Satelity Ofek są obiektami przeznaczonymi do uzyskiwania zdjęć optycznych w promieniowaniu widzialnym i ultrafioletowym. Ofek-1 i 2 miały kształt nieregularnej pryzmy ośmiobocznej o wysokości 2.3 metra i średnicy 1.2 metra i prawie w całości pokryte były bateriami słonecznymi, które generowały moc 246 W. Ich masa wynosiła 155-160 kg, stabilizowane były obrotowo z prędkością 400°/s. Satelity nie zawierały żadnej aparatury obserwacyjnej, a do ich zadań należało przetestowanie rakiety nośnej i kontrola pracy swych podzespołów w warunkach lotu orbitalnego. Istotnym było też pokazanie światu - a zwłaszcza nieprzyjaznym sąsiadom - że Izrael został ósmym państwem, zdolnym do wynoszenia ładunków na orbitę za pomocą własnych rakiet, ze wszystkimi tego konsekwencjami. Wcześniej dokonały tego: ZSRR (1957), USA (1958), Francja (1965), Japonia i Chiny (1970), Wielka Brytania (1971) oraz Indie (1980). Druga generacja satelitów Ofek oparta była na busie OPSAT-2000. Choć rozmiarami były identyczne z poprzednikami, ich masa wzrosła do 225-250 kg. Wyposażone już były w system optyczny, zdolny do uzyskiwania obrazów o rozdzielczości 2.5 m/piksel. Oczywiście posiadały one już trójosiowy system orientacji, zaś baterie słoneczne zostały umieszczone po bokach na dwóch trójsekcyjnych panelach. Na bazie busa OPSAT-2000 powstały również niemal identyczne satelity EROS, które prócz zadań wywiadowczych dostarczały również danych dla klientów na zasadach komercyjnych. Zdolność rozdzielcza satelitów EROS wynosi 1.5-1.8 m/piksel. Trzecia i jak dotychczas ostatnia generacja satelitów Ofek oparta jest na busie OPSAT-3000. I znów, jak poprzednio, jego rozmiary pozostały niezmiennicze, ale masa wzrosła do około 300-320 kg. Nowy system optyczny umożliwia pozyskiwanie zdjęć o rozdzielczości 0.8 m/piksel podczas czterech lat zakładanej aktywności. Łącznie wystrzelono osiem rakiet Shavit, dwa starty zakończyły się niepowodzeniem. Najnowsze dziecko zwiadu satelitarnego Izraela to satelita Polaris (TecSAR-1, Technology Demonstration Satellite with Synthetic Aperture Radar). Ma on masę startową 260-300 kg, z czego około 40 kg przypada na paliwo do orientacji i korekcji orbity. Satelita ten wyposażony jest w radar z syntetyczną aperturą X-SAR, pracujący w paśmie 8 GHz, wyposażony w cztery permaktrony CTWTA (Chanelled Travelling Wave Tube Amplifier), mogące pracować w zakresie rozdzielczości od 8 (mapowanie przeglądowe

ScanSAR) do 1 metra (zwiad punktowy SpotLight). Zakładany czas funkcjonowania Polaris oceniany jest na 5-8 lat. Głównym celem satelity jest Iran, a zwłaszcza jego infrastruktura związana z programem nuklearnym. Ze względu na wymaganą do tego celu orbitę, został on wyniesiony za pomocą rakiety PSLV-CA z indyjskiego ośrodka kosmicznego w Sriharikota. W zamian za tę usługę Indie dostały dostęp do danych uzyskiwanych z satelity.

16 stycznia 2003 roku na orbitę, na pokładzie promu kosmicznego Columbia, poleciał przedstawiciel Izraela, pułkownik lotnictwa izraelskiego Ilan Ramon. Podczas szesnastodniowej misji STS-107 Ramon zrealizował cztery eksperymenty zaprojektowane w Izraelu - MEIDEX (Mediterranean-Israel Dust Experiment) poświęcony badaniu wpływu aerozoli na formownie obłoków i opadów w rejonie Morza Śródziemnego, badanie „sprite’ów” (czerwonych i niebieskich błysków światła powstających podczas wyładowań atmosferycznych), ocenę wpływu nieważkości na rozwój kolonii bakterii oraz eksperyment krystalograficzny Chemical Garden. Lot Columbii zakończył się tragicznie 1 lutego 2003 roku. Śmierć poniosła cała siedmioosobowa załoga. Na uwagę zasługuje fakt, że matka Ramona, Tova Kreppel, urodziła się w Polsce, do Izraela wyemigrowała dopiero w roku 1947.



Ilan Ramon, jedyny astronauta z gwiazdą Dawida oraz start rakiety Shavit.
(Źródło: NASA, oraz Israel Space Agency)

Niewiele można powiedzieć na temat przyszłości izraelskiego programu kosmicznego. Niewątpliwie w najbliższym czasie na orbicie pojawią się kolejni następcy satelitów rozpoznania. Izrael jedynie w nikłym stopniu angażuje się w kosmiczną działalność naukową. Jedyńm eksperymentem, który ma szansę znaleźć się na orbicie jest TAUVEX - astronomiczny teleskop ultrafioletowy, który miał wystartować najpierw na pokładzie rosyjskiego, a potem indyjskiego satelity, jednak w obu przypadkach do tego nie doszło i czeka on na inną okazję.

Pasja z przyszłością - Mars

Tomasz Barański

PTMA Częstochowa

Kiedy mówię przyszłość, myślę kosmos - kiedy mówię kosmos, myślę Mars. Mars jest nam „po drodze” i w rzeczywistości jest nie tylko przyszłością, ale jak wszystko na to wskazuje, także naszą przeszłością. Prawie już oficjalnie mówi się, że życie na Ziemi pochodzi z Marsa! Ponad trzydzieści sond i sztucznych satelitów bada aktualnie naszego sąsiada Marsa oraz jego dwóch małych satelitów naturalnych, księżyce: Fobos i Demos. Obecnie nie mniej niż pięć urządzeń odbywa tam właśnie swoją misję. Rozległe tereny Czerwonej Planety przemierzają właśnie dwa amerykańskie Łaziki - małe roboty na kółkach; „Spirit” i „Opportunity”, europejski orbiter „Mars Express” i amerykańskie orbiter „Mars Odyssey” i „Mars Reconnaissance Orbiter”. Mars jest dzisiaj, po Ziemi, najlepiej poznaną planetą Układu Słonecznego.

Mars, to skalista, pustynna kraina. Jest o połowę mniejszy od Ziemi, a jego powierzchnię pokrywa rdzawoczerwony piasek. Z wydartych mu tajemnic udało się ustalić, że jak na warunki astronomiczne i geologiczne jest on bardzo podobny do Ziemi. Mars jest położoną najdalej od Słońca skalistą planetą w Układzie Słonecznym. Chociaż dziś warunki panujące na Ziemi znacznie różnią się od tych marsjańskich, to w przeszłości oba światy były do siebie bardzo podobne, gdyż powstały w wyniku oddziaływania identycznych sił. Orbita naszego sąsiada znajduje się poza orbitą ziemską. Mars obiega Słońce w 687 dni ziemskich, znajdując się od niego w średniej odległości 228 mln kilometrów. Ciekawostką jest to, że ma on eliptyczną (rozciągniętą) orbitę, co powoduje też, iż oddalenie planety od Słońca oscyluje między 207 a 249 mln kilometrów. Bliskie spotkania Ziemi i Marsa powtarzają się co 26 miesięcy; planety zbliżają się wtedy na odległość, która waha się w granicach 57 i 99 mln kilometrów. Do bardzo bliskiego spotkania dochodzi raz na 16 lat. Mimo tego, iż rok marsjański różni się znacznie od ziemskiego, to długość dnia i następstwo pór roku wykazują daleko idące podobieństwa. Mars obraca się wokół własnej osi w ciągu 24 godzin i 37 minut (długość doby marsjańskiej), a nachylenie jego osi obrotu do płaszczyzny orbity wynosi 25.2 stopnia. Wielkości te są bardzo zbliżone do tych, które charakteryzują naszą planetę. Wynika z tego, że na Marsie istnieje zjawisko pór roku (rozłożonych na długość marsjańskiego roku). Najbardziej spektakularnym efektem, który można śledzić z Ziemi jest to, że czapy lodowe na biegunach cyklicznie zmniejszają się i powiększają. Te białe plamy w okolicach biegunów obserwowano już w siedemnastym wieku. Dwutlenek węgla występuje na Marsie w dużych ilościach i stanowi główny składnik cienkiej atmosfery planety. Zamarznięty dwutlenek węgla tworzy cienką powłokę czap lodowych, składających się głównie z zamarzniętej wody. Mars obfituje w widoki zapierające dech w piersiach. Znajdują się tam

wspaniałe góry, trzykrotnie wyższe niż Mont Everest, kaniony, które są trzy razy głębsze i pięć razy dłuższe od ziemskiego Wielkiego Kanionu. Rozległe pola lodowe oraz wyschnięte koryta rzeczne, ciągną się przez tysiące kilometrów. Możliwe, że niezbadana wciąż powierzchnia Marsa kryje ogromne bogactwa oraz zasoby, o niewyobrażalnym znaczeniu dla przyszłych pokoleń Ziemi. Być może Czerwona Planeta rzuci nowe światło na niektóre poważne filozoficzne kwestie, będące od tysiącleci przedmiotem wnikliwych dociekań. Niewykluczone, że Mars stanie się w przyszłości domem dla nowej, dynamicznie się rozwijającej, gałęzi ludzkiej cywilizacji oraz nowym obszarem, którego zasiedlenie i rozwój będą motorem postępu całej ludzkości. Ale powróćmy do współczesności. Z Ziemi można dostrzec na Marsie plamy jaśniejsze, są to rejony planety znane jako Syrtis Major i Acidalia Planitia, oraz ciemniejsze; Argyre i Hellad Planitia. W przeszłości naukowcy przypuszczali, że obszary ciemniejsze są pokryte warstwą roślinności gdyż byli przekonani, że na Marsie panują warunki bardzo podobne do ziemskich.

Z wszelkimi złudzeniami o siostrzanym podobieństwie obu planet trzeba było się pożegnać 4 lipca 1965 roku, kiedy to Sonda Mariner wylądowała na Marsie i ku ogólnemu rozczarowaniu przesłała na Ziemię zdjęcia krajobrazu do złudzenia przypominającego pejzaż księżycowy. Od tej pory Czerwona Planeta uważana jest za zimną, martwą, pozbawioną wody (w stanie ciekłym) krainę. Dodatkowo orbiter Viking już w połowie lat siedemdziesiątych pobrały próbki podłoża, w których nie stwierdzono śladów organicznych. Powierzchnia Marsa przypomina zatem suchą, zimną i górzystą pustynię. Piasek uformowany jest w wydmy. Kolejne badania przyniosły odkrycie na powierzchni planety interesujących formacji kraterów, które uległy znacznie silniejszej erozji niż na Księżycu. Prawdopodobnie niegdyś na Marsie było bardzo dużo wody w stanie ciekłym, o czym świadczą rozległe obszary aluwialne i doliny podobne do rzecznych. Istniejąca podziemna stała zmarzlina być może topi się w ciepłych okresach historii Marsa. Największym wulkanem na Marsie jest obecnie nieczynny już wulkan tarczowy zwany Nix Olympica lub Olympus Mons (góra Olimp). Średnica jego podstawy wynosi około 600 km, a jego wierzchołek, który stanowi krater o średnicy około 90 km, wznosi się na wysokość 27 km ponad otaczający go teren. Atmosfera Marsa jest bardzo rzadka i składa się w głównej części z dwutlenku węgla (95%). Gęstość atmosfery Marsa odpowiada gęstości atmosfery ziemskiej na wysokości około 30 km. Ale i w tej bardzo rzadkiej atmosferze powstają chmury złożone z kryształków lodu i zestalonego dwutlenku węgla. Najwyższa temperatura na Marsie występuje w południe na równiku, sięgając +20 °C. Spada ona jednak w nocy bardzo szybko z powodu rozrzedzenia atmosfery, osiągając już podczas zachodu Słońca wartość -70 °C. W nocy temperatura spada jeszcze bardziej. Najniższa temperatura występuje na biegunach, gdzie podczas nocy spada nawet do -130 °C. Dwa księżyce Marsa noszą nazwy Phobos (Strach) i Deimos (Groza), doskonale pasujące do towarzyszy mitycznego „boga wojny”.

Historia poszukiwania życia na Marsie jest długa i niezwykle ciekawa. Wręcz powszechne zainteresowanie astronomią pod koniec XIX wieku wywołał mediolański astronom Giovanni Schiaparelli, który w roku 1877 odkrył tzw. „kanały na Marsie”. Okazały się one później złudzeniem optycznym. Schiaparelli uważał, że jest to sztuczny system kanałów nawadniających, zbudowany przez inteligentnych mieszkańców Marsa. Dzięki temu „odkryciu” odżyło stare pytanie o możliwość istnienia życia na innych planetach. Głoszono też i dyskutowano wiele fantastycznych teorii. Fascynująca przygoda, jaką jest poszukiwanie życia na Marsie, nie ominęła i naszych czasów. Kilkanaście lat temu świat obleciała informacja o odnalezieniu dowodu na istniejące w dawnej przeszłości życia na Marsie. Przyczyną całego zamieszania była przedwczesna interpretacja odkrycia mikroskopowego obiektu, przypominającego niektórym naukowcom prastare skamieniałości ziemskie, w znalezionym na Antarktydzie meteorycie o nazwie ALH 84 001, pochodzącym prawdopodobnie z Marsa.

Wielkim marzeniem jest lot człowieka ku Czerwonej Planecie. Agencja NASA przygotowała plan lotu na Marsa, który zakładał dowieszenie astronautów na planetę przez ogromny kosmiczny transportowiec, w którym mieściła by się całość zapasów potrzebnych ludziom do życia - pożywienie, tlen, paliwo raketowe na cały czas trwania misji. Statek byłby tak wielki, że nie mógłby wystartować z powierzchni Ziemi. Trzeba by go złożyć na orbicie okołoziemskiej albo na Księżycu. NASA więc musiała zaplanować zbudowanie poza Ziemią olbrzymich instalacji: doków, magazynów, elektrowni, pomieszczeń dla pracowników etc. Koszt całej misji oszacowano na niebotyczną kwotę 450 mld dolarów. Z tego powodu plan szybko trafił na półkę. Kilka lat później Robert Zubrin i David Baker, pracujący w firmie Martin Marietta Astronautics, ułożyli znacznie tańszy scenariusz podboju Marsa o nazwie „Mars Direct”. Naukowcy zaproponowali, by odchudzić statek tak, żeby zdołał wystartować bezpośrednio z Ziemi. Proponowali, aby nie zabierać paliwa potrzebnego na powrót z wyprawy, lecz wyprodukować je na Marsie. Sugerowali też, żeby rozłożyć inwazję na raty. Jednym statkiem lecieliby astronauta, a drugim zostałaby zawieszona na Marsa rakietą i zapasy na drogę powrotną. Taka wyprawa kosztowałaby „tylko” 40 mld dolarów. NASA zainteresowała się planem Zubrina i Bakera i ułożyła na jego podstawie swoją wersję. Powstał tzw. plan - „na wpół bezpośrednio na Marsa”. NASA dla większego bezpieczeństwa rozłożyła wyprawę na większą ilość „rat”, tj. zaplanowała więcej lotów raket. W niektórych wersjach zakłada się wykorzystanie napędu jądrowego. Szacowany koszt takiej misji wynosi już tylko 50 mld dolarów. Przy dogodnym położeniu planet lot w jedną stronę trwałby około pół roku. Ale potem załoga musiałaby spędzić na powierzchni planety niemal dwa lata, żeby doczekać się ponownej, korzystnej konfiguracji planet. W sumie, jak wynika z obliczeń Zubrina, astronauta powróciłiby na Ziemię po 30 miesiącach od chwili startu.

To, że na Marsie dziś nie ma życia, nie oznacza, że nie będzie go tam w przyszłości. Istnieją plany terraformacji Marsa, przewidujące przekształcenie go w mniejszą wersję Ziemi. By podnieść temperaturę, proponuje się dostarczyć tam freony i inne gazy cieplarniane. Zdetonowanie głowic nuklearnych na powierzchni planety także podniosłoby temperaturę i być może uaktywniłoby niektóre wulkany, zwiększając ilość dwutlenku węgla w atmosferze i potęgując efekt cieplarniany. Kiedy zaś roztopiłyby się polarne czapy lodowe ruszyłby obieg wody. Zmieniłby się skład atmosfery, powierzchnia planety zostałaby wzbogacona w tlen. W ten sposób na Czerwonej Planecie rozwinąłby się podstawowy ekosystem. Pierwsi osadnicy będą zmuszeni chronić się przed promieniowaniem kosmicznym budując mieszkania pod powierzchnią gruntu, a rośliny będzie się hodować w szklarniach zaopatrywanych w wodę z czap polarnych. Pierwszym krokiem do „oswojenia” Marsa powinno być jednak zwiększenie ciśnienia atmosferycznego i temperatury. Rozważano zastosowanie układu ogromnych orbitalnych zwierciadeł, które otoczyłyby Czerwoną Planetę, zwiększając intensywność promieniowania słonecznego. Niestety powierzchnia zwierciadeł musiałaby być nieracjonalnie wielka. Wystawienie zestalonego dwutlenku węgla na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego może doprowadzić do jego przejścia w stan gazowy i do zagęszczenia atmosfery. Wzmocnienie gazowej otoczki planety mogłoby wkrótce doprowadzić do ogrzania planety. Mars jest jedyną planetą, dla której istnieją realne plany kolonizacji. Teraz naukowcy zaczęli już rysować nową mapę Marsa, zaznaczając obszary, które w przyszłości zajmą jeziora i morza, w nadziei, że zacznie się topić wieczna zmarzlina. Przewidują też, że w ciągu najbliższych kilkuset lat planeta zmieni się z suchej i mroźnej w wilgotną i ciepłą. Program zazielenienia Czerwonej Planety rozpisany jest na 1000 lat. Po tym czasie potomkowie pierwszych kolonizatorów Marsa powinni już swobodnie spacerować poza ochronnymi konstrukcjami baz, bez skafandra i bez maski tlenowej, mając przed sobą krajobraz, który jako żywo będzie przypominał Ziemię.

Część czwarta

(przyczynki naukowe)

Materiały z II Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”
Częstochowa, 11-12 maja 2010

Recenzja szczegółowa:

Prof. dr hab. Krzysztof Maślanka

II Częstochowska Konferencja Młodych "Astrophisica Nova"

12-13 maja 2010 Częstochowa

Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie,
Al. Armii Krajowej 13/15, lok. 4004.



Komitety Organizacyjny

Dr Bogdan Wszolek (IF AJD, Częstochowa) - przewodniczący

Prof. dr hab. Arkadiusz Mandowski (IF AJD, Częstochowa)

Dr hab. Maciej Mikołajewski (UMK, Toruń)

Mgr Agnieszka Kuźmicz (UJ, Kraków)

Mgr Tomasz Szymański (UJ, Kraków)

Instytucje bezpośrednio wspomagające konferencję (organizacyjnie i/lub finansowo)

Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Polskie Towarzystwo Astronomiczne

Stowarzyszenie Astronomia Nova

Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii

Gwiazdy typu AM Herkulesa

Ivan Leonidowicz Andronov

Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie

(Tłumaczenie z rosyjskiego B. Wszolek)

6 października 1976 roku zaszło zdarzenie o ogromnym znaczeniu dla astrofizyki. Tego dnia amerykańscy uczeni zebrali się na jednodniowej konferencji poświęconej tylko jednej słabej (12^m - 15^m) gwiazdzie, AM Herkulesa. Ta data rozpoczęła nowy etap badań gwiazd podwójnych, w których wzajemne oddziaływanie grawitacyjne składników bezpośrednio wpływa na strukturę i ewolucję systemu. W takich układach podwójnych zachodzi przepływ masy z czerwonego karła na białego karła, który jest super gęstą gwiazdą, będącą końcowym produktem ewolucji gwiazdy słoneczno podobnej. Taki przepływ, nazywany akrecją, odbywa się po określonych trajektoriach. W swoim ruchu od jednego składnika ku drugiemu zjonizowana materia formuje tzw. strukturę akrecyjną, zależną od parametrów fizycznych gwiazd ciasnego układu.



Rys.1. Cząsteczki posiadające niezrównoważony ładunek elektryczny poruszają się w silnym polu magnetycznym po helisach owiniętych wzdłuż linii magnetycznych. Ruchoma plazma, będąca mieszaniną elektronów i dodatnio naładowanych jąder atomowych, układa się zatem w struktury rozciągające się wzdłuż linii magnetycznych. Promieniowanie cyklotronowe takiej plazmy charakteryzuje się wysokim stopniem polaryzacji liniowej i kołowej.

Okazało się, że w podwójnej AM Herkulesa pole magnetyczne białego karła jest tak duże, że rządzi ono ruchem plazmy nie tylko w jego najbliższym otoczeniu lecz na całej przestrzeni dzielącej obie gwiazdy. Białe karły zwykle mają masy od 0.4 do 1.4 masy Słońca, ale ich wielkość jest zaledwie rzędu rozmiaru Ziemi. Ich gęstość jest rzędu 1000kg/m^3 . Kolosalne siły grawitacji na powierzchni takiego obiektu są równoważone przez ciśnienie gazu elektronowego. Materia o podobnych własnościach nosi miano „zdegenerowanej”. Zachowuje się ona jak super trwały i idealnie przewodzący kryształ.

Jeszcze mniejsze i gęstsze są gwiazdy neutronowe, o promieniach zaledwie rzędu 10 km. Ich gęstości są rzędu miliarda ton na cm^3 . Pola magnetyczne takich gwiazd są miliony razy silniejsze od pól białych karłów, ale ich natężenia spadają bardzo szybko (odwrotnie proporcjonalnie do sześcianu odległości) i dlatego gwiazdy neutronowe nie wykazują takiego globalnego wpływu na procesy zachodzące w systemie podwójnym, jak to jest w układach z białym karłem.

Innym typem oddziałujących systemów podwójnych, których intensywne badania rozpoczęto w latach siedemdziesiątych XX wieku, są tzw. „zmienne kataklizmiczne”, układy dwóch gwiazd, z których jedna jest czerwonym karłem z wypełnioną powierzchnią Roche’a, a druga białym karłem. Zmienne kataklizmiczne dzieli się na kilka grup: nowe, powtarzające się nowe, nowe karłowate i nowopodobne. W pierwszych dwóch grupach kataklizmy zachodzą w związku z wybuchami termojądrowymi w zewnętrznych warstwach białego karła, kiedy zgromadzi się tam krytyczna masa wodoru opadająca z drugiego składnika. Po wybuchu, przepływ plazmy zachodzi dalej, do ponownego nagromadzenia się masy krytycznej i kolejnego wybuchu po tysiącach lat. Nowe powtarzające się, różnią się od klasycznych tym, że odstęp pomiędzy kolejnymi gwałtownymi pojaśnieniami (wybuchami) wynosi zaledwie kilkadziesiąt lat. W istocie, cykliczne wybuchy są naturalną częścią ewolucji białego karła, na którego opada wodór. Ale, jeśli dla klasycznej nowej odstęp czasu pomiędzy kolejnymi wybuchami wynosi setki tysięcy lat, niemożliwe jest zaobserwowanie w ich przypadku wtórnego wybuchu.

W nowopodobnych i nowych karłowatych przyczyną wzrostu jasności jest niestabilność dysku akrecyjnego wokół białego karła, osiągnięta po nagromadzeniu się na nim masy krytycznej, wywołującej wzrost lepkości materii do stopnia wymuszającego jej wyhamowanie i spadek na białego karła. Innymi słowy, nowopodobne są gwiazdami kataklizmicznymi pozostającymi w stanie prawie ustawicznego wybuchu.

W każdym przypadku, wokół białego karła w takich systemach, występuje dysk akrecyjny, ciągnący się na odległość dziesiątki razy przewyższającą promień białego karła. W połowie lat siedemdziesiątych XX wieku taki model ostatecznie został powszechnie przyjęty za sprawą pionierskich prac Roberta Krafta (USA), Józefa Smaka (Polska), Witalija Gorbatskiego (USSR) i innych.

Przy obecności pola magnetycznego choćby jednej z gwiazd układu, trajektorię ruchu przepływającej materii można rozdzielić na strefy dominacji sił magnetycznych i niemagnetycznych. Z dala od silnych pól magnetycznych dominują siły grawitacji i ciśnienia gorącej plazmy. W pozostałym obszarze górę biorą siły magnetyczne, zmuszając strumienie plazmy do poruszania się wzdłuż linii jego pola. Powierzchnia rozdzielająca obszary dominacji to tzw. magnetosfera albo powierzchnia Alfvena. W systemach podwójnych z silnym polem magnetycznym tworzy się nie tylko dysk akrecyjny, ale także kolumny akrecyjne.

W ramach przeglądu zmiennych kataklizmicznych, wykonanego przez Uniwersytet stanu Arizona w USA, Santiago Tapia odkrył silną, i cyklicznie zmienną, polaryzację liniową i kołową u gwiazdy podwójnej AM Herkulesa. Obiekty takie nazwano „polarami”. Analiza obserwacji pozwoliła stwierdzić, że biały karzeł ma silniejsze pole magnetyczne oraz to, że orbitalne i obrotowe okresy składników są takie same, tj. gwiazdy ciągle są zwrócone do siebie tymi samymi stronami.

Model gwiazdy, nazwany „standardowym”, przedstawili na wspomnianej konferencji w 1976 roku Ganesam Chanmugam i Robert Wagner. Przyjmował on co następuje:

1. Wchodzące w skład pary czerwony i biały karzeł mają synchroniczne ruchy obrotowe i obiegowe.
2. Pole magnetyczne ma na tyle duże natężenie, że nie dochodzi do formacji dysku akrecyjnego.
3. Stosunkowo chłodny (2500-3000 K) strumień materii przybywający od czerwonego karła nabiera prędkości by w końcu wyhamować zanurzając się w białego karła. Ostatni fragment trajektorii „strumienia akrecyjnego” nosi nazwę „kolumny akrecyjnej”.

Naturalnie, hamowanie nie jest natychmiastowe, dlatego nad atmosferą białego karła powstaje fala uderzeniowa, w której plazma strumienia akrecyjnego, poruszająca się z prędkością swobodnego spadania, zderza się ze wcześniej spowolnioną materią. Energia kinetyczna strumienia prawie w całości (do 94%) zamienia się przy tym w ciepło co prowadzi do lokalnego nagrzania materii do setek milionów stopni.

Te modelowe założenia stały się punktem wyjścia dla setek późniejszych badań, nie tylko samej klasy polarów typu AM Herkulesa, ale wielu podobnych systemów, odkrytych później.

Do 1976 roku pojawiły się wyniki patrolowych obserwacji fotograficznych obiektu AM Herkulesa, przeprowadzonych w Harvardzie w USA przez Feigelsona, Dextera i Lillera oraz w Sonnenbergu (NRD) przez Hudeca i Meinunger. W Odessie takie badania prowadził Władimir Cesewicz w oparciu o klisze siedmioobiektywowego astrografu (siedem kamer). Organizował też regularne badania tego obiektu angażując astronomów z Odessy (I.L. Andronov, S.W. Wasiliewa i in.) i z Kiszyniowa (V.P. Smykow

i L.I. Szakun), zainspirowany popularnonaukowym artykułem Lillera „Zagadki AM Herkulesa”, opublikowanym w „Nature”.

W roku 2002 autorowi udało się spotkać Lillera na konferencji w Brukseli. Uczony wspominał wizytę Cesewicza w Harvardzie i jego zamiłowanie do gwiazd zmiennych. Wspomniany artykuł z „Nature” zapoczątkował ostatni kierunek badań odesskiego astronoma, a także istotnie wpłynął na życie autora tego przyczynku, któremu Cesewicz pozostawił zadanie odnośnie AM Herkulesa: „rozpracować do końca”.

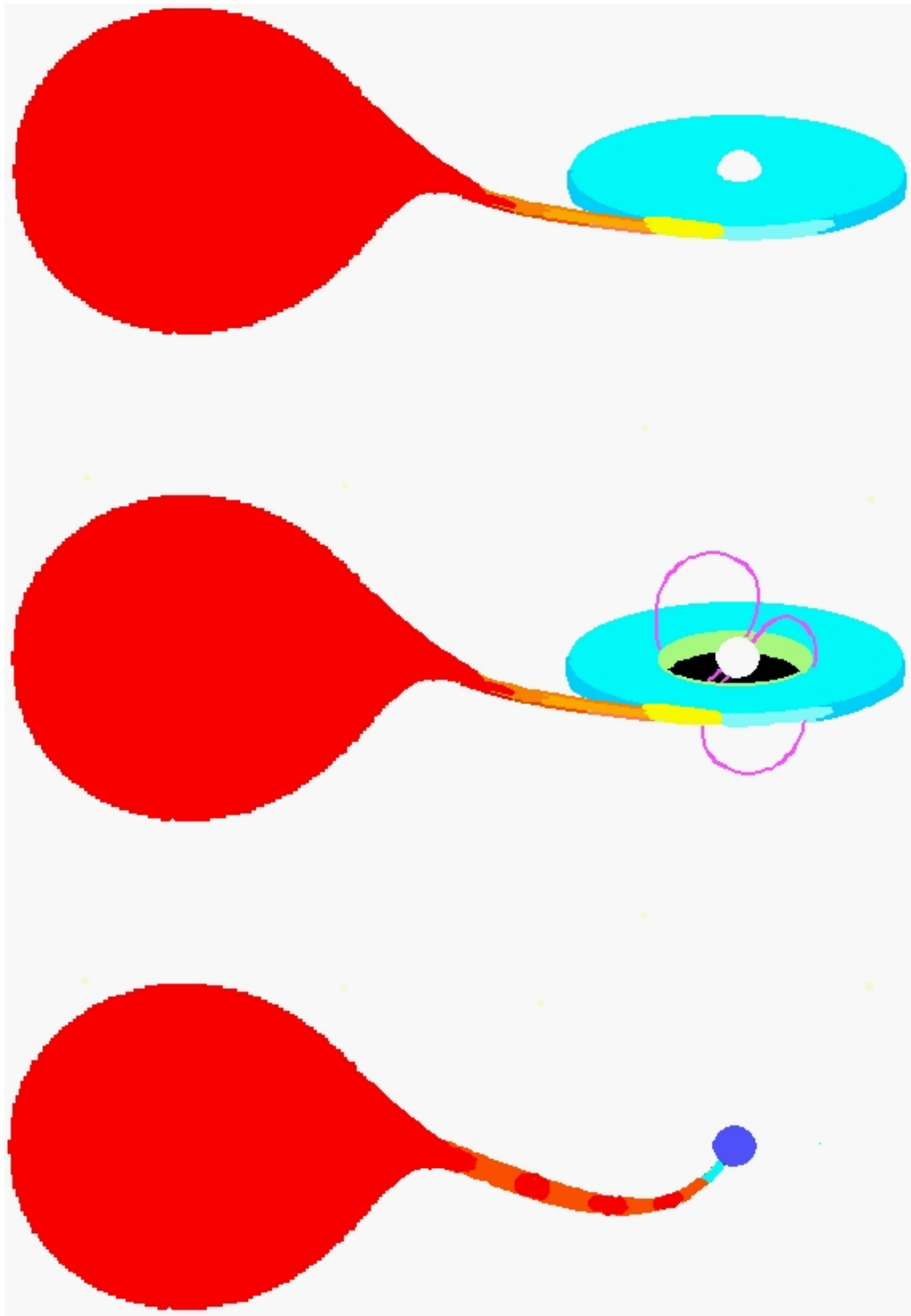
Współcześnie prowadzi się intensywne badania w ramach programu „Polar”. W programie uczestniczą nie tylko astronomowie ukraińscy (Odesski Narodowy Uniwersytet Morski, Odesski Narodowy Uniwersytet, Krymskie Obserwatorium Astrofizyczne), ale również z Polski (Stanisław Zoła, Włodzimierz Godłowski, Marcin Cikała), Niemiec, Słowacji, Węgier, Grecji, Korei Południowej i innych krajów.

Strumień akrecyjny, biorący początek w otoczce konwekcyjnej czerwonego karła, jest bardzo niejednorodny, jest raczej zespołem obłoków lub zgęszczeń plazmy. Ilość tych zgęszczeń i unoszona przez nie masa zależą, jak pokazało modelowanie numeryczne, nie tylko od charakterystyk atmosfery czerwonego karła, ale również od orientacji osi magnetycznej białego karła. „Magnetyczny zawór” jest otwarty, kiedy kierunek tej osi przechodzi przez środki gwiazd. Jest całkowicie zamknięty, gdy oś magnetyczna jest prostopadła do linii łączącej środki gwiazd.

W miarę jak obłok, element strumienia akrecyjnego, zbliża się do białego karła, wchodzi w obszar coraz silniejszego pola grawitacyjnego i magnetycznego. Siły pływowe z jednej strony, a siły magnetyczne z drugiej powodują wydłużenie obłoku wzdłuż trajektorii. W rezultacie kiedy obłok dochodzi już do kolumny akrecyjnej, jego kształt przypomina „nić”, której długość jest około tysiąc razy większa od grubości.

W 1979 roku A. Aslanow, W.G. Kornilow i A.M. Czerepaszczuk badali szybką zmienność AM Herkulesa i wyciągnęli wniosek, że jednocześnie na białego karła spada kilkadziesiąt takich obłoków - naturalnie wzdłuż różnych linii sił. Zmienność takiego typu przed polarami obserwowano u aktywnych jąder galaktyk. Potem odkryto ją i zbadano dla różnych obiektów, w tym i dzięki naszym obserwacjom z użyciem 2.6 metrowego teleskopu Szajna w Krymskim Obserwatorium Astrofizycznym.

Oddzielny problem to określenie konfiguracji pola magnetycznego białego karła. Na dużych odległościach ma ono charakter dipolowy. Jest zatem podobne do pola magnetycznego Ziemi, tyle że jest o wiele silniejsze. W miarę zbliżania się do białego karła, w jego polu magnetycznym dochodzą do głosu silne przyczynki kwadrupolowe i przyczynki wyższych rzędów. Oznacza to, że na powierzchni białego karła mamy do czynienia z dużą liczbą biegunów magnetycznych, a tym samym z dużą ilością kolumn akrecyjnych.



Rys. 2. Trzy typy gwiazd kataklizmicznych: niemagnetyczne (u góry), pośrednie polary (w środku) i klasyczne polary (u dołu). Czerwony karzeł (z lewej) traci masę atmosfery przez punkt Lagrange'a (L1) i strumień akrecyjny podąża w stronę białego karła. U pośrednich polarów silne pole magnetyczne powoduje rozpad wewnętrznych obszarów dysku akrecyjnego, a u polarów klasycznych wręcz nie dopuszcza do utworzenia się takiego dysku. W przypadku polarów klasycznych opadająca na białego karła plazma formuje się w tzw. kolumny akrecyjne. Struktura akrecyjna, w zależności od typu układu podwójnego, może występować jako: strumień+dysk, strumień+dysk+kolumny oraz strumień+kolumna.

Własności magnetyczne białego karła służą do odróżniania polarów od „niemagnetycznych” zmiennych kataklizmicznych. Jednakże i czerwony karzeł, wchodzący w skład polara, może mieć własne pole magnetyczne, dające się obserwować. Cykl aktywności magnetycznej, podobnej jak dla Słońca, powoduje zmiany temperatury i gęstości atmosfery w pobliżu wewnętrznego punktu Lagrange’a, skutkiem czego tempo wypływu materii będzie ulegać zmianie. Słynnym potwierdzeniem aktywności magnetycznej czerwonego karła był bezprecedensowy wybuch z dnia 28 sierpnia 1992 roku odkryty przez odesskich (I.L. Andronov, S.V. Kaliesnikow) i krymskich (N.M. Szachowskiej, I.Ju. Aleksiejew) astronomów. W maksimum wybuchu emisja od czerwonego karła wzrosła 8000-krotnie! Wybuch ten należy do pięciu najmocniejszych przypadków tego rodzaju, zarejestrowanych przez astrofizyków i obserwowanych głównie u gwiazd typu UV Ceti (Wieloryba), chłodnych czerwonych karłów z silną konwekcją zewnętrznej warstwy, z silnymi polami magnetycznymi i mocnymi wybuchami. Jednak, gwiazdy UV Ceti są pojedyncze i ich zmienność nie jest związana z podwójnością. Tym ważniejszym zdaje się być odkrycie tego rodzaju zmienności u czerwonego karła w kataklizmicznym systemie podwójnym AM Herkulesa.

Układ AM Herkulesa, jak i inne gwiazdy tego typu, ciągle dostarczają astronomom nowych niespodzianek. We Wszechświecie zachodzą przeróżne procesy, niemożliwe do przeprowadzenia w ziemskich laboratoriach. Zadaniem astrofizyki jest obserwować te procesy i opracowywać nowe teoretyczne modele dla lepszego rozumienia Kosmosu, do którego należymy.

Gwiazdy podwójne i ich ewolucja

Lidia Chinarova

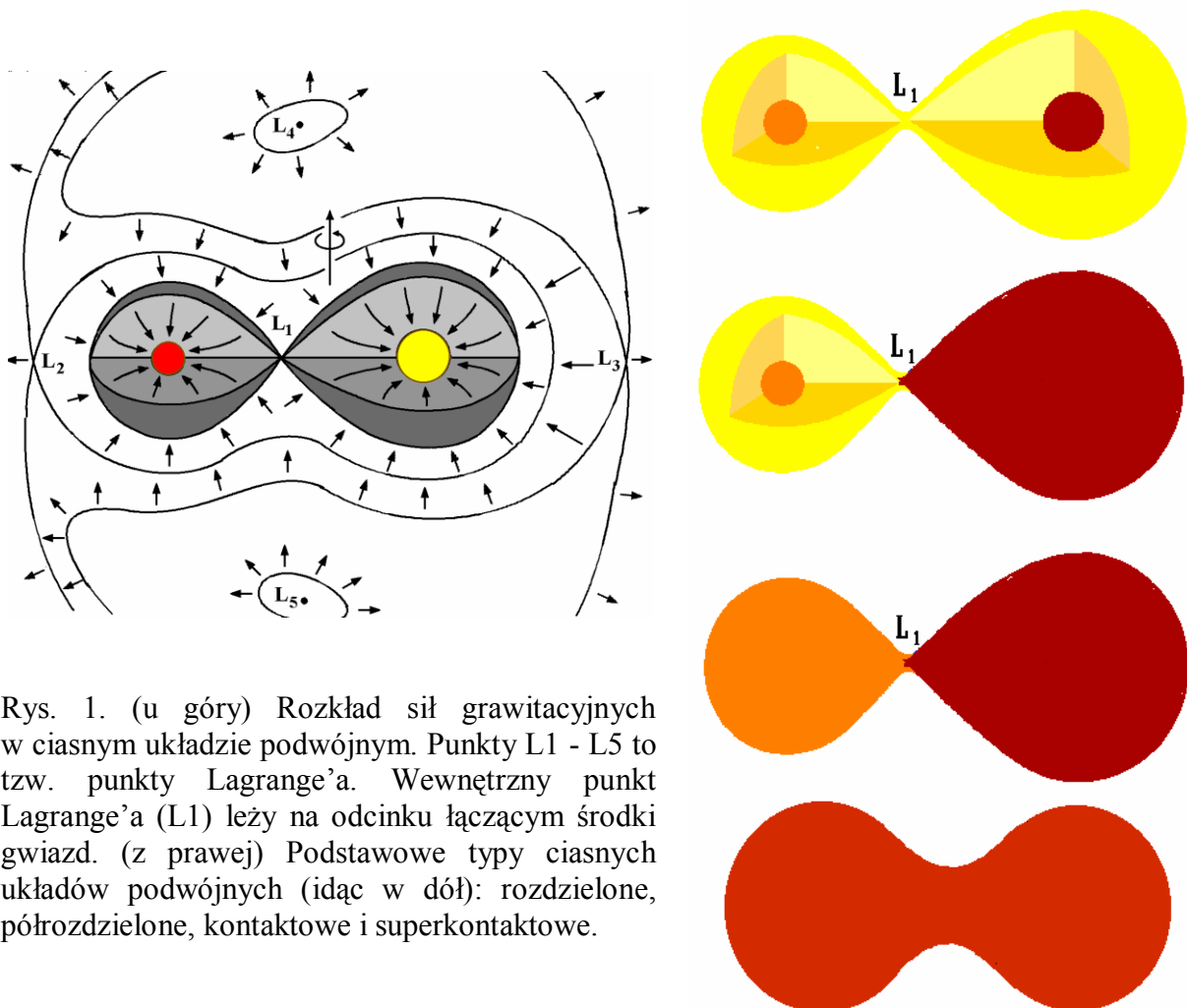
Obserwatorium Astronomiczne Narodowego Uniwersytetu w Odessie

(Tłumaczenie z rosyjskiego B. Wszolek)

Gwiazdy podwójne są podstawowym źródłem informacji o fizycznych charakterystykach ich składników. Większość znanych gwiazd występuje w podwójnych lub wielokrotnych układach. Dla zobrazowania tego faktu przytoczmy wypowiedź akademika Bojarczuka „optymista wierzy, że wszystkie gwiazdy są podwójne, pesymista uważa, że tylko 80%”. Ewolucja gwiazdy należącej do układu podwójnego istotnie różni się od ewolucji takiej samej gwiazdy, lecz występującej pojedynczo. Każdy ze składników gwiazdy podwójnej może przejawiać swoją własną fizyczną zmienność, co prowadzi do wielkiej różnorodności przypadków. Obserwując gwiazdy podwójne można lepiej rozpoznać procesy fizyczne, które w nich zachodzą oraz badać zachowanie praw fizyki w skalach kosmicznych, niedostępnych w ziemskich laboratoriach.

Podstawowa klasyfikacja gwiazd podwójnych uwzględnia stopień wypełnienia przez gwiazdy składowe tzw. stref Roche'a, które wyznaczone są powierzchnią równego potencjału. Strefy Roche'a obu składników spotykają się w tzw. wewnętrznym punkcie Lagrange'a. Do pierwszego typu gwiazd podwójnych zalicza się układy rozdzielone, tzn. takie, w których obie gwiazdy skupione są głęboko we wnętrzach swoich stref Roche'a. W takich przypadkach przepływ masy między składnikami w ogóle nie występuje albo jest stosunkowo mały. Do drugiego typu zalicza się układy półrozdzielone - jedna gwiazda zajmuje tylko centrum swojej strefy Roche'a, druga natomiast wypełnia swoją strefę całkowicie. W takim przypadku w otoczeniu wewnętrznego punktu Lagrange'a dochodzi do wypływu masy z gwiazdy drugiej w kierunku pierwszej w postaci tzw. strumienia akrecyjnego. W bliskim otoczeniu gwiazdy pierwszej może powstać dysk akrecyjny (jak np. w systemach kataklizmicznych, symbiotycznych czy rentgenowskich), albo możemy mieć do czynienia z bezpośrednim opadaniem strumienia akrecyjnego w atmosferę pierwszej gwiazdy. Trzeci typ to układy kontaktowe, występujące w dwóch wariantach. Pierwszy obejmuje przypadki, kiedy obie gwiazdy układu wypełniają swoje strefy Roche'a, bądź są bardzo bliskie wypełnienia. Drugi wariant obejmuje układy, w których obie gwiazdy przekroczyły granice swoich stref i wypełniają swoją materią jedną wspólną strefę (Rys.1). Przypadki układów o wspólnych otoczkach charakteryzują się bliskim położeniem składników, krótkimi okresami zmienności, dużymi prędkościami przepływu materii. Takie sytuacje mogą wystąpić krótkotrwale, na jakimś ustalonym etapie ewolucji układu. Wcześniej taki układ musi przejść stadium półrozdzielenia.

W rzeczywistości w systemach półrozdzielonych zachodzi proces, który astrofizycy nazywają „wymianą masy”, polegający na przepływie masy z wypełnionej strefy do jeszcze niewypełnionej strefy drugiej gwiazdy.



Rys. 1. (u góry) Rozkład sił grawitacyjnych w ciasnym układzie podwójnym. Punkty $L_1 - L_5$ to tzw. punkty Lagrange'a. Wewnętrzny punkt Lagrange'a (L_1) leży na odcinku łączącym środki gwiazd. (z prawej) Podstawowe typy ciasnych układów podwójnych (idąc w dół): rozdzielone, półrozdzielone, kontaktowe i superkontaktowe.

Ewolucja systemu podwójnego zależy od początkowej masy składników oraz odstepu między nimi. Dlatego wprowadza się podział na mało masywne, średnio masywne i bardzo masywne układy podwójne. Z kolei ewolucja systemów podwójnych każdej grupy zależy od odległości między składnikami i od stosunku ich mas. Największym zainteresowaniem cieszą się ciasne układy podwójne. Podczas swojej ewolucji układ przechodzi wtedy stadium z zapełnieniem stref Roche'a. Gwiazdy podwójne o bardzo oddalonych składnikach są mniej ciekawe. W ich przypadku nigdy nie dochodzi do zapełnienia żadnej strefy Roche'a i ewolucja przebiega dla każdego składnika niezależnie.

Rozpatrzmy ewolucję tych gwiazd podwójnych, u których w sposób zauważalny zmienia się tempo ewolucji pod wpływem drugiego składnika. Niech M_1 będzie masą pierwszego składnika, która na początku jest znacznie większa niż masa drugiego składnika M_2 , a - oznacza dużą półoś systemu, P - okres orbitalny.

Na pierwszym etapie ewolucja średnio masywnych i bardzo masywnych systemów podwójnych przebiega podobnie. Dopóki wodór się spala w gwiazdach składowych, znajdują się one na ciągu głównym diagramu H-R, a czas przebywania na tym ciągu zależy od początkowej masy gwiazdy. Im gwiazda masywniejsza, tym krócej przebywa na ciągu głównym. Następny etap rozwoju ciasnych układów wiąże się z tym, że jeden ze składników nie jest znacznie bardziej masywny niż drugi. W jądrze masywniejszego składnika jest większe ciśnienie i temperatura, stąd szybciej wyczerpie się zapas wodoru. Gwiazda zacznie się zapadać, wzrośnie temperatura, proces termojądrowy przemiany wodoru w hel przeniesie się do warstwy gwiazdy przyległej do helowego jądra. Zwiększy się tempo produkcji energii, skutkiem czego gwiazda jako całość zwiększy swoją objętość, temperatura zewnętrznych warstw gwiazdy spadnie i gwiazda opuści ciąg główny diagramu H-R i stanie się olbrzymem. Tak, masywniejsza gwiazda układu pierwsza zapełni swoją strefę Roche'a i od tej pory rozpocznie się wypływ masy, po części do przestrzeni międzygwiazdowej, a po części ku drugiemu składnikowi.

Strata dużej ilości początkowej masy prowadzi do tego, że dla podtrzymania równowagi gwiazda kurczy się i zwiększa gęstość oraz temperaturę w swej centralnej części, implikując termojądrowe przejście helu w jądra cięższych pierwiastków. Na tym etapie układ podwójny składa się z gwiazdy ciągu głównego wypełniającej powoli swoją strefę Roche'a oraz z gwiazdy z helowym jądrem.

Naturalnie, przedstawiony obraz możliwej ewolucji układu jest mocno uproszczony. Na tym etapie sytuacja może być już znacznie bardziej skomplikowana czy nawet nie zgadzać się z przedstawionym schematem. Przy dużych okresach orbitalnych, pierwszy składnik może wypełnić strefę Roche'a na etapie, kiedy większa część wodoru w jego jądrze się wypaliła, albo dopiero na etapie spalania helu. Dla wyjątkowo masywnych gwiazd, powiedzmy około 50 mas Słońca, i przy dużym tempie utraty masy, możliwy jest wariant powstania gwiazd typu Wolfa-Rayeta, z pominięciem stadium powstawania czerwonych i niebieskich nadolbrzymów.

Rozpatrzmy schemat ewolucji układu gwiazd, o łącznej masie 15 mas Słońca od etapu powstania gwiazdy typu Wolfa Rayeta. Po pierwszej wymianie mas, z początku bardziej masywny składnik zaczyna szybko ewoluować. W jego jądrze stopniowo zachodzi przechodzenie helu w węgiel, potem węgla w tlen i tak aż do utworzenia żelaznego jądra gwiazdy. W tym momencie gwiazda traci stabilność i gwałtownie się zapada. Niedługo potem wybucha jako supernowa, traci większość masy i pozostaje jako gwiazda neutronowa. Wybuch prowadzi do reakcji jądrowych z pochłanianiem energii i tym samym do gwałtownego kolapsu jądra gwiazdy. Jeśli masa gwiazdy jest 3.2 razy większa od masy Słońca, to pole grawitacyjne jest tak silne, że nawet neutrony nie są w stanie powstrzymać katastroficznego kurczenia. Dalszy kolaps jądra powoduje, że gwiazda przyjmuje minimalną objętość i staje się czarną dziurą. Po wybuchu

system się nie rozpada. Na tym etapie ewolucji system jeszcze nie jawi się jako masywny rentgenowski układ podwójny, ale zachowuje się jak „uciekająca” z dużą prędkością gwiazda typu O lub B.

Materia wyrzucona przez gwiazdę podczas wybuchu tworzy niewielką mgławicę, rozprzestrzeniającą się z olbrzymią prędkością. Stąd na drugim składniku, przeewoluowanym szybciej w związku z przenoszeniem masy na wcześniejszym stadium ewolucji, pojawia się intensywny wiatr gwiazdowy. Wiatr gwiazdowy dolatuje do relatywistycznej gwiazdy i, zanim materia zostanie wchłonięta, jej cząstki emitują promieniowanie X. Od tego czasu system jawi się już jako masywna rentgenowska gwiazda. Po pewnym czasie druga gwiazda, będąca w stadium nadolbrzyma, w końcu wypełni swoją strefę Roche’a i rozpocznie się intensywny przepływ masy.

Gwiazdy podwójne na tym stadium ewolucji to nowe rentgenowskie, które dzieli się na podklasy zależnie od długości trwania wybuchów rentgenowskich, ich formy i wielu innych charakterystyk. Mogą to być pulsary rentgenowskie, barstery. Zachowania, charakterystyczne dla gwiazd rentgenowskich, wiążą się z formacją dysku akrecyjnego, mechanizmem opadania masy na gwiazdę neutronową lub czarną dziurę, efektem „refleksu” - przegrzanie powierzchni gwiazdy OB rentgenowskim promieniowaniem jej towarzyszącej.

Przy dużej prędkości przepływu masy, tworzy się wspólna otoczka, pochłaniająca promieniowanie rentgenowskie. Wielka ilość materii czyni system niewidocznym w promieniowaniu rentgenowskim. Relatywistyczna gwiazda zatapia się w głąb otoczki. Jeśli gęstość materii otoczki w pobliżu tej gwiazdy jest dostatecznie wielka, to system podwójny przemienia się w szybko wirującego olbrzyma z relatywistycznym jądrem. Nawet jeśli jądro byłoby czarną dziurą, ono nie jest w stanie szybko wchłoniąć całej otoczki. Rośnie ciśnienie promieniowania i szybkość akrecji będzie pozostawać na poziomie krytycznym do czasu wyczerpania się materii w otoczce. Jednakże, do sklejenia jąder może nie dojść, i wtedy tworzy się ciasny układ podwójny, w którym odległość między składnikami jest już znacznie mniejsza niż początkowo. System zachowuje się jak gwiazda Wolfa-Rayeta, otoczona rozszerzającą się mgławicą. Po wyczerpaniu się paliwa jądrowego, również druga gwiazda wybuchła jako supernowa. W tej sytuacji rozpad systemu jest praktycznie nieuchronny, wybuchła przecież masywniejsza gwiazda (druga gwiazda, po pierwszej wymianie masy stała się masywniejsza kosztem akrecji masy z pierwszego składnika) i powstają dwie odlatujące od siebie gwiazdy. Może się zdarzyć, że wybuch supernowej jest asymetryczny i wtedy system się nie rozpada lecz powstaje obiekt z dwoma gwiazdami relatywistycznymi. Mogą to być pojedyncze lub podwójne pulsary radiowe, z wielkimi prędkościami ruchu własnego, dochodzącymi do 800 km/s.

Oprócz wyżej przedstawionego scenariusza ewolucji układu dwóch masywnych gwiazd, z dużym prawdopodobieństwem może zrealizować się nieco inny wariant, w którym jedna z gwiazd wypełnia swoją strefę Roche’a na

etapie spalania wodoru w jądrze. Będzie zatem dwie gwiazdy ciągu głównego, z których jedna ma wypełnioną strefę Roche'a i traci masę przez wewnętrzny punkt Lagrange'a na rzecz drugiej. Prędkość z jaką gwiazda wtórna może wchłaniać opadającą masę jest ograniczona i zależy od rozmiaru, jasności oraz masy tej gwiazdy. Przy dalszym wzroście promienia rozszerzającej się gwiazdy, prowadzącym do wzrostu tempa akrecji, tworzy się wspólna otoczka. Kiedy w jądrze gwiazdy oddającej materię wypali się wodór, wtedy skurczy się ona, by po pewnym czasie znów nabrać objętości, gdy wodór zacznie się spalać w warstwach okołojądrowych. Wypływ masy zostanie wznowiony. Prawdopodobny jest też scenariusz ewolucji prowadzący do złączenia się obu składników. Byłby to sposób na powstawanie najmasywniejszych gwiazd klasy O_f , gwiazd z temperaturą fotosfery około 40000K.

W stadium pierwszego przepływu masy składnik pierwszy może stracić około 60% masy, a drugi składnik przyjmując tą masę, stanie się bardziej masywny od pierwszego. Przyspieszy znacznie swoją ewolucję i na etapie spalania wodoru w warstwach okołojądrowych zrzuci otoczkę. Tym sposobem powstanie system złożony z gwiazdy typu Wolfa-Rayeta, przy czym teraz mniej masywna gwiazda pierwsza będzie ewoluować jak klasyczna gwiazda ciągu głównego. Zatem gwiazda Wolfa-Rayeta przeewoluuje w gwiazdę neutronową i powstanie system z mało masywną gwiazdą ciągu głównego i z gwiazdą neutronową, system typu HZ Her. W dalszym etapie, z racji ograniczeń na tempo akrecji, powstanie wspólna otoczka. Może to doprowadzić dalej do połączenia się składników i powstania pojedynczej gwiazdy z relatywistycznym jądrem, albo, gdy nie dojdzie do połączenia, do powstania półrozdzielonego systemu, gwiazdy rentgenowskiej.

Nie mniej interesujące procesy zachodzą w ciasnych układach podwójnych pośrednich mas. Rozpatrzmy poszczególne etapy ewolucji układu w którym masa pierwszej gwiazdy zawiera się w przedziale 1.5-10 mas Słońca. Wariant, prowadzący do powstania kontaktowych systemów podwójnych na etapie spalania wodoru w jądrze gwiazd średniomasywnych tu opuścimy, gdyż jest identyczny ze scenariuszem ewolucji systemów typu W UMa dla małowymasywnych gwiazd i będzie rozpatrzony później. Ale należy zauważyć, że prawdopodobieństwo złączenia się składników we wspólnej otoczce jest większe dla systemów, w których pierwszy przepływ masy wystąpił podczas spalania wodoru w jądrze pierwszego (masywniejszego), składnika.

Całkiem inny przebieg ewolucji jest do wyobrażenia, kiedy pierwsza wymiana masy nastąpiła na etapie tworzenia się zdegenerowanego jądra helowego u gwiazdy masywniejszej. Ewolucja prowadzi wtedy do układu złożonego ze zwartego helowego karła i gwiazdy ciągu głównego z szybko wirującym dyskiem. Nastąpi moment, kiedy wtórny składnik zacznie się rozszerzać. W najbardziej szerokich systemach, może nie dojść do wypełnienia strefy Roche'a. Powstanie wtedy system typowy dla gwiazd symbiotycznych. Czerwony nadolbrzym, tracący masę w postaci wiatru gwiazdowego oraz biały

karzeł, okrążające resztki porzuconej masy. W przypadku nadkrytycznej akrecji materii unoszonej przez wiatr gwiazdowy i niemożności przyjęcia jej wszystkim przez białego karła, dochodzi do kumulacji materii, a z chwilą przekroczenia przez nią wartości 10^{-5} mas Słońca następuje wybuch nowej symbiotycznej. Jeśli zaś masa białego karła, wzrastająca w miarę pochłaniania wiatru od towarzysza, osiągnie granicę Chandrasekhara (1.44 masy Słońca), to następuje kolaps białego karła i wybuch supernowej typu I. System nie musi się rozpaść, a w miejscu dawnego białego karła pojawi się teraz gwiazda neutronowa. Opadający na nią wiatr gwiazdowy od towarzysza prowadzi do emisji promieniowania X. Potem nadolbrzym ewoluuje i ostatecznie system przeobraża się w długookresowy podwójny pulsar.

W bardziej ciasnych układach drugi składnik zapełnia swoją strefę Roche'a, co również prowadzi do powstania wspólnej otoczki, z racji szybkiej akrecji materii. Następnie otoczka ulega rozproszeniu, a pozostanie ciasny układ dwóch zdegenerowanych karłów. Układ klasyfikuje się w takiej sytuacji jako mgławicę planetarną z podwójnym jądrem. Dwukrotne powstawanie wspólnej otoczki podczas ewolucji ciasnych układów podwójnych prowadzi do jeszcze większego ich zacieśnienia. Szerokie układy odwrotnie, po utracie materii stają się jeszcze bardziej rozdzielone.

W ten sposób układy, u których w czasie stadium ze wspólną otoczką w procesie zbliżania duża półoś orbity pozostanie większa od trzech promieni Słońca, kończą ewolucję w sposób analogiczny do systemów mocno rozdzielonych, nie przechodzących stadium wspólnej otoczki. Jednak, jeśli składniki zbliżą się na odległość mniejszą od trzech promieni Słońca, to potem, w wyniku działania promieniowania fal grawitacyjnych, zbliżają się jeszcze bardziej. W rezultacie składowa mniej masywna i, co za tym idzie, z wielkim promieniem, jako pierwsza zapełnia strefę Roche'a. Dla układów składających się z węglowo-tlenowych karłów, proces wymiany materii jest niemożliwy, co prowadzi do rozpadu składowej, wypełniającej swoją strefę Roche'a. Dalszy los powstałego obiektu, zdegenerowanego karła, otoczonego masywnym dyskiem, zależy od tempa akrecji materii dysku na karła. Przy powolnej akrecji system jest stabilny i, jeśli łączna masa karła i dysku nie przekracza granicy Chandrasekhara, to powstaje zdegenerowany karzeł. Jeśli ta granica (1.44 masy Słońca) jest przekroczona, to dojdzie do wybuchu supernowej typu I. Przy dużym tempie akrecji, dochodzi do powstania rozciąglej helowej otoczki (jeśli dysk składał się z helu). W ten sposób mogą powstawać pojedyncze gwiazdy typu R CBr, z rozciąglą otoczką helową i węglowo-tlenowym jądrem. Ostatecznie powstanie zwyrodniały karzeł.

Prześledźmy jeszcze jedną gałąź ewolucji gwiazd pośredniej masy po stadium wymiany masy, kiedy drugi składnik, ale już z większą masą, po pierwszym transferze masy w układzie wypełnia strefę Roche'a. Powstaje wtedy wspólna otoczka i w dalszym etapie może dojść do połączenia się jąder gwiazd. W zależności od masy i składu chemicznego jądra w wyniku dalszej ewolucji

powstaje biały karzeł albo, po wybuchu supernowej, gwiazda neutronowa (pulsar).

Przy dużych stosunkach mas wyjściowego systemu może dochodzić do powstania układu składającego się z gwiazdy neutronowej i z gwiazdy ze zdegenerowanym helowym jądrem w stadium wypełniania strefy Roche'a. Takie twory klasyfikowane są jako mało masywne systemy rentgenowskie (radiopulsary). Ostatecznym wynikiem ewolucji będzie tu układ składający się z gwiazdy neutronowej i helowego karła.

Ewolucja gwiazd podwójnych o małych masach również może zależeć od tego, w jakim stadium rozwoju pierwszego składnika, lub obu, dochodzi do wypełnienia strefy Roche'a. Na przebieg ewolucji gwiazd podwójnych, oddalonych od siebie nie bardziej niż na 10 promieni Słońca i z masą początkową wiodącego (pierwszego) składnika mniejszą od 1.5 masy Słońca, duży wpływ ma również magnetyczny wiatr gwiazdowy, który może hamować ruch mało masywnych gwiazd i powodować zbliżanie się ich ku sobie. Dodatkowo w ciasnych układach podwójnych, zbliżanie się składników może być wspomagane poprzez emisję fal grawitacyjnych. Wynikiem ewolucji mało masywnych ciasnych układów podwójnych mogą być szybko rotujące pojedyncze gwiazdy (powstałe w wyniku połączenia składników) lub systemy kontaktowe typu W UMa i pół rozdzielone krótkookresowe układy typu Algola.

Rozpatrzmy najbardziej interesujące obiekty, których ewolucji nie da się wyjaśnić bez uwzględnienia magnetycznego wiatru gwiazdowego i emisji fal grawitacyjnych. Dla ewolucji gwiazd podwójnych typu W UMa możliwy jest następujący scenariusz. Gwiazda ciągu głównego wypełnia strefę Roche'a i oddaje część masy do sąsiedniej gwiazdy. To przyspiesza ewolucję drugiego składnika, który po niedługim czasie również wypełnia swoją strefę Roche'a. W rezultacie powstaje system typu W UMa, charakteryzujący się krótkim okresem orbitalnym, 5-15 godzin. Obie składowe takich systemów mają wypełnione strefy Roche'a, a oba jądra są zatopione we wspólnej rotującej otoczce. Potem może dojść do sytuacji, że druga gwiazda (z mniejszą masą) w całości przepłynie na przeewoluowany masywniejszy (pierwszy) składnik i ostatecznie powstanie szybko rotujący czerwony olbrzym.

Podczas ewolucji gwiazd z masą 0.8-1.5 mas Słońca, może pojawiać się system, w którym główny składnik wypełnia swoją strefę Roche'a na etapie formowania się helowego jądra. Wtedy materia pierwszego składnika wycieka na tyle szybko, że nie wszystka opada na towarzysza, ale jej znaczna część trafia do przestrzeni międzygwiazdowej tworząc wspólną otoczkę obu składników. Kiedy otoczka odpłynie, pozostaje gwiazda ze zdegenerowanym jądrem w towarzystwie gwiazdy ciągu głównego.

Dalszy ciąg ewolucji zależy od odległości między gwiazdami i od masy drugiego składnika, czyli od parametrów determinujących rozmiar strefy Roche'a. Jeśli nie dojdzie do wypełnienia strefy Roche'a, to otrzymamy system dwóch białych karłów. Jeśli drugi składnik będzie w stanie wypełnić strefę

Roche'a, to dojdzie do wtórnego przepływu masy, teraz w odwrotnym kierunku, ze składnika drugiego na pierwszy. Ten etap ewolucji prowadzi do wielu interesujących zjawisk, określanych jako kataklizmiczne.

W systemach kataklizmicznych często zdarzają się wybuchy termojądrowe (typu wybuchów nowych klasycznych), wynikające z faktu, że biały karzeł nie jest w stanie naraz przyjąć zbyt dużej ilości materii bogatej w wodór. Same z siebie białe karły są gwiazdami stabilnymi. Jednak w towarzystwie bliskiej gwiazdy i akrecji materii na białego karła dochodzi do zachwiania stabilności. Zanim bogata w wodór materia wyciekająca z towarzysza opadnie na białego karła, wcześniej tworzy wokół niego dysk akrecyjny. Na powierzchni białego karła praktycznie nie ma wodoru, ale opadająca materia zagęszcza się pod wpływem silnej grawitacji i ulega podgrzaniu. Przy odpowiednim nagromadzeniu wodoru jego temperatura może osiągnąć wartość krytyczną prowadzącą do syntezy wodoru i jeszcze większego podgrzania powierzchni białego karła. Następuje wybuch (i wzrost jasności gwiazdy), podczas którego materiał dysku jest wyrzucany poza przedział wpływu pola grawitacyjnego białego karła. Po takim epizodzie sytuacja wraca do normy. Znowu tworzy się dysk akrecyjny, znów materia opada z niego na białego karła. W końcu dochodzi do następnego wybuchu. Sytuacja powtarza się aż do czasu ustania akrecji. A to nastąpi gdy towarzysz (czerwony olbrzym) skurczy się podczas kolejnego stadium swojej ewolucji i stanie się też białym karłem.

Przedstawiony schemat ewolucji układów podwójnych gwiazd nie uwzględnia wszystkich możliwych subtelności, ale przybliżyła tylko najbardziej prawdopodobne ścieżki ewolucyjne. Przytoczone scenariusze ewolucji nie wyczerpują zagadnienia. Wskazują jedynie na bogactwo procesów fizycznych jakie mogą rozgrywać się w takich układach i przekonują, że gwiazdy podwójne to bardzo interesujące kosmiczne laboratoria, często przysparzające obserwatorom niespodzianek. Zaslugują na szczególne zainteresowanie zarówno ze strony profesjonalistów jak i miłośników astronomii.

Układy podwójne gwiazd z akrecją materii typu „Direct Impact”

Natalia A. Virnina

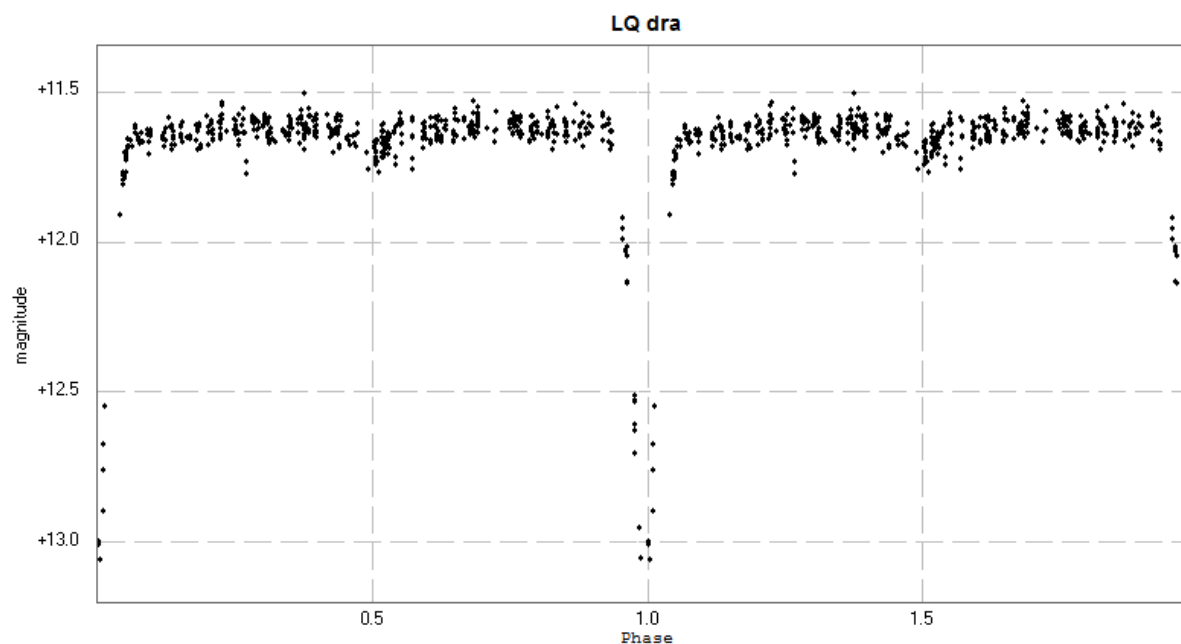
Narodowy Uniwersytet Morski w Odessie

(Tłumaczenie z angielskiego B. Wszolek)

Ciasne układy podwójne to pary gwiazd, które często powstały w tym samym obłoku protogwiazdowym. Mogą mieć różne temperatury efektywne, różne masy, a także mogą być na różnych etapach ewolucji. Zgodnie z dzisiejszą klasyfikacją, występuje wiele typów ciasnych układów podwójnych. Rozważmy tu tylko systemy niezdegenerowane, czyli takie, które nie zawierają białych karłów, gwiazd neutronowych ani czarnych dziur.

Najzwyczajniejszym sposobem znajdowania podwójnych systemów zaćmieniowych jest metoda fotometryczna. W przypadku małego nachylenia orbity systemu możemy łatwo zaobserwować charakterystyczne cykliczne zmiany jasności układu. Przeważnie podczas jednego cyklu obiegu występują dwa zaćmienia. Kształt krzywej blasku oraz okres mogą być bardzo różne dla różnych systemów.

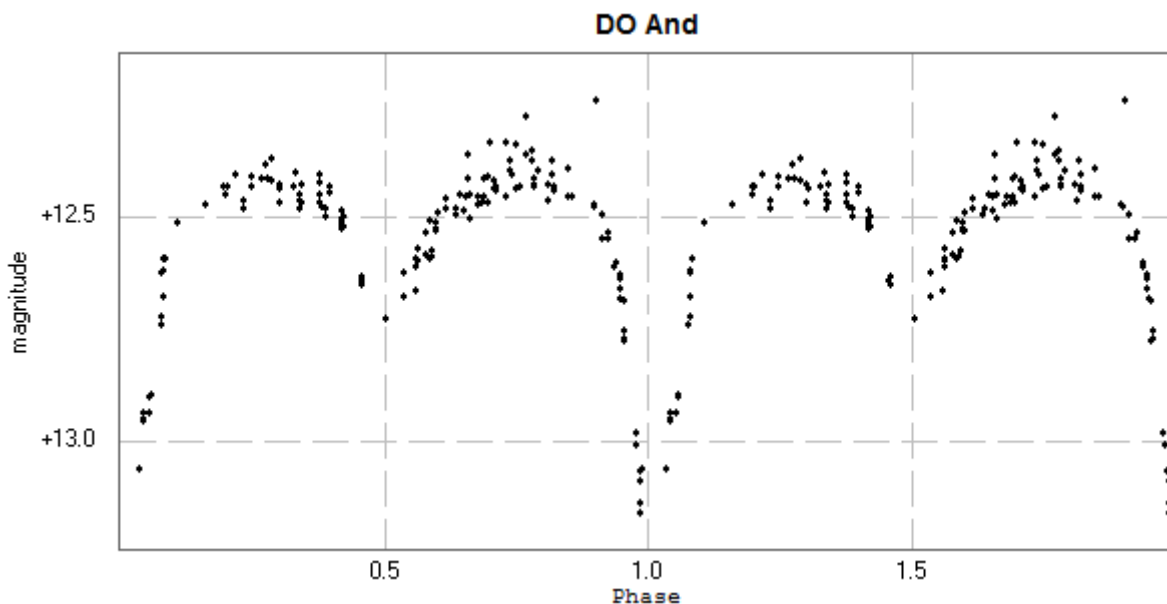
Podstawowe typy „klasycznych” systemów podwójnych zaćmieniowych (E) są systemy typu Algola (EA), typu β Lyrae (EB) oraz typu W UMa (EW). Nadto istnieją liczne typy układów podwójnych kataklizmicznych i symbiotycznych, mało i wielko masywnych układów podwójnych rentgenowskich, w których jeden ze składników jest już w jakimś stadium degeneracji - biały karzeł, gwiazda neutronowa lub czarna dziura.



Rys.1. Krzywa fazowa dla LQ Dra (w oparciu o dane automatycznego przeglądu NSVS).

Gwiazdy typu EA są podwójnymi zaćmieniowymi z ostrym minimum pierwotnym (gdy jaśniejszy składnik jest zaćmiewany przez towarzysza) oraz ze słabym minimum wtórnym. Chłodniejszy składnik często daje efekt refleksu: fragmenty krzywej blasku przylegające po obu stronach do minimum pierwotnego nie są idealnie poziome, ale opadają ku dołowi w miarę zbliżania się do profilu odpowiadającemu zaćmieniu. Takie systemy składają się z dwóch normalnych gwiazd ciągu głównego albo z mniej masywnego i mniej jasnego czerwonego olbrzyma towarzyszącego gwiazdzie ciągu głównego. Okres zmian blasku przeważnie zawiera się w przedziale od 0.8 do 10 dób. Jednak w niektórych przypadkach potrafi on osiągać wartość nawet powyżej 1000 dób. Amplituda blasku może osiągać nawet wartość 2^m . LQ Dra jest przykładem układu zaćmieniowego typu EA. Jej krzywą fazową obrazuje Rys.1.

Gwiazdy typu EB są układami o prawie stykających się składnikach: jeden z nich wypełnia strefę Roche'a. Te układy są z reguły ciaśniejsze od układów typu EA. Często obserwuje się dla nich silny efekt eliptyczności. Ich krzywa blasku charakteryzuje się dużą różnicą między minimum pierwotnym i wtórnym. Okresy zmienności blasku, od 0.4 do wielu dób, są dla tych gwiazd na ogół krótsze niż dla układów typu EA. DO And jest przykładem układu zaćmieniowego typu EA. Jej krzywą fazową obrazuje Rys.2.

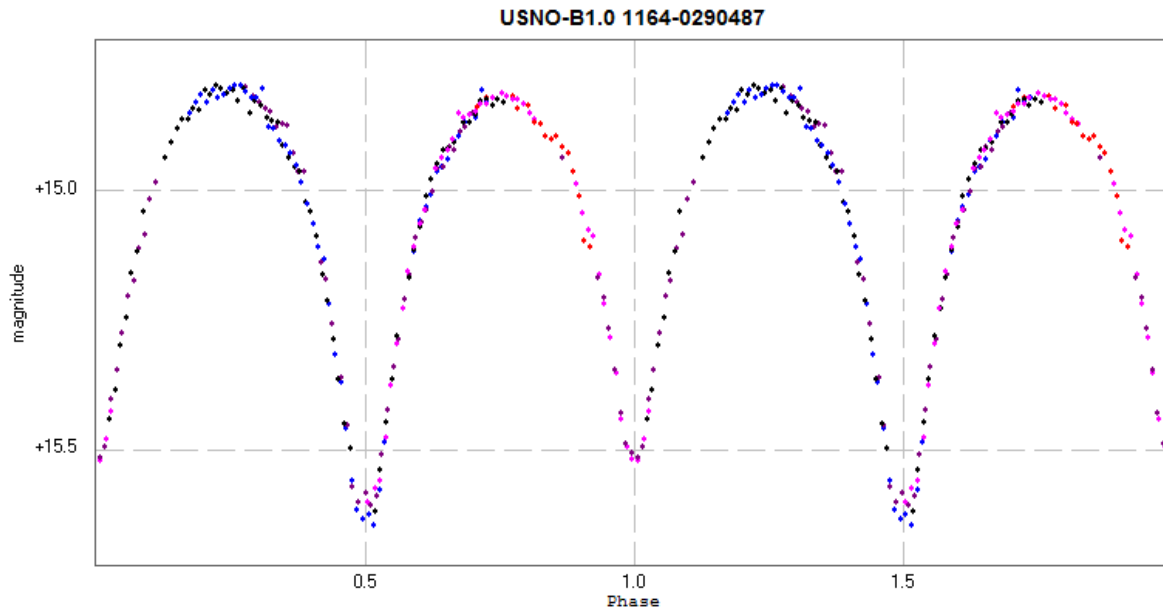


Rys. 2. Krzywa fazowa dla DO And (w oparciu o dane automatycznego przeglądu NSVS).

Najciaśniejszymi układami podwójnymi, często posiadającymi wspólną otoczkę, są gwiazdy typu EW. Te systemy często składają się z dwóch karłów, które całkowicie wypełniają swoje strefy Roche'a. Są to zmienne krótkookresowe (0.2-0.5 doby) z silnym efektem eliptyczności. Minima blasku są dla nich prawie równe, a amplituda zmian jasności może dochodzić do 0.8^m .

Wiele układów podwójnych posiada cechy indywidualne. Dlatego, oprócz głównych typów wprowadza się pomocniczo podtypy tych układów.

W wielu ciasnych układach podwójnych dochodzi do przepływu masy pomiędzy składnikami. W takim przypadku system może z czasem stawać się



Rys.3. Krzywa fazowa gwiazdy zmiennej typu EW, odkrytej ostatnio przez Natalię Virnina przy pomocy 180mm refraktora w Tzec Maun Observatory (gwiazda jeszcze nie zdążyła trafić do katalogu gwiazd zmiennych). Różne kolory odpowiadają różnym nocom obserwacyjnym.

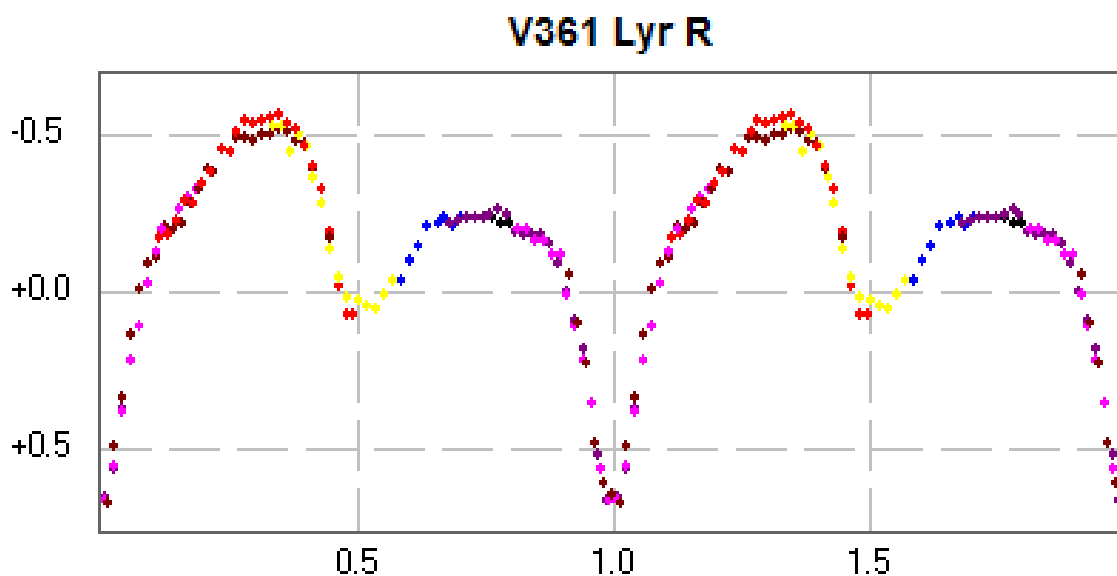
coraz bardziej ciasny i zmieniać okres orbitalny zgodnie z prawami Keplera. Długotrwałe obserwacje tego rodzaju układów dają szansę na wykrycie powolnych zmian ich okresowości.

Ciekawym efektem dla gwiazd podwójnych jest występowanie tzw. chłodnych lub gorących plam. Mechanizm powstawania chłodnych plam jest identyczny jak w przypadku plam słonecznych. Gorące plamy powstają natomiast gdy jeden ze składników ciasnego układu ma wypełnioną strefę Roche'a i strumienie masy przepływają od niego w stronę towarzysza. Taka materia nie opada bezpośrednio na gwiazdę, ale pod wpływem siły Coriolisa tworzy wokół niej tzw. dysk akrecyjny. Dopiero po jakimś czasie, potrzebnym na redukcję wyjściowego momentu pędu, materia opadnie na gwiazdę. W miejscu na dysku akrecyjnym, gdzie najintensywniej przybywa materii, powstaje nadwyżka temperatury i blasku - gorąca plama.

Unikalną, krótkookresową gwiazdą zmienną jest V361 Lyr. W roku 1987 została ona trafnie sklasyfikowana przez Andronova i Richtera jako gwiazda podwójna typu „direct impact”. W układach tego typu strumień materii spływający z jednego składnika na drugi miałby bezpośrednio opadać na gwiazdę, a nie tworzyć dysku akrecyjnego. Krzywa blasku dla V361 Lyr ma kształt silnie asymetryczny: pierwsze maksimum blasku jest znacznie wyżej niż drugie. Nadto, wtórne minimum na krzywej blasku jest lekko przesunięte. Dalej,

jak pokazały nowsze obserwacje (włączając nasze), różnica między pierwotnym i wtórnym maksimum blasku zależy od długości fali: jest większa w barwie niebieskiej niż w czerwonej. W swojej pracy, „V361 Lyrae - an exotic binary system with a 'hot spot' between the components?”, Andronov i Richter zaproponowali model dużej gorącej plamy w fotosferze jednego ze składników, zakładając, że w tym przypadku nie dochodzi do formacji dysku akrecyjnego. Ta gorąca plama miałaby się znajdować w pobliżu miejsca, gdzie strumień akrecyjny wpada bezpośrednio w atmosferę gwiazdy. Wobec tego, że strumień akrecyjny jest odchylony, wskutek działania siły Coriolisa, od linii łączącej środki gwiazd, również gorąca plama znajduje się z dala od tej linii.

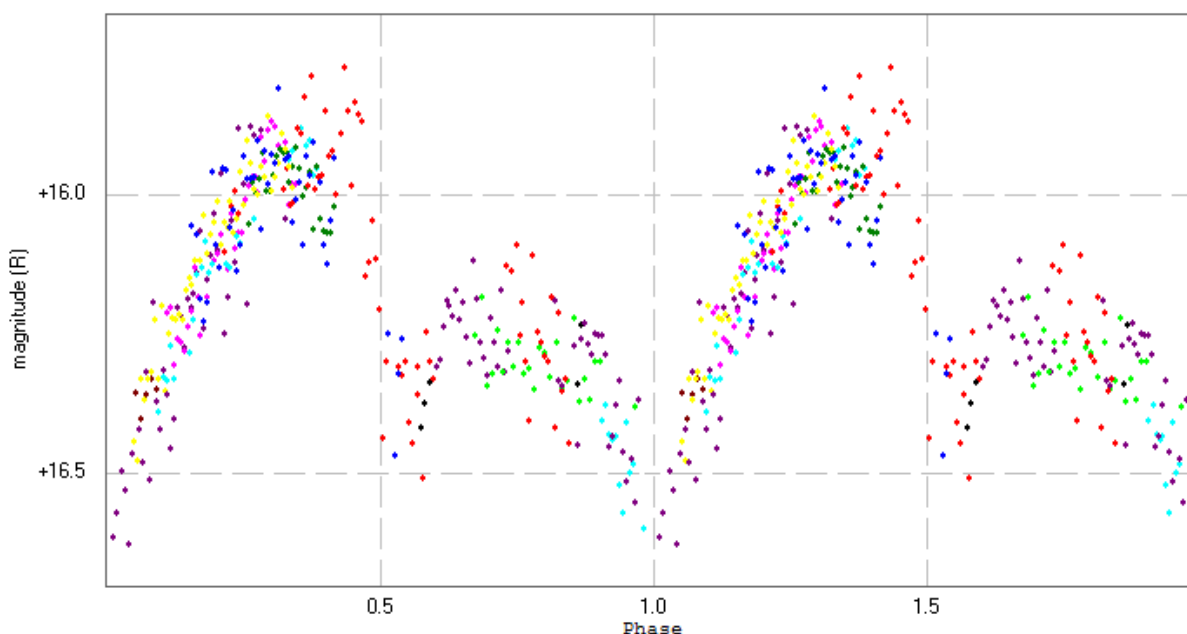
Rys.4 przedstawia krzywą blasku gwiazdy, otrzymaną przez nas ostatnio.



Rys. 4. Krzywa fazowa dla V361 Lyr w standardowym paśmie fotometrycznym R. Różne kolory odpowiadają różnym nocom obserwacyjnym. Na osi pionowej odłożono różnice blasku pomiędzy gwiazdą zmienną i gwiazdą porównania.

Po dwudziestu trzech latach od ukazania się pracy Andronova i Richtera, Natalia Virnina odkryła w 2010 roku gwiazdę podwójną o bardzo podobnych cechach co V361 Lyr. Gwiazda otrzymała wstępną nazwę w katalogu AAVSO : VSX J052807.9+725606. Okres tej zmiennej jest krótki ($9^{\text{h}}53^{\text{m}}$) i podobny do okresu V361 Lyr ($7^{\text{h}}26^{\text{m}}$). Pierwsze maksimum na krzywej blasku jest znacznie większe niż drugie, a minimum wtórne jest nieco przesunięte względem fazy $\phi=0.5$. Zostało też potwierdzone, że różnica pomiędzy pierwotnym i wtórnym maksimum też zależy od barwy światła, co wskazuje na obecność gorącej plamy. Rys. 5 przedstawia krzywą blasku gwiazdy dla porównania z krzywą blasku dla V361 Lyr (Rys. 4). Samo odkrycie oraz wyniki obserwacji i analizy układu zostały już opublikowane w czasopiśmie "Open European Journal on Variable Stars" (Virnina N.A. i Andronov I.L., 2010).

Chociaż na przestrzeni ostatnich trzydziestu lat wielu autorów ogłosiło przypadki mniej lub bardziej podobne do V361 Lyr (np. SV Cen, KZ Pav, V356 Sgr, TT Hya, CN And, KO Aql, GR Tau i in.), to w przypadku nowoodkrytej zmiennej VSX J052807.9+725606 podobieństwo jest tak mocno uderzające, że zaproponowaliśmy by wyodrębnić osobny podtyp układów podwójnych, reprezentowany przez V361 Lyr.



Rys.5. Krzywa fazowa nowej gwiazdy podwójnej z gorącą plamą VSX J052807.9+725606. Różne kolory odpowiadają różnym nocom obserwacyjnym.

Bibliografia

- Andronov I. L., Richter G. A., 1987, AN 308, 235
 Rensbergen W., Greve J. P., Loore C., Mennekens N., 2008, A&A 487, 1129
 Samus N.N. et al., 2010, General Catalog of Variable Stars, Moscow,
<http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/>
 Virnina N. A., Andronov I. L., 2010, OEJV 127,1
 Zhang X. B., Zhang R. X., Fang M. J., 2002, A&A 395, 587



Uczestnicy konferencji „Astrophisica Nova”. Od lewej: Sylwia Kusiak, Ivan Andronov, Natalia Virnina, Marek Jamrozy, Joanna Kozakiewicz, Michał Silarski, Agnieszka Kuźmicz i Bogdan Wszolek. (Fot. B. Wszolek)



Uczestnicy konferencji „Astrophisica Nova” przed kościołem św. Jakuba w Częstochowie. Od lewej: Ivan Andronov, Natalia Virnina, Bogdan Wszolek, Karolina Bąkowska, Marek Jamrozy, Michał Silarski, Tomasz Szymański, Tomasz Barański. (Fot. B. Wszolek)

Gwiazdy kataklizmiczne - rezultaty dla V1113 Cygni

Karolina Bąkowska

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu

[Opiekun naukowy projektu: doc. dr hab. Arkadiusz Olech (CAMK PAN)]

Gwiazdy kataklizmiczne należą do ciasnych układów podwójnych zawierających białego karła (składnik pierwotny) oraz czerwonego karła (składnik wtórny). W takich układach składnik pierwotny poprzez punkt Lagrange'a L1 wewnątrz powierzchni Roche'a pobiera masę od składnika wtórnego. Ze względu na różnorodność prezentowanych zachowań powstała rozbudowana klasyfikacja gwiazd kataklizmicznych. Pierwszy podział dotyczy obecności lub braku pola magnetycznego, natomiast dalsza klasyfikacja odbywa się na podstawie analizy zmian krzywych blasku. Nowe karłowate należą do grupy niemagnetycznych gwiazd kataklizmicznych i charakteryzują się wybuchami trwającymi od kilku do kilkunastu dni i o amplitudach rzędu 2-6 magnitudo.

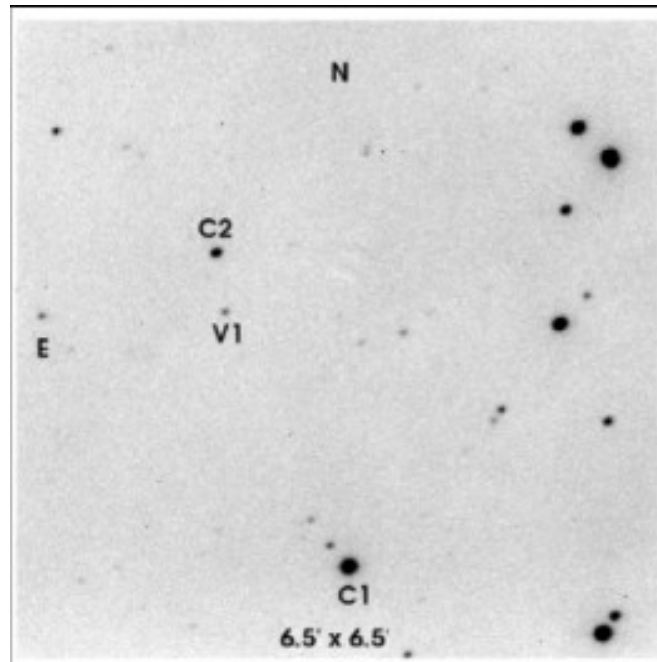
V1113 Cyg należy do grupy nowych karłowatych typu SU UMa, który to typ pokazuje dwa rodzaje wybuchów: krótkie - nazywane normalnymi (trwające kilka dni) oraz superwybuchy o długości nawet dwóch tygodni i o amplitudach około 1 mag większych niż normalne wybuchy. Krótco po osiągnięciu maksimum superwybuchu gwiazda wytwarza tzw. supergarby, są to okresowe struktury w krzywej zmian blasku występujące z okresem P_{sh} , który jest dłuższy o ok. 3-5% od okresu orbitalnego P_{orb} .

V1113 Cyg została odkryta i prawidłowo sklasyfikowana, jako nowa karłowata w latach sześćdziesiątych. Badania nad tą gwiazdą rozpoczęto dopiero po trzydziestu latach od odkrycia. Kato i in. w latach 1995 i 2001 przedstawili prace klasyfikujące V1113 Cyg jako system kataklizmiczny typu SU UMa, z okresem $P_{sh} = 0.0792d$ i dużą amplitudą w trakcie superwybuchów (~ 6 mag). Ponadto zauważono dużą ilość superwybuchów w stosunku do zwykłych wybuchów (12 na 30 zaobserwowanych w latach 1994-2001). Ponieważ rezultaty były niejednoznaczne, potrzebne były dalsze obserwacje.

Obserwacje V1113 Cyg zostały wykonane bez użycia filtrów w ciągu 34 nocy w latach 2003 i 2005. Wszystkie dane zostały zebrane na 60cm teleskopie Cassegrain'a, wyposażonym w kamerę CCD Tektronics TK512CB, należącym do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Warszawskiego w Ostrowiku.

Przeprowadzono standardową redukcję danych z użyciem pakietu IRAF, oraz fotometrię profilową z użyciem pakietu DAOPHOT II. Otrzymaliśmy jasność względną V1113 Cyg biorąc różnicę pomiędzy wartością w magnitudo gwiazdy zmiennej i średnią z dwóch gwiazd porównania. Dokładność naszych pomiarów wahała się pomiędzy 0.014-0.13 mag, w zależności od warunków

pogodowych i jasności obserwowanego obiektu. Rys. 2 prezentuje V1113 Cyg w trakcie obserwacji w 2003 roku (górna ramka) oraz 2005 roku (dolna ramka). Jasność względna została przeliczona na jasność wizualną w oparciu o dane z AAVSO. Jest to zgrubne przybliżenie mające na celu pokazanie tylko ogólnego zachowania gwiazdy. Prawdziwa wartość jasności w filtrze V może się różnić od pokazanej o ok. ~ 0.3 mag.



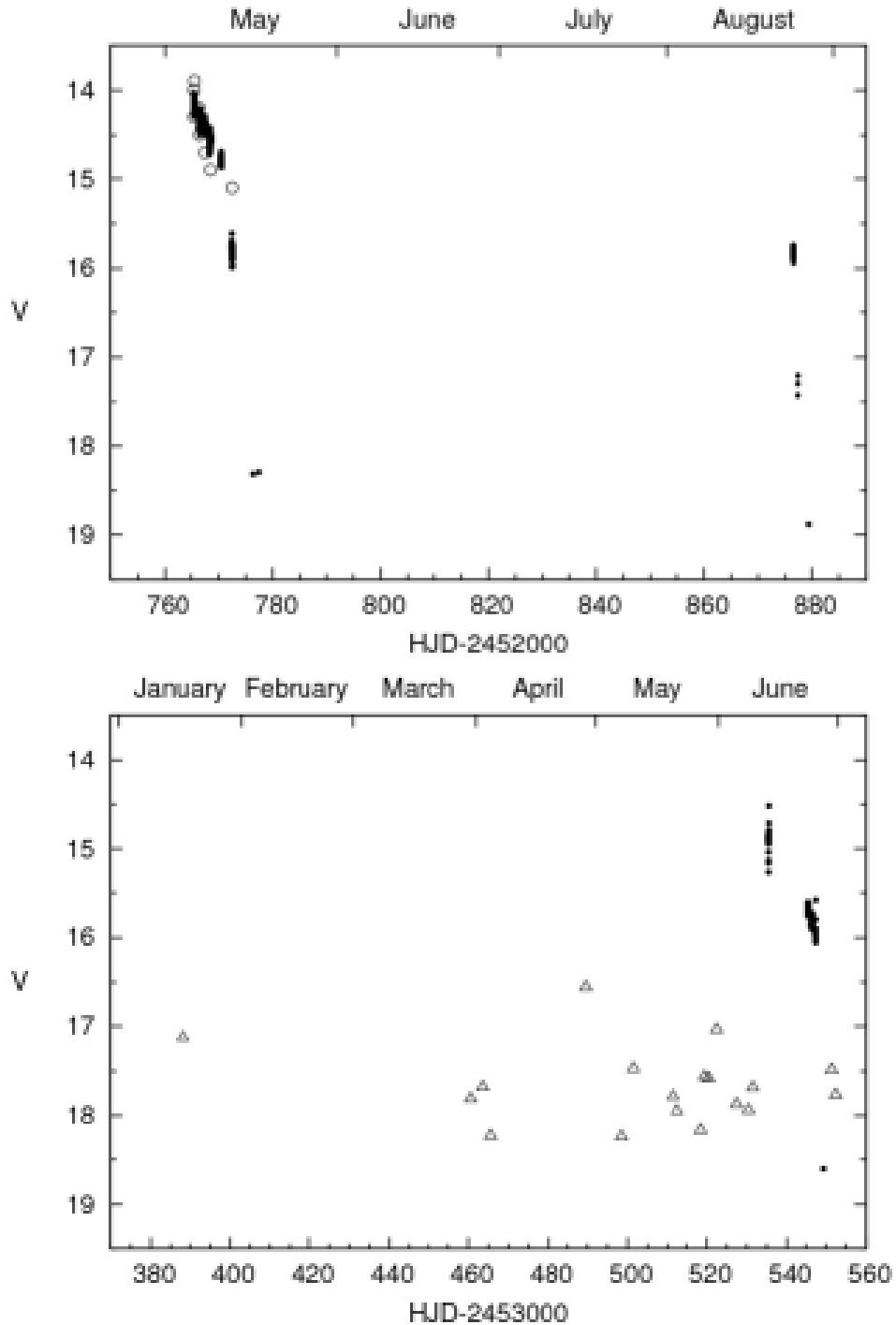
Rys.1. Mapka V1113 Cyg. Gwiazdę zmienną oznaczono jako V1, gwiazdy porównania, jako C1 i C2. Pole widzenia 6'.5x6'.5.

W maju 2003 roku V1113 Cyg była w trakcie superwybuchu. Systematyczny spadek jasności w tempie 0.15 mag na dobę sugeruje, że gwiazda nie była obserwowana od początku superwybuchu. W sierpniu 2003 roku zarejestrowaliśmy tylko trzy dni zwiększonej jasności V1113 Cyg, tak mała ilość danych nie pozwoliła na ustalenie, czy gwiazda była w trakcie superwybuchu, czy może zwykłego wybuchu. W czerwcu 2005 roku V1113 Cyg znajdowała się w trakcie kolejnego superwybuchu.

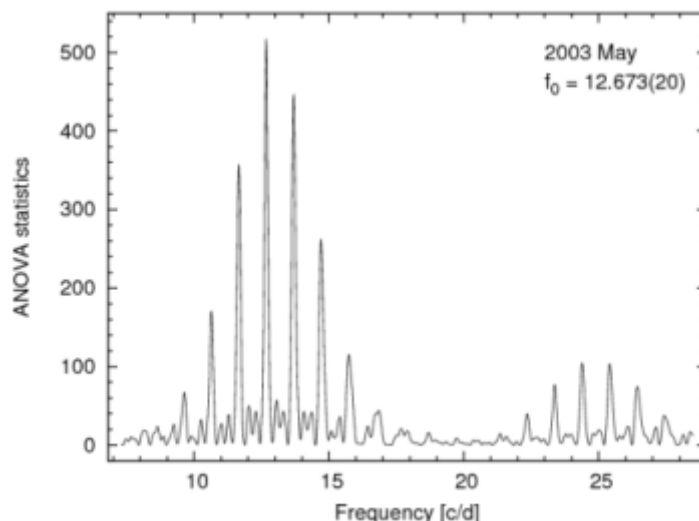
W trakcie superwybuchu z 2003 roku w krzywych zmian blasku występowały cykliczne oscylacje zwane supergrabami. Dla tych krzywych policzony został periodogram przy użyciu pakietu ANOVA statistics (Schwarzenberg-Czerny 1996). Otrzymany periodogram został przedstawiony na Rys. 3. Najwyższy pik został wykryty na częstotliwości $f_1 = 12.673(20)$. Taka częstotliwość odpowiada okresowi $P_1 = 0.07891(12)$ dni (113.63(17) min).

Najpopularniejszą metodą sprawdzania stabilności okresu supergrabów i wyznaczania jego wartości jest diagram O-C. Przeanalizowaliśmy momenty maksimów, gdyż były one zawsze wysokie i łatwe do wykrycia w krzywych zmian blasku gwiazdy zmiennej. Dopasowanie funkcji liniowej do czasów maksimów dało następującą efemerydę:

$$(1) \text{HJD}_{\text{max}} = 2452765.4426(7) + 0.078910(39) \times E$$



Rys.2. V1113 Obserwacje V1113 Cyg w 2003 roku (górną ramką) oraz w 2005 roku (dolną ramką). Nasze obserwacje CCD przedstawiono jako czarne kropki, obserwacje z AAVSO jako otwarte kółka, a otwarte trójkąty to informacja, że gwiazda była „słabsza niż” najśłabsza sfotometrowana gwiazda w trakcie fotometrii profilowej.



Rys.3. Dla superwybuch z roku 2003 policzony został periodogram przy pomocy pakietu ANOVA statistics.

Efemeryda ta pokazywała trend malejący w okresie supergarów. Fakt ten został potwierdzony dopasowaniem wielomianu drugiego stopnia do momentu maksimum. Otrzymano następującą efemerydę:

$$(2) \text{HJD}_{\text{max}} = 2452765.4408(7) + 0.0793(13) \times E - 1.8(3) \times 10^{-5} \times E^2$$

Okres supergarów nie był stabilny w trakcie superwybuchu w 2003 roku, i malał w tempie $dP/dt = -4.5(8) \times 10^{-4}$.

W podsumowaniu naszych badań możemy stwierdzić następujące fakty:

- Wykrycie supergarów w trakcie superwybuchu w 2003 roku potwierdza przynależność V1113 Cyg do klasy SU UMa nowych karłowatych.
- Amplituda jasności wynosi co najmniej (~ 4) mag, ale nigdy nie zarejestrowaliśmy początku superwybuchu, więc rezultat Kato i in. (2001) wynoszący (~ 6) mag, uważamy za prawdopodobne oszacowanie.
- Podczas dwóch lat obserwacji gwiazda miała co najmniej dwa superwybuchy trwające po około dwa tygodnie każdy, a nie krótsze niż 12 dni.
- Nie zarejestrowaliśmy żadnego zwykłego wybuchu. Ich brak może być efektem obserwacyjnym, jednak zgadzamy się z sugestią Kato i in. (2001), o małej ilości zwykłych wybuchów w stosunku do superwybuchów.
- Podczas superwybuchu w 2003 roku okres supergarów malał w tempie $dP/dt = -4.5(8) \times 10^{-4}$, co jest jedną z najwyższych zaobserwowanych wartości w gwiazdach typu SU UMa.

Bibliografia

Bąkowska K. i in., 2010, Acta Astronomica, Vol 60, No 2, s. 137

Kato T. i in., 1996, PASJ, 48, 45

Kato T. i in., 2001, Com. 27 and 42 of the IAU, Info. Bull on Var.Stars, 5110

Ewolucja aktywnych jąder galaktyk

Bożena Czerny

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN, Warszawa

Wstęp

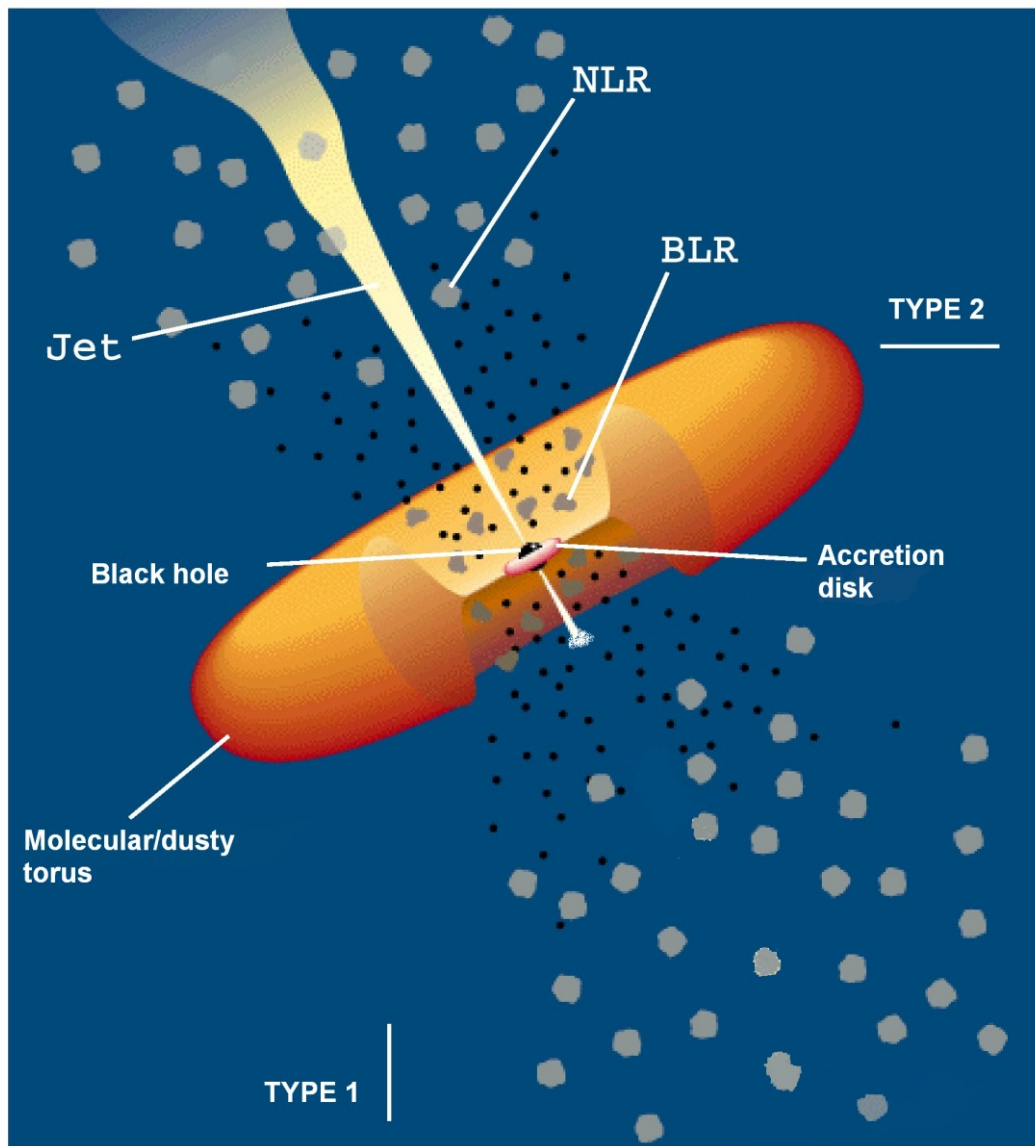
Aktywne jądra galaktyk to fascynujące obiekty. Można je zwyczajnie obserwować, a skądinąd są bardzo egzotyczne, ponieważ widzimy w nich ogólną teorię względności Einsteina w praktycznym zastosowaniu.

Czym są aktywne galaktyki? Mamy już ogólną odpowiedź na to pytanie. Aktywne galaktyki to galaktyki, w których jądro zawiera masywną czarną dziurę, o masie od miliona do dziesięciu miliardów mas Słońca, a na tę czarną dziurę opada znaczący strumień gazu. Spadająca w polu grawitacyjnym materia rozgrzewa się skutkiem zderzeń i świeci, a dzięki docierającemu do nas promieniowaniu możemy śledzić, co dzieje się tuż przy horyzoncie czarnej dziury.

Wiemy z obserwacji, że jądra aktywnych galaktyk mają bardzo złożoną strukturę. Nie od razu udało się poskładać te obserwacyjne elementy w jedną całość, a jest ich sporo. W zakresie optycznym w wielu aktywnych galaktykach widać bardzo niebieskie kontinuum, rozciągające się aż do nadfioletu, a oprócz tego widoczne są bardzo szerokie i silne linie emisyjne, przede wszystkim wodoru (seria Balmera), ale także innych pierwiastków. Tym liniom towarzyszą też węższe (aczkolwiek nadal szerokie, odpowiadające prędkościom kilkuset km/s) linie emisyjne wzbronione. Co więcej, te bardzo szerokie linie i niebieskie kontinuum nie zawsze są widoczne, a czasami występują też linie absorpcyjne. Silna emisja aktywnego jądra jest widoczna także w podczerwieni. Dalej, silniejsza bądź słabsza emisja widoczna jest też w zakresie radiowym. Na krótszych falach aktywne jądra też świecą - w zakresie rentgenowskim obserwujemy silne kontinuum i znów często linie emisyjne lub absorpcyjne, a emisja w niektórych obiektach sięga zakresu MeV, GeV czy nawet TeV. Jasność wyświecana przez najjaśniejsze aktywne galaktyki - kwazary - wielokrotnie przewyższa jasność wszystkich gwiazd galaktyki macierzystej, a zarazem jasność ta ulega zaskakująco szybkim zmianom, czasem nawet w skali godzin, czy nawet minut.

Złożony charakter emisji aktywnego jądra galaktyki zdaje się dziś być zrozumiały. Ponieważ opadająca materia jest obdarzona pewnym momentem pędu (materia w galaktyce rotuje), to nie opada ona wprost na czarną dziurę, ale tworzy dość płaski dysk akrecyjny, w którym jakby po spirali powoli zbliża się do czarnej dziury. Materia traci przy tym pewną część energii, a wynikające stąd świecenie dysku akrecyjnego widzimy jako niebieskie kontinuum. Dysk otoczony jest oświetlanymi obłokami materii, z nich pochodzą linie emisyjne (szersze powstają bliżej, w odległościach rzędu kilkunastu dni świetlnych,

węższe - dalej, w odległości wielu lat świetlnych). Tuż przy czarnej dziurze może powstawać dżet - silna relatywistyczna struga materii wypływająca z dysku, rozciągająca się na odległości przekraczające nawet znacząco rozmiar galaktyki macierzystej. Taki dżet jest odpowiedzialny za emisję w zakresie promieniowania gamma. Dalej, na peryferiach dysku akrecyjnego, w odległości rzędu roku świetlnego, w tej samej wyróżnionej płaszczyźnie istnieje torus molekularno-pyłowy, zapewne wiatr z dalekich okolic dysku o temperaturze poniżej 1000-1500 K, w której pył może się już formować. Pył ten świeci w podczerwieni, a w przypadku, gdy obserwator parzy na aktywne jądro pod dużym kątem, przesłania też części centralne i w takich obiektach dysku, ani obszaru szerokich linii, nie widzimy. Są to tak zwane aktywne galaktyki typu 2 podczas gdy typ 1 - obiekty z szerokimi liniami - widzimy pod mniejszym kątem. Sytuację najlepiej ilustruje schemat zaczerpnięty z pracy przeglądowej Urry & Padovani (1995).



Rys.1. Schemat aktywnego jądra galaktyki wg. Urry & Padovani (1995).

Krótką historia odkrycia aktywnych galaktyk

Odkrycie niegwiazdowej emisji aktywnych jąder galaktyk rodziło się powoli, i nie bez nieporozumień. Niektóre odległe aktywne galaktyki odkryto już na początku XX wieku, ale zostały źle sklasyfikowane - jako gwiazdy zmienne! Taki los spotkał obiekty: BL Lac, prototyp klasy aktywnych galaktyk znanych obecnie pod nazwą lacertyd, a także OJ 287, najsłynniejszego kandydata na układ podwójny supermasywnych czarnych dziur. Odkrycia przełomowe nadeszły stopniowo, niezależnie z kilku stron.

W latach czterdziestych XX wieku Carl Seyfert zwrócił uwagę na grupę galaktyk o wyjątkowo jasnych jądrach. Wśród sześciu dokładnie przebadanych obiektów znajdują się, nadal zresztą najbardziej intensywnie badane, NGC 4151, NGC 4051 oraz NGC 1068, a zatem przedstawicielki różnych podklas: galaktyk Seiferta typu 1, typu 2 oraz typu NLS1 (ang. Narrow Line Seyfert 1, czyli galaktyk o raczej wąskich, jak na szerokie, liniach emisyjnych).

Krokiem milowym w badaniach aktywnych jąder galaktyk okazał się rozwój radioastronomii po II wojnie światowej, otwierający astronomii nowe okno na świat. Pokazało się, że niektóre galaktyki - określane teraz jako radiogalaktyki - świecą intensywnie radiowo. Co więcej, odkryto też liczne źródła punktowe świecące radiowo. Nazwano je quasi-stellar objects, obiekty kwazi-gwiazdowe, w skrócie kwazary (ang. quasars), ale ich natura pozostawała tajemnicza, ponieważ nie znano ich odległości, a tym samym ich jasności absolutnej.

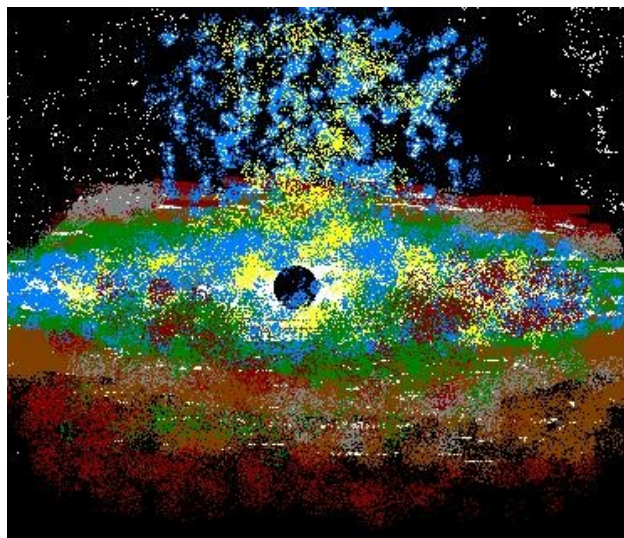
Przełom w zrozumieniu natury kwazarów nastąpił w wyniku postępu technik obserwacyjnych. Wykorzystując zaćmienie silnego radioźródła 3C 273 przez Księżyc, udało się bardzo dokładnie wyznaczyć jego pozycję na niebie. Przez porównanie z katalogami optycznymi znaleziono optyczny odpowiednik radioźródła, a następnie przeprowadzono jego obserwacje spektroskopowe w zakresie optycznym. Zauważono występowanie szeregu szerokich i bardzo silnych linii emisyjnych, ale o nietypowych długościach fali. Marten Schmidt przyglądając się im, w pewnej chwili skojarzył sobie, że to mogą być najzwyczajniejsze linie wodoru z serii Balmera, ale silnie przesunięte, ku dłuższym falom, w stosunku do ich laboratoryjnych odpowiedników. Przesunięcie ku czerwieni linii widmowych występuje dla odległych galaktyk, co pokazał już w latach trzydziestych Edwin Hubble. Przesunięcie ku czerwieni dla 3C 273 (0.158) okazało się jednak znacznie przewyższać znane wtedy (rok 1963) wartości dla galaktyk.

Taka interpretacja przesunięć ku czerwieni nie od razu została powszechnie zaakceptowana, a dyskusje toczyły się jeszcze przez długie lata. Ostatnio, obserwacje wykonane przez Teleskop Kosmiczny Hubble'a nie pozostawiły cienia wątpliwości - chociaż przez teleskopy naziemne kwazary wyglądają jak źródła punktowe, to na zdjęciach z Teleskopu Kosmicznego w najbliższych kwazarach, także w 3C 273, widać zarówno jasne jądro, jak i całą galaktykę macierzystą.

Pomiar odległości, a stąd i jasności absolutnej, uwidocznili niesamowity ogrom emitowanej przez źródło energii. Teoretyczna interpretacja zjawiska, obecnie przyjęta, pojawiła się wcześniej - w rok po obserwacyjnym odkryciu. W 1964 roku niezależnie od siebie dwóch naukowców - Zeldowicz i Salpeter - argumentowało, że za zjawisko emisji ogromnej energii odpowiada akrecja materii na masywną czarną dziurę. Nieprzypadkowo oni właśnie doszli do tego wniosku, ponieważ obaj byli wybitnymi specjalistami od reakcji jądrowych zachodzących w gwiazdach i dla nich jasnym było, że gwiazdy nie są w stanie dostarczyć tak ogromnych energii, w tak małej objętości, w tak krótkim czasie. Gwiazdy mogą przetworzyć na energię mniej niż jeden procent masy spoczynkowej przetwarzanej materii, a czarne dziury mogą wykorzystać niemal 50 procent. Interpretacja aktywności jąder galaktyk jako wyniku akrecji na znajdującą się w centrum galaktyki czarną dziurę stanowi podstawę naszej wiedzy do dziś, i znalazła szerokie potwierdzenie w obserwacjach prowadzonych w ciągu ostatnich lat.

Zoo aktywnych galaktyk

Badania prowadzone w różnych zakresach widmowych przyniosły odkrycie licznych aktywnych galaktyk o wielkim bogactwie własności. Wprowadzono skomplikowane systemy klasyfikacji w zależności od typów obserwowanych linii emisyjnych i absorpcyjnych, silniejszej bądź słabszej emisji radiowej czy rentgenowskiej. Spora część tych komplikacji to zapewne wynik tego, że bezpośrednio otoczenie czarnej dziury nie wygląda tak klinicznie czysto, jak sugerowałby Rys.1, a bliższy prawdy może być taki schemat, jak poniżej.



Rys.2. Schematyczny zarys warunków panujących w otoczeniu czarnej dziury.

Część efektów w widmie ma najwyraźniej charakter zjawisk pogodowych, jak przypadkowe obłoki na linii widzenia. Za tym przemawia fakt, że w miarę wydłużania bazy obserwacyjnej coraz częściej obserwuje się zmianę klasy czy

typu danego aktywnego jądra. Część efektów może mieć też charakter ewolucyjny. Z pewnością jednak aktywne galaktyki różnią się masami centralnych czarnych dziur oraz tempem akrecji - obiekty o stosunkowo silnej akrecji mają lepiej widoczny dysk akrecyjny, sięgający prawie do horyzontu czarnej dziury, a dokładniej do kołowej orbity marginalnie stabilnej, podczas gdy mniejsze tempo akrecji objawia się większym udziałem optycznie cienkiej rentgenowsko świecącej gorącej plazmy w całkowitej energetyce systemu. Geometria tej plazmy i jej mechanizm formacji i grzania nie są znane, choć istnieje kilka hipotez na ten temat. Czarna dziura, zgodnie z ogólną teorią względności, oprócz masy charakteryzuje się określonym momentem pędu, spinem, a jego rola w akrecji jest też jednym z nierozstrzygniętych problemów - być może duży spin jest niezbędny, aby mógł powstać skolimowany, relatywistyczny dżet.

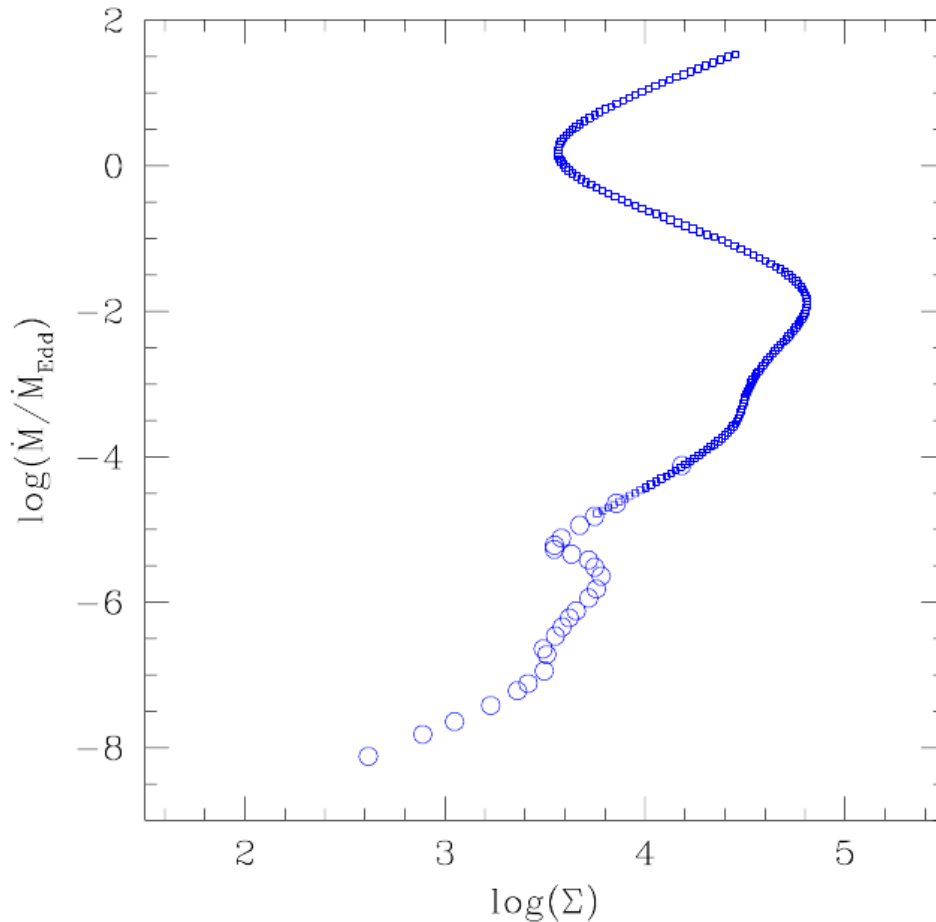
Postęp w naszej wiedzy o aktywnych galaktykach jest duży, ale lista szczegółowych problemów do rozwiązania też jest jeszcze spora. W szczególności właśnie sama ewolucja aktywnych jąder galaktyk jest zagadnieniem niemal nietkniętym. Jesteśmy na etapie trochę podobnym do etapu klasyfikacji gwiazd przed zrozumieniem ich torów ewolucyjnych: bogactwo obiektów, w którym się gubimy, ponieważ brak jest koncepcji porządkujących ten chaos, koncepcji, które dopiero zaczynają się rodzić. Nie wiadomo choćby jak powstaje i kiedy centralna czarna dziura.

Powstaje jednak pytanie, czy aktywne jądra galaktyk warto badać. Może są one tylko mało ważną ciekawostką, bez większego znaczenia dla większości dziedzin astronomii?

Dygresja o pewnej konferencji i o stabilności dysków akrecyjnych

W roku 1999 wybrałam się do Portsmouth w USA. Odbывała się tam konferencja - 5th Compton symposium „Galaxy dynamics: from the early universe to the present” i pokazałam tam plakat dotyczący aspektów ewolucji czasowej aktywnych galaktyk. Mój plakat nie został jednak przyjęty do publikacji w materiałach konferencyjnych, jako że „ *it does not fit the general line of the Proceedings*”.

Plakat zawierał wykres, taki jak na Rys.3, oraz trochę tekstu tytułem wyjaśnienia. Wykres zawiera bardzo ważną informację na temat stabilności dysku, a zatem jego ewolucji czasowej. Jeżeli nachylenie krzywej na tym wykresie jest dodatnie, to dysk dla danego tempa akrecji jest stabilny. Widać zatem dwa wyraźne zakresy tempa akrecji, przy których dysk traci stabilność: dla większego tempa akrecji zjawisko jest wywołane dominacją ciśnienia promieniowania nad ciśnieniem dysku, niestabilność dla niższego tempa akrecji wynika z częściowej jonizacji wodoru i helu. To drugie zjawisko jest szeroko znane w zmiennych kataklizmicznych (rozbłyski nowych karłowatych) i nowych rentgenowskich. Niestabilności te powodują okresowe pojaśnienie



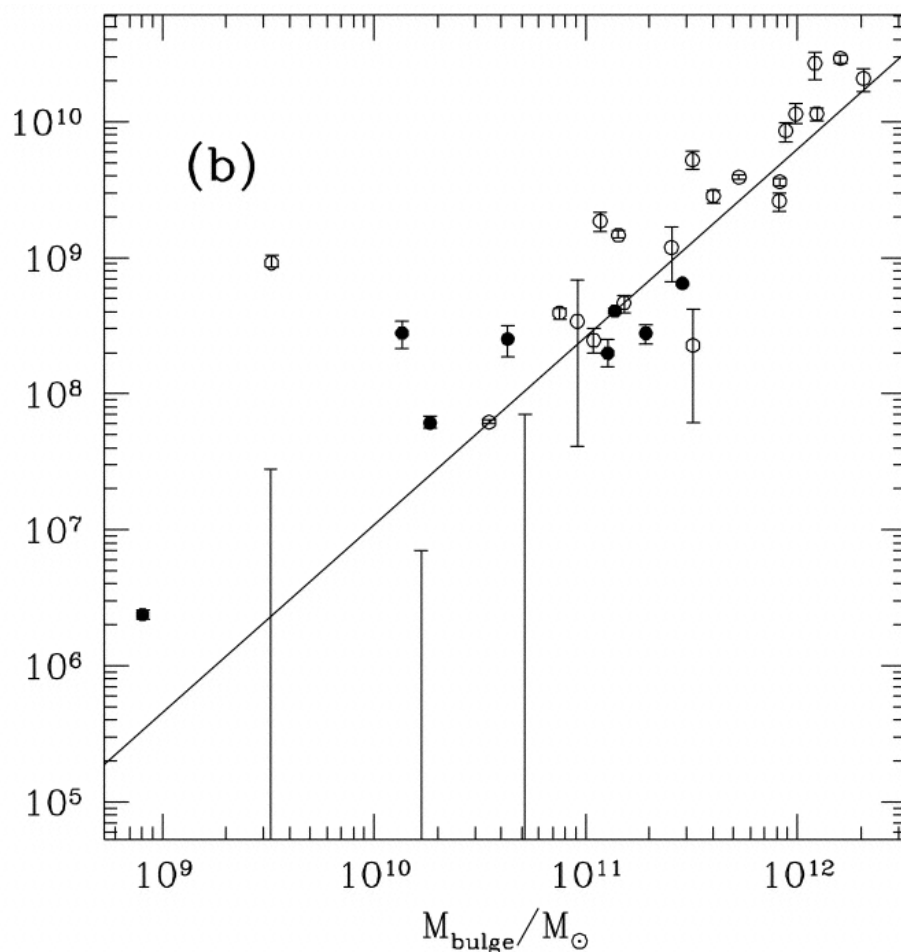
Rys. 3. Wykres związku pomiędzy tempem akrecji w dysku akrecyjnym a jego gęstością powierzchniową (w g/cm^2) w odległości $10 R_{\text{Schw}}$ od czarnej dziury o masie 10^8 mas Słońca.

dysku, a następnie częściowy zanik akrecji. Spodziewane czasy trwania takich cykli to czasy rzędu dziesiątek - setek tysięcy lat dla niestabilności związanej z ciśnieniem promieniowania oraz milionów lat dla niestabilności jonizacyjnej. Zatem nie spodziewamy się obserwowania bezpośrednio takich niestabilności w pojedynczej aktywnej galaktyce, ale możemy się ich spodziewać w sensie statystycznym - różne obiekty mogą być na różnym etapie fazy aktywnej.

Sugestię te chciałam zaprezentować na konferencji o strukturze galaktyk, ponieważ wydawało mi się, że okresowa aktywność jądra i jej zaniki mogą mieć wpływ na galaktykę jako całość. A były już ku temu pierwsze obserwacyjne przesłanki, o czym poniżej. Wtedy jednak jeszcze środowisko badaczy zajmujących się ewolucją galaktyk nie doceniało tego problemu. Ewolucję galaktyki badano jedynie z punktu widzenia masy galaktyki jako całości - formowanie się zgęstków materii z początkowych niejednorodności - a na późniejszych etapach uwzględniano tylko efekt formowania się, a następnie starzenia gwiazd.

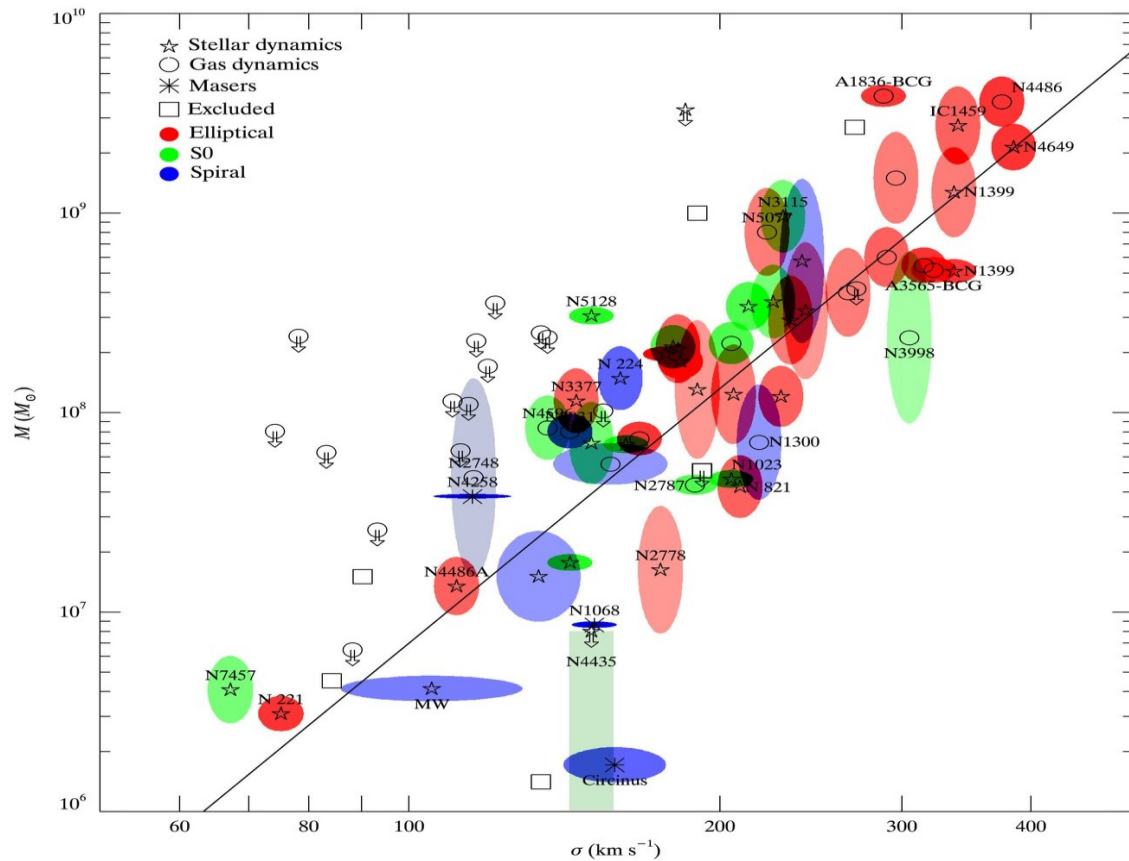
Tajemniczy związek galaktyki i jej centralnej czarnej dziury

Okrycie pojawiło się niespodziewanie. Grupa badaczy wykonujących bardzo trudne pomiary mas czarnych dziur w pobliskich galaktykach, metodą śledzenia ruchów gwiazd, zaobserwowała zdumiewającą rzecz: masa czarnej dziury okazała się być proporcjonalna do masy gwiazd zgrubienia centralnego galaktyki. Ilustracja z pierwszej pracy (Magorrian et al. 1998) przedstawiającej ten wynik widnieje na Rys.4. Fakt proporcjonalności tych dwóch wielkości sugeruje związek pomiędzy nimi, choć nie określa, w którym kierunku: czy to czarna dziura decyduje w toku ewolucji o rozmiarze zgrubienia centralnego, czy zgrubienie o masie czarnej dziury.



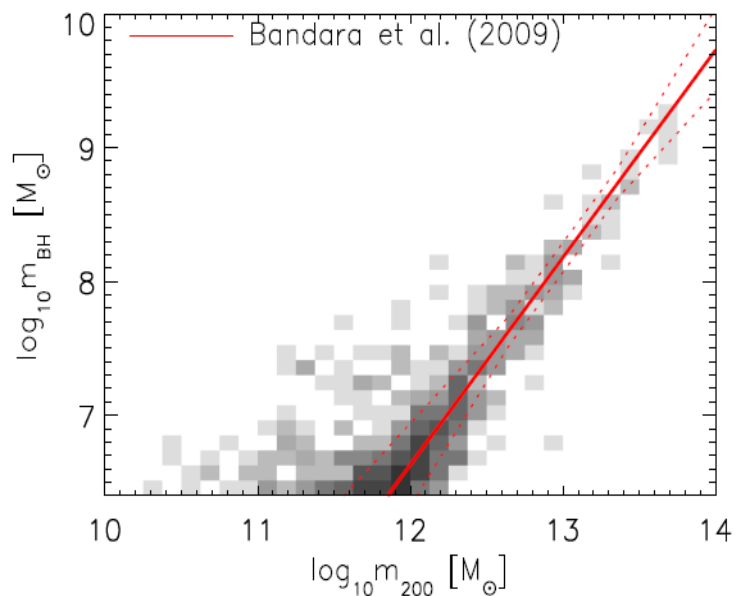
Rys.4. Wykres w pracy Magorrian i in. (1998). Masa czarnej dziury stanowi zawsze niewielki, ale stały, ułamek masy całego zgrubienia centralnego: $M_{\text{BH}} = 0.0052 M_{\text{bulge}}$

Zaobserwowana korelacja została potwierdzona w późniejszych pracach, a liczbowo ściślejsza korelacja została znaleziona nie pomiędzy masą czarnej dziury i masą zgrubienia centralnego, a masą czarnej dziury i dyspersją prędkości gwiazd w zgrubieniu centralnym, co nie zmienia istotnie samego faktu.



Rys.5. Związek pomiędzy masą czarnej dziury a dyspersją prędkości w zgrubieniu centralnym galaktyki (Gultekin i in. 2009).

Zaobserwowano, że wpływ czarnej dziury „sięgać może” nawet dalej, a precyzyjniej, że istnieje także związek między masą czarnej dziury, a ogromną masą ciemnego halo całej galaktyki.

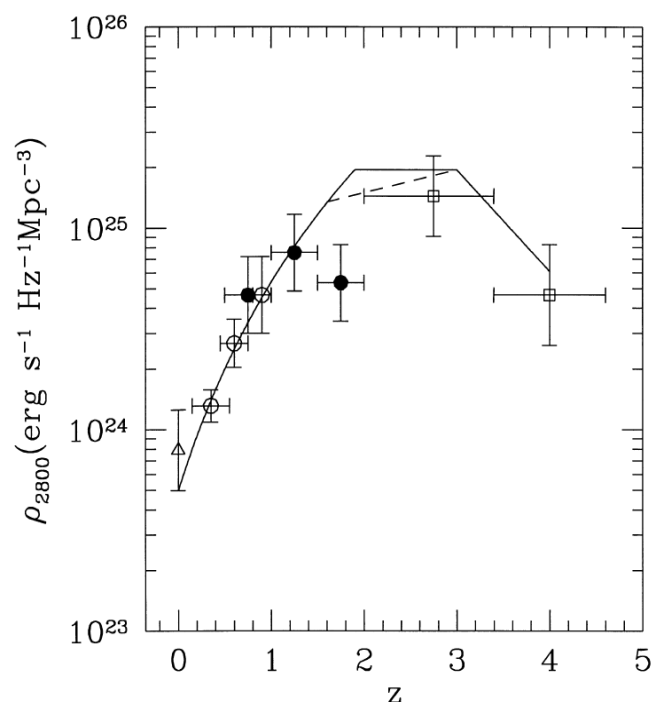


Rys.6. Związek masy centralnej czarnej dziury i masy ciemnego halo galaktyki macierzystej: Bandara i in. 2009 (dane), Booth oraz Schaye 2009 (symulacje).

Wskazywało to na skoordynowaną ewolucję centralnej czarnej dziury i otaczającej galaktyki. Centralne czarne dziury odkryto w każdej galaktyce, nawet nieaktywnej (dla takich właśnie robił pomiary Magorrian i in.). Nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic pomiędzy aktywnymi i nieaktywnymi jądrami galaktyk, tak jakby sama wartość masy czarnej dziury była istotna, a obserwowana aktywność była chwilową fazą.

Związek aktywności jądra i tempa powstawania gwiazd

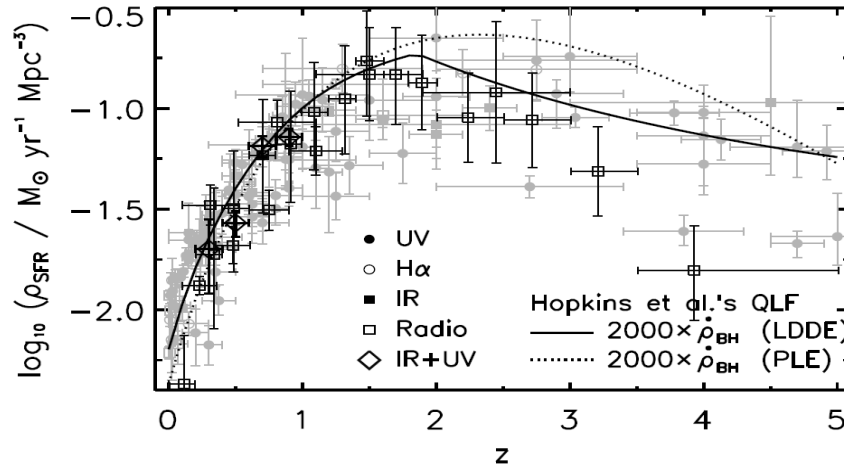
Jeszcze w tym samym, 1998 roku, odkryto drugą, równie niespodziewaną korelację. Dwie niezależne grupy badawcze: Boyle & Terlevich raz Richstone i in. badały, jak zmieniała się liczba kwazarów i jak zmieniało się tempo powstawania gwiazd w ewoluującym Wszechświecie. Badali te zjawiska sięgając w głąb Kosmosu - do dalekich przesunięć ku czerwieni, do młodszych galaktyk. Obie grupy zauważyły, że największa aktywność kwazarów oraz najszybsze tempo powstawania gwiazd wystąpiły równocześnie! Oba zjawiska zachodziły bardzo wydajnie przy przesunięciu ku czerwieni około 2-3, a teraz, czyli na mniejszych przesunięciach ku czerwieni, stopniowo zanikają (Rys.7).



Rys.7. Tempo powstawania gwiazd oraz gęstość kwazarów w funkcji przesunięcia ku czerwieni (Boyle i Terlevich 1998).

Nikt takiej korelacji nie oczekiwał, i nie ma jeszcze ogólnie przejętego wyjaśnienia tego zjawiska, ale istnieją ciekawe hipotezy. W szczególności już w 1999 roku Collin & Zahn zaproponowali interesujący i skomplikowany scenariusz. Gwiazdy mogą - a nawet powinny - powstawać w zewnętrznych częściach dysku akrecyjnego wokół masywnej czarnej dziury (czyli kwazara),

ponieważ dyski te, jak można wykazać, powinny być na tyle gęste i masywne, żeby wystąpiła grawitacyjna niestabilność. Gwiazdy te szybko ewoluując powinny wybuchać jako supernowe, rozrzucając wokół materię wzbogaconą o pierwiastki ciężkie, wyprodukowane we wnętrzu gwiazdy w trakcie jej życia. To zarazem wyjaśniłoby zagadkowe zjawisko, że kwazary, nawet o dużych wartościach przesunięcia ku czerwieni, zawsze wykazują wysoką metaliczność, co najmniej taką, jak Słońce, choć gwiazdy powstające równie wcześnie są dość ubogie w metale.



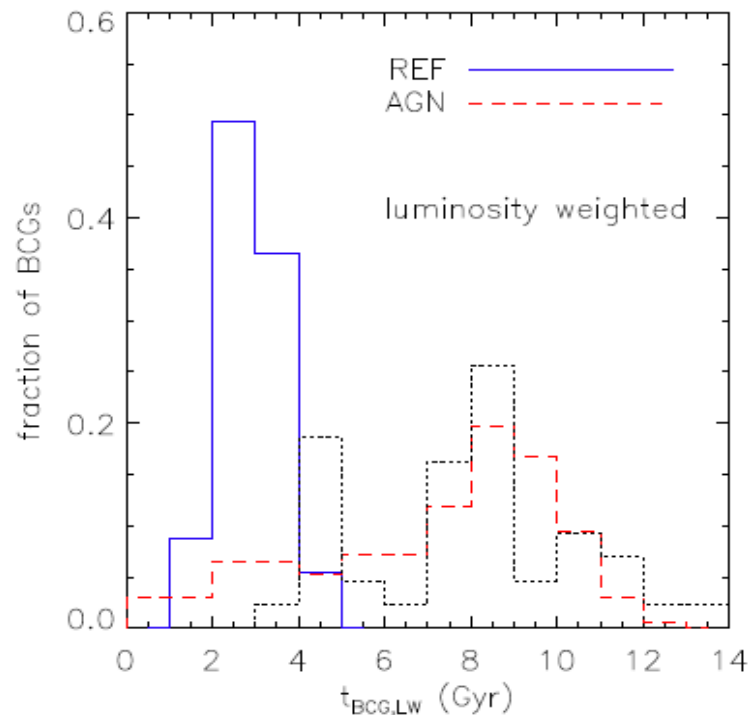
Rys.8. Przykład najnowszych wyników korelacji pomiędzy powstawaniem gwiazd i ewolucją kwazarów (Zheng i in. 2009), sięgających jeszcze dalej w przesunięciu ku czerwieni.

Wspólna ewolucja aktywnego jądra i galaktyki macierzystej

Omówione wyżej korelacje wyraźnie wskazują, że aktywne jądro odgrywa aktywną rolę w ewolucji galaktyki, ale jak bardzo - to dopiero jest przedmiotem badań. Analizy robione są z dwóch punktów widzenia: z jednej strony badany jest wpływ, jaki ma na galaktykę macierzystą energia (przede wszystkim mechaniczna) płynąca z aktywnego jądra, a z drugiej jaka część energii akrecji na czarną dziurę może być przekazana do ośrodka międzygwiazdowego, a nawet międzygalaktycznego.

Powstawanie galaktyk modeluje się numerycznie, od epoki pierwotnych zaburzeń gęstości aż do chwili obecnej. Modele nie uwzględniające aktywnych jąder napotykać na duże trudności: gdy kontrast gęstości osiąga wartość, przy której może zachodzić proces powstawania gwiazd, proces ten zachodzi zbyt gwałtownie, a następnie po wyczerpaniu gazu proces ustaje. Obserwacje galaktyk z kolei wskazują, że proces tworzenia gwiazd jest zdecydowanie bardziej rozciągnięty w czasie. Jeżeli uwzględnić efekt aktywnego jądra i przyjąć, że znaczna część jego energii zużyta zostaje na podgrzanie ośrodka międzygwiazdowego, to powstawanie gwiazd ulega żądanemu spowolnieniu. Przykład takich wyników, otrzymanych w oparciu o ogromne symulacje

numeryczne (Overwhelmingly Large Simulations Project), przedstawione są na Rys.9.

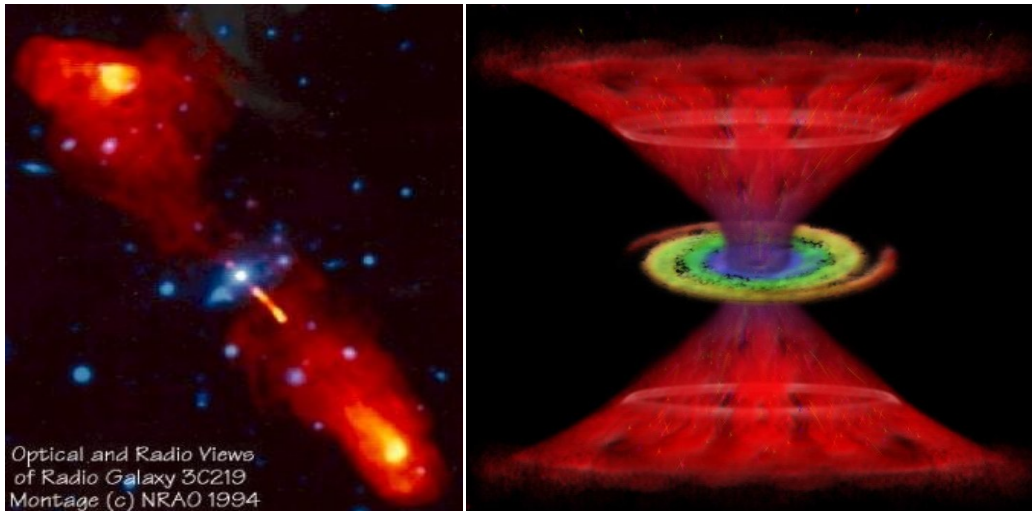


Rys.9. Wykres przedstawiający przewidywaną względną liczbę niebieskich galaktyk centralnych wyznaczoną bez efektu aktywności galaktyki (histogram niebieski) i z efektem aktywności (histogram czerwony kreskowany). Dane obserwacyjne to histogram czarny (z pracy McCarthy i in., 2010).

Oddziaływanie aktywnego jądra na galaktykę macierzystą jest zatem potrzebne, aby wyjaśnić tempo ewolucji galaktyk, tempo powstawania gwiazd i silnej aktywności centralnej galaktyk, a także wspomniany wcześniej związek między masą centralnej czarnej dziury oraz masy zgrubienia centralnego galaktyki. Oddziaływanie to jest też niezbędne do powstrzymania tak zwanych (ang. cooling flows). Ilościowe oszacowania wskazują, że potrzeba zamiany kilku procent energii wyzwolanej w czasie akrecji na grzanie galaktyki macierzystej.

Powstaje jednak pytanie, czy aktywne jądro jest w stanie przekazać tak znaczną energię całej galaktyce, nie tylko bezpośrednim okolicom jądra. Kwazary radiowo głośne z pewnością tak - produkowane w nich dzety sięgają nawet daleko poza galaktykę macierzystą. Ilustruje to obraz radiowy galaktyki (Rys.10) nałożony na obraz optyczny samej galaktyki (niebieski). Ale tak aktywne radiowo są tylko nieliczne kwazary, około 10 procent.

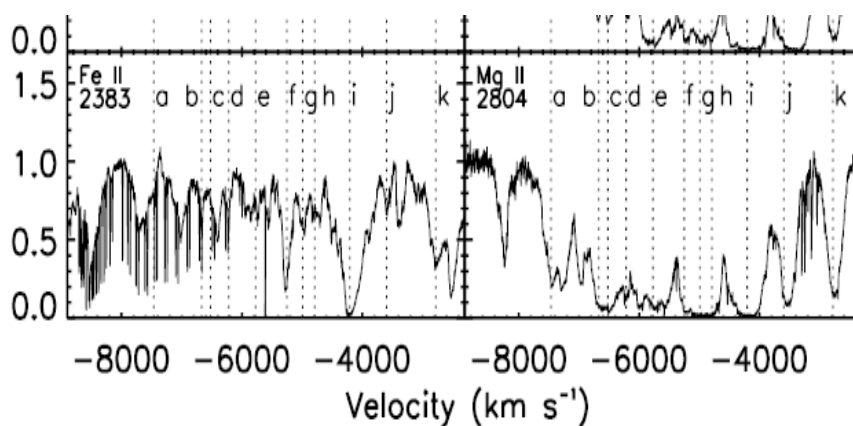
Większość aktywnych jąder galaktyk jest radiowo cicha. Także w tym wypadku mamy do czynienia z wpływem części materii z okolic czarnej dziury, ale wpływ ten ma charakter wiatru, o stosunkowo niewielkim zasięgu - 100 ps, a zatem nie obejmuje swym wpływem całej galaktyki. Trudno też ocenić w tym wypadku, jak energetyczny jest ten wpływ, ponieważ nie obserwujemy



Rys.10. Zdjęcie po lewej to obraz radiowy i optyczny radiogalaktyki 3C 219 (NRAO), w skali dziesięciokrotnie przewyższającej rozmiar galaktyki, natomiast po prawej to rysunek hipotetycznej geometrii aktywnego radiowo cichego jądra (Elvis 2000), a skala oddziaływania wpływającego wiatru to odległości około 100 ps.

go tak szczegółowo z powodu zbyt małej zdolności rozdzielczej obserwacji. Ocen tych zatem dokonuje się w oparciu o analizę linii absorpcyjnych obserwowanych w widmach radiowo cichych aktywnych galaktyk w zakresie UV i X.

Niestety, oceny tego wpływu zależą w znacznym stopniu od założeń poczynionych w trakcie modelowania, i nie jest łatwo uzyskać bardziej wiarygodne oceny. Przykładowo, praca bazująca na bardzo wysokiej jakości widmach kwazara SDSS J0318-0600 ($z=1.9257$), otrzymanych teleskopem VLT (Very Large Telescope) sugeruje, że w tym obiekcie materia wypływa w tempie aż około 120 mas Słońca na rok, deponując co najmniej 0.1 procenta energii



Rys.11. Widmo kwazara SDSS J0318-0600 wykazujące szereg linii absorpcyjnych, świadczących o silnym wypływie materii z okolic jądra (Dunn i in. 2010).

bolometrycznej źródła w ośrodku międzygwiazdowym, a jeżeli uwzględnić rolę pyłu, to efekt jest 50 razy większy, czyli uzyskujemy spodziewane 5 procent

energii potrzebnej, by silnie oddziałać na galaktykę. Ale inna praca, na temat innego obiektu, i w oparciu o inne dane (obiekt NGC 4051, dane rentgenowskie) zawiera wniosek, że wpływ jest o 4-5 rzędów wielkości za mały, mimo że tempo akrecji na czarną dziurę jest duże w stosunku do masy czarnej dziury w tej galaktyce (Matur i in. 2009). Niepewności i rozbieżności są zatem dramatyczne, ale uzyskanie tak silnego oddziaływania aktywnego jądra na powstawanie gwiazd w galaktyce może być trudne.

Istnieje jednak możliwość, że wymagania energetyczne co do tego oddziaływania są znacznie przeszacowane. Krok w kierunku pokazania tego efektu wykonali Hopkins i Elvis (2009). Przeprowadzili oni symulację, jak zareaguje obłok, z którego miały właśnie utworzyć się gwiazdy, na stosunkowo niezbyt silny wiatr wiejący od strony aktywnego jądra.

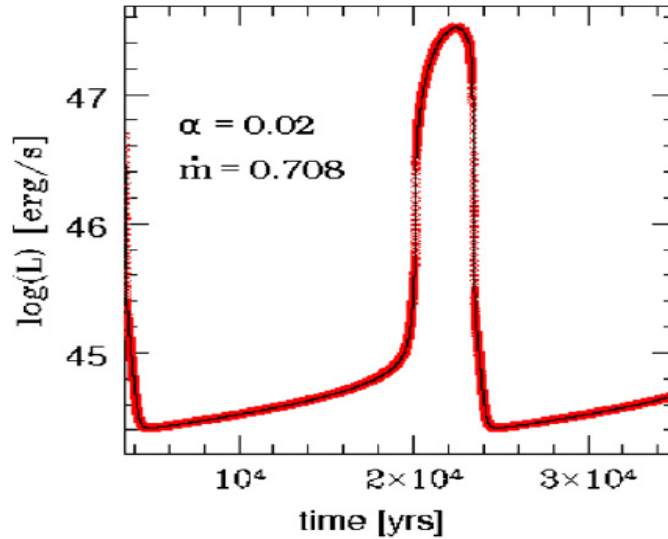
Symulacja pokazała, że nawet niezbyt silny wiatr wywołuje niestabilności na powierzchni obłoku, które prowadzą do rozerwania obłoku zamiast do utworzenia gwiazd. A zatem dokładniejsza analiza takiego oddziaływania powinna zostać przeprowadzona, zanim sformułuje się wnioski co do wymaganej energetyki oddziaływania - tego standardowe symulacje kosmologiczne nie obejmują, bo zagadnienie jest zbyt złożone.

Eratyczna aktywność galaktyk - nasze rezultaty

To jest jeszcze jedno, potencjalnie ważne zagadnienie przy rozważaniu wpływu aktywnej galaktyki na gwiazdy. Istnieją przesłanki tak obserwacyjne, jak i teoretyczne za tym, że faza aktywna nie jest jedną, długo i nieprzerwanie trwającą fazą, ale zanik aktywności i reaktywacja zachodzą wielokrotnie.

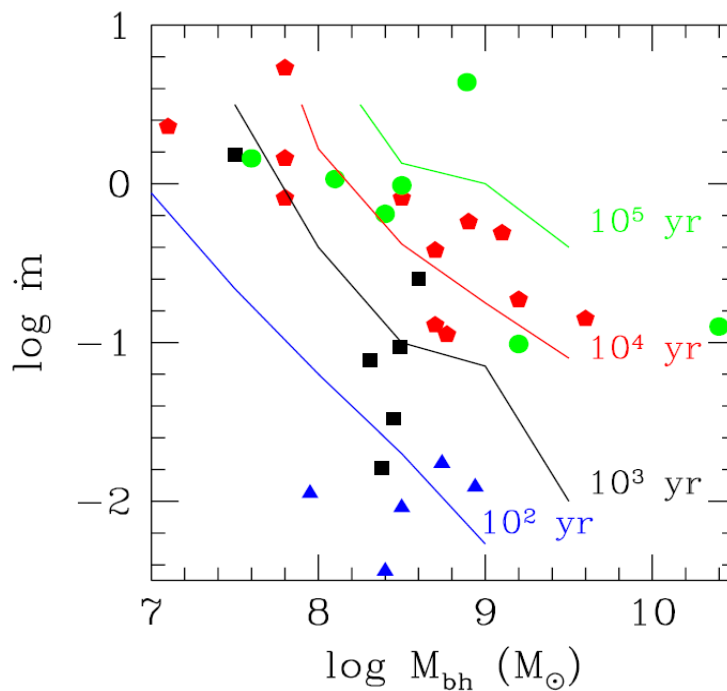
Bezpośrednie przesłanki obserwacyjne to obserwacje podwójnych (a nawet potrójnych) struktur radiowych w jednym źródle. Ekspertem w tej dziedzinie jest Andrzej Marecki, znajdujący takie obiekty w przeglądach nieba. Natomiast wyjaśnienie tego zjawiska to albo kolejne epizody dostarczania gazu do aktywnego jądra (na przykład w wyniku zlewania się galaktyk lub akrecji obłoków molekularnych pochodzących z galaktyki macierzystej), albo wspomniane już wcześniej niestabilności w dysku akrecyjnym, a najprawdopodobniej działają oba te mechanizmy, choć w różnych skalach czasowych.

W skalach krótszych spodziewamy się właśnie efektów związanych z niestabilnością dysku, i tym się ostatnio zajmowałam wraz ze współpracownikami. Wykonaliśmy obliczenia na siatce modeli pokazujące, jak długo trwa faza aktywna, gdy w dysku akrecyjnym o pewnym średnim tempie akrecji (w jednostkach Eddingtona) wokół czarnej dziury o założonej masie, zadziała niestabilność związana z ciśnieniem promieniowania. Poniżej pokazuję przykładową krzywą blasku z tej pracy - czas rozbłysku dla tych parametrów trwał kilkaset lat. Następnie zebraliśmy dane obserwacyjne na temat wieku w próbce młodych radioźródeł. Porównanie wypadło zachęcająco (Rys.12).



Rys.12. Przykładowa krzywa blasku aktywnego jądra z pracy Czerny, Siemiginowska, Janiuk, Nikiel-Wroczyński, Stawarz (2009).

Jeszcze lepsze porównanie z naszymi wynikami modelowymi wykonał Wu (2009), któremu udało się dla próbki kwazarów określić nie tylko wiek radioźródła, ale także masę czarnej dziury i jasność bolometryczną, co pozwoliło mu umieścić swoje źródła na naszym wykresie (linie ciągłe), przy zachowaniu kodowania kolorystycznego - źródła o wyznaczonej masie i średnim tempie akrecji o wieku poniżej 300 lat (niebieski trójkąt), od 300 do 3000 lat (czarny kwadrat) itd. (Rys.13).

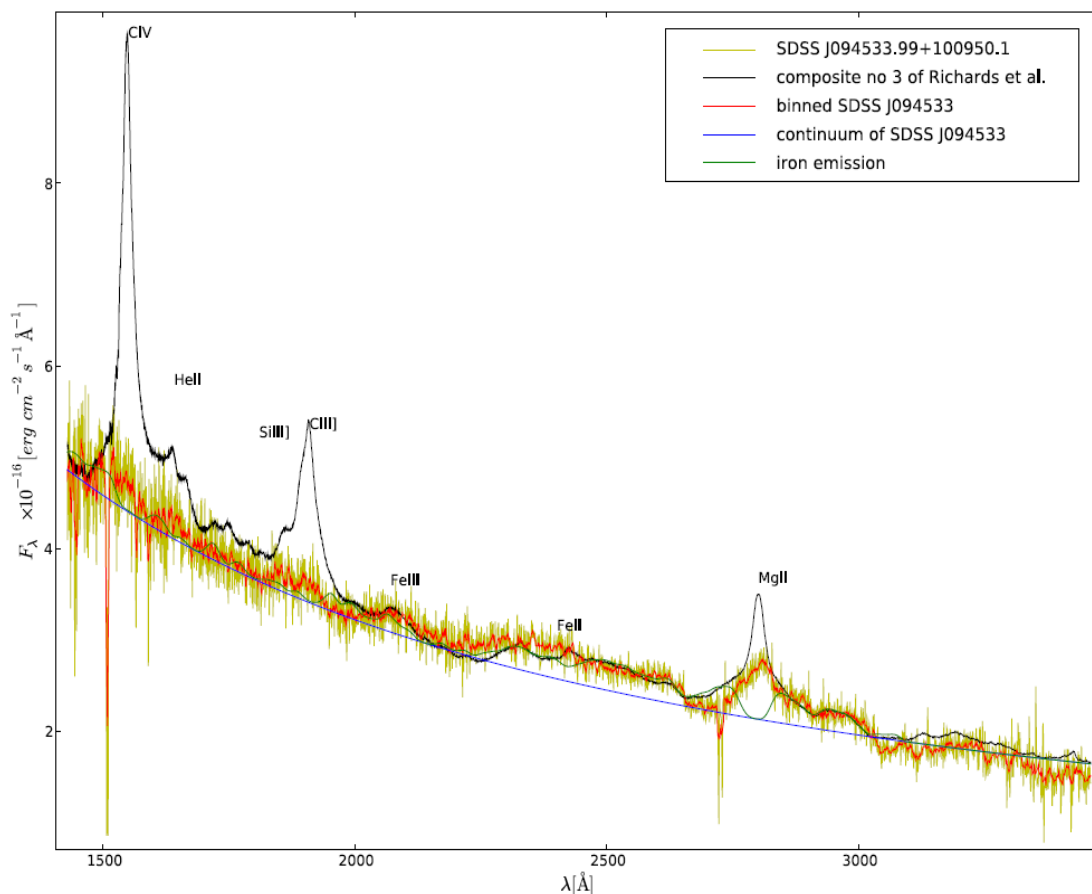


Rys.13. Wykres z pracy Wu (2009) porównujący linie teoretycznego wieku z naszej pracy (Czerny i in. 2009) z próbką obiektów o znanym wieku, masie czarnej dziury i średnim tempie akrecji.

Obecność nadspodziewanie licznej klasy bardzo młodych radioźródeł można właśnie wyjaśnić wielokrotną reaktywacją źródła w wyniku fluktuacji tempa akrecji w dysku, otaczającym centralną czarną dziurę.

Tego typu zjawisko powinno występować tylko dla źródeł o dość dużym tempie akrecji, powyżej 1 procenta w jednostkach Eddingtona. Dla niższych temp akrecji niestabilność ta nie występuje, i jest to zgodne z obserwacjami: radiogalaktyki o ogromnych strukturach radiowych, rozbudowywanych przez miliony lat, mają właśnie stosunkowo nieduże tempo akrecji.

Oczywiście skoro galaktyki włączają czy wyłączają swoją aktywność, to czasami powinniśmy je widzieć w trakcie takiej przemiany. Fazę zaniku aktywności obserwujemy zapewne w zamierającym źródle (np. Kunert-Bajraszewska i in. 2006). Fazę podejmowania aktywności być może też znaleźliśmy. Krzysztof Hryniewicz przeszukując katalog SDSS znalazł zagadkowe źródło - kwazara o słabych liniach emisyjnych. A dokładniej, słaba, niemal niewidoczna jest linia CIV, zazwyczaj bardzo silna, natomiast linia MgII jest tylko o czynnik 2 słabsza, ale szeroka i zupełnie pozbawiona wąskiego składnika.



Rys.14. Zagadkowy kwazar z pracy Hryniewicz i in. (2010). Linie kolorowe to binowane i niebinowane widmo kwazara, natomiast linia czarna to typowe widmo kwazara - kompozyt z pracy Richards i in. (2003) opartego o ten sam przegląd nieba (SDSS).

Prawdopodobna hipoteza jest taka, że w tym kwazarze wytworzyły się dopiero linie emisyjne pochodzące z obszarów bliskich dyskowi akrecyjnemu (szeroki składnik linii MgII), natomiast linie w obszarach odległych od dysku (CIV, wąski składnik MgII) dopiero są w trakcie powstawania - wiatr z dysku akrecyjnego potrzebuje czasu (ok. 100 lat) aby dotrzeć na większe odległości. Hipoteza ta wymaga jednak dalszych badań w celu jej ostatecznej weryfikacji.

Podsumowanie

Ostatnie dziesięć lat badań pokazało, że obecność masywnej czarnej dziury w centrum każdej (przynajmniej regularnej) galaktyki jest nieprzypadkowa, i że istnieje wyraźna ścisła więź pomiędzy czarną dziurą, wielkością zgrubienia centralnego i dyspersją prędkości gwiazd, oraz tempem powstawania gwiazd w galaktyce. Ten związek nie jest jeszcze dobrze poznany z punktu widzenia przyczynowości, ale widać, że modelowanie ewolucji galaktyki nie może być wykonane poprawnie, gdy zapomnimy o jej jądrze. Ewolucja aktywnego jądra też z kolei jest zarówno wynikiem ewolucji galaktyki - epizody dostarczania materii - jak i rządzi się swoimi prawami w formie spodziewanych niestabilności i naprzemiennych okresów wzmożonej aktywności oraz jej zaniku. Jak taka eratyczność zachowania jądra może wpłynąć na galaktykę - to problem, którego nikt jeszcze nie zgłębiał.

Bibliografia

- Bandara K., Crampton D., Smard L., 2009, ApJ, 704, 1135
Boyle B.J., Terlevich R.J., 1998, MNRAS, 293, L49
Collin S., Zahn J.P., 1999, A&A, 344, 433
Czerny B., Siemiginowska A., Janiuk A., Nikiel-Wroczyński B., Stawarz Ł., 2009, ApJ, 698, 840
Dunn J.P. i in., 2010, ApJ, 709, 611
Elvis M., 2000, ApJ, ApJ, 545, 63
Gultekin K. i in., 2009, ApJ, 698, 198
Hryniewicz K., Czerny B., Nikolajuk M., Kuraszkiewicz J., 2010, MNRAS, 404, 2028
Kunert-Bajraszewska M., Marecki A., Thomasson P., 2006, A&A, 450, 945
Magorrian J. i in. 1998, AJ, 115, 2285
Matur S. i in., 2009, arXiv:0910.3691v1
McCarthy I.G. i in., 2010, MNRAS, 406, 822
Richards G.T. i in., 2003, AJ, 126, 1131
Richstone D. i in., 1998, Nature, 395A, 14
Urry C.M., Padovani P., 1995, PASJ, 107, 803
Wu Q., 2009, ApJ, 701, L95
Zheng X.Z. i in., 2009, ApJ, 707, 1566

Optyczna zmienność kwazarów

Agnieszka Kuźmicz

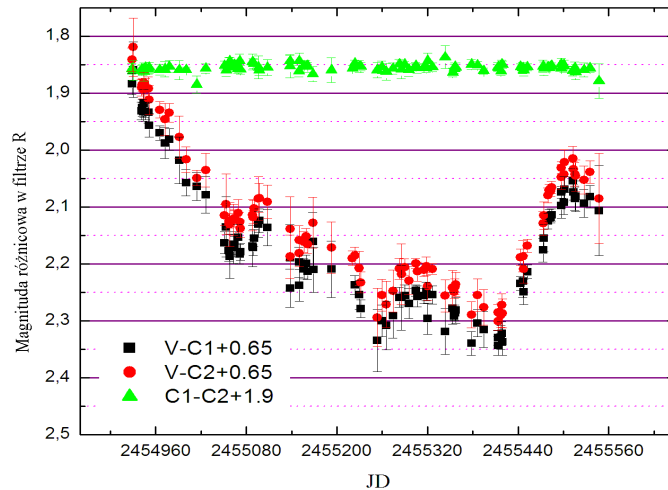
Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

Już od dawna wiadomo, że kwazary (będące jedną z klas obiektów należących do aktywnych jąder galaktyk AGN) są zmiennymi obiektami w bardzo szerokim zakresie długości fali. Ich zmienność była jedną z pierwszych własności, którą intensywnie badano. Skale czasowe zmienności jakie się obserwuje są zarówno krótkie (od dni do tygodni) jak również długie (mierzone w dziesiątkach lat). Za poszczególne rodzaje zmienności mogą być odpowiedzialne różne mechanizmy fizyczne. W przypadku obiektów należących do klasy BL Lac (aktywne jądro galaktyki jest widziane od strony dżetu), u których obserwuje się głównie zmienności krótkoskalowe o dużych amplitudach, główną przyczyną zmienności są efekty relatywistyczne (np. Vagnetti i in. 2003). W przypadku gdy aktywne jądro galaktyki widzimy pod większym kątem (obiekty Seyfert 1, 2) zmienności mają małe amplitudy oraz długie skale czasowe. Przypuszcza się, że mogą one być wywołane niestabilnościami dysku akrecyjnego otaczającego czarną dziurę (Kawaguchi i in. 1998), wybuchami supernowych w pobliżu jądra (Cid Fernandes i in. 1996) lub nawet poprzez efekt mikrosoczewkowania na zwartych obiektach galaktycznych (Hawkins 1993). Obserwacje zmienności w różnych zakresach długości fali są bardzo ważne ze względu na informacje, które mogą być z nich uzyskane. Mogą one stanowić główne źródło odpowiedzi na pytanie co powoduje aktywność jądra AGN oraz potwierdzić jego budowę.

Bardzo dużo badań naukowych zostało poświęconych szukaniu zależności pomiędzy stopniem zmienności, a parametrami fizycznymi takimi jak jasność, przesunięcie ku czerwieni, masa czarnej dziury, radiowe własności obiektu. Na ich podstawie znaleziono wiele zależności: dla kwazarów istnieje antykorelacja pomiędzy zmiennością a jasnością optyczną (Helfand i in. 2001), korelacja pomiędzy przesunięciem ku czerwieni i zmiennością (Vanden Berk i in. 2004), kwazary, które są radiowo głośne mogą być bardziej zmienne niż kwazary radiowo ciche (Helfand i in. 2001), amplituda zmienności wzrasta wraz z masą czarnej dziury (Wold i in. 2007). Ta ostatnia zależność jest szczególnie ważna, gdyż masa czarnej dziury jest fundamentalnym parametrem AGN więc odkrycie tej zależności (bądź jej brak) w przypadku niektórych klas obiektów może znacząco przyczynić się do poznania procesów jakie zachodzą w AGN.

Od dwóch lat w Obserwatorium Astronomicznym UJ są prowadzone regularne obserwacje radiowo głośnych kwazarów, których zmienność pochodzi z centralnej części AGN (ich dżety radiowe leżą prawie w płaszczyźnie nieba). Do obserwacji wykorzystywany jest 50-centymetrowy teleskop Cassegraina z krakowskiego obserwatorium jak również 60-centymetrowy teleskop na Suchorze. Rys. 1 przedstawia zmianę jasności dla jednego z badanych

kwazarów, dla którego zaobserwowano największe zmiany jasności. Wyraźnie widać jak jasność powoli malała, a następnie szybko zaczęła wzrastać. Na głównym trendzie widać również pewne „fluktuacje” - nagłe pojaśnienia o amplitudzie 0.1-0.2 mag. Niestety aby wyciągać wnioski z otrzymanych rezultatów oraz aby podjąć próbę tłumaczenia obserwowanych zmian jasności potrzebne są dłuższe obserwacje - co najmniej takie, które obejmowałyby półtora okresu zmienności. W przypadku poniższego kwazara nie wiemy jak długo przed rozpoczęciem obserwacji jasność kwazara malała.



Rys.1. Przykładowy wykres zmienności optycznej w filtrze R z obserwacji OAUI i Suchory. V - magnitudo obserwowane obiektu zmiennego - kwazara, C - magnitudo obserwowane gwiazdy porównania, C2 - magnitudo obserwowane gwiazdy kontrolnej.

Jednocześnie, bazując na danych archiwalnych zmienności w innych zakresach długości fali - zwłaszcza w zakresie promieniowania X, możemy porównać na ile zmiany optyczne pokrywają się ze zmianami w X (znalezienie takiej korelacji byłoby dużym przyczynkiem do zrozumienia mechanizmu zmienności AGN). Mimo ciekawych rezultatów, które możemy otrzymać z naszych badań, musimy gromadzić dalsze obserwacje dla uzyskania pełnego obrazu zmienności badanych przez nas obiektów.

Bibliografia

- Cid Fernandes R. J., Aretxaga I., Terlevich R., 1996, MNRAS, 282, 1191
 Hawkins M. R. S., 1993, Nature, 366, 242
 Helfand D. J., Stone R. P. S., Willman B., White R. L., Becker R. H., Price T.,
 Gregg M. D., McMahon R. G., 2001, AJ, 121, 1872
 Kawaguchi T., Mineshige S., Umemura M., Turner E. L., 1998, ApJ, 504, 671
 Vagnetti F., Trevese D., Nesci R., 2003, ApJ, 590, 123
 Vanden Berk D. E., et al., 2004, ApJ, 601, 692
 Wold M., Brotherton M. S., Shang Z., 2007, MNRAS, 375, 989

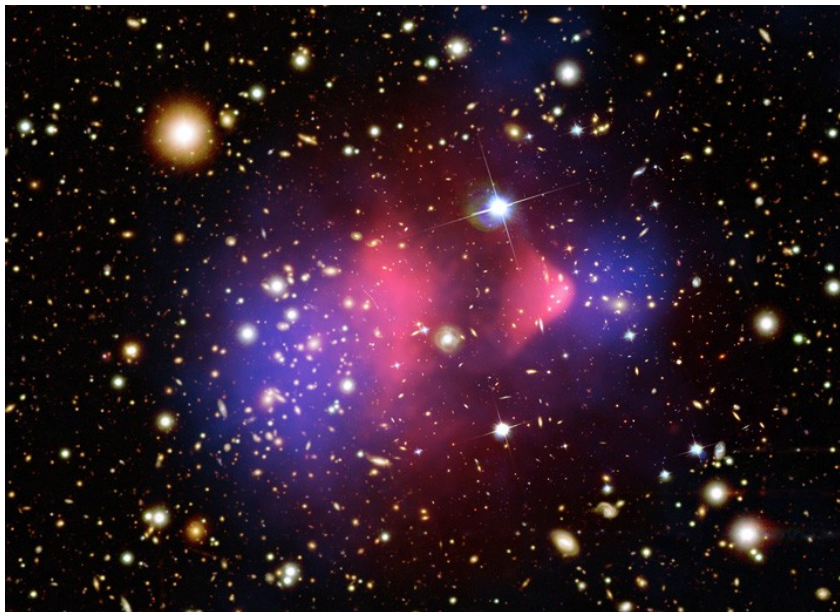
Poszukiwanie cząstek ciemnej materii w zderzeniach elektron-tarcza

Michał Silarski

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

Wstęp

W 1933 roku Fritz Zwicky badając gromadę COMA w gwiazdozbiore Warkocz Bereniki zauważył, że galaktyki poruszają się tam ze znacznie większymi prędkościami niż wynikałoby to z ich wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego [1]. Aby wyjaśnić niezgodności pomiarów z obserwacjami Zwicky założył, że badana gromada zawiera poza świecąca materią obiekty, które oddziałują wyłącznie grawitacyjnie i w ten sposób modyfikują krzywe rotacji galaktyk. Nie emitują one ani nie pochłaniają fal elektromagnetycznych, są więc niewidoczne i dlatego nazwano je ciemną materią. Wkrótce okazało się, że jest ona niezbędnym składnikiem prawie wszystkich obserwowanych galaktyk i ich gromad. Obserwacje astronomiczne dostarczyły wielu pośrednich dowodów na istnienie ciemnej materii, z których najmocniejszym są wyniki badań gromady Pocisk za pomocą kosmicznego teleskopu Chandra [1].



Rys.1. Gromada pocisk. Obszar zaznaczony kolorem różowym odpowiada skupionemu w zderzeniu gazowi międzygalaktycznemu, natomiast kolorem niebieskim zaznaczono obszar silnego pola grawitacyjnego. Zdjęcie pochodzi z [2].

Początkowo uważano, że ciemna materia to zwyczajne obiekty astronomiczne, takie jak czarne dziury, brązowe karły, gwiazdy neutronowe, itp., znajdujące się na obrzeżach galaktyk i emitujące zbyt mało światła, aby mogły być zauważone (tzw. MACHO: Massive Compact Halo Object). Systematyczne obserwacje wskazują jednak, że obiektów tego typu jest zbyt

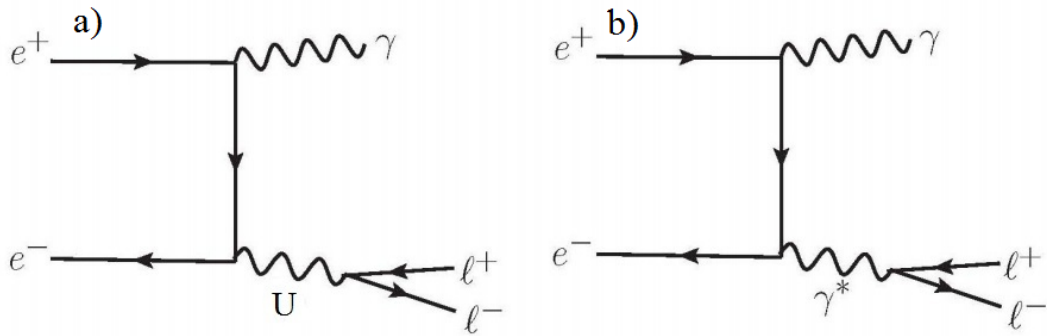
mało, aby ich grawitacyjne oddziaływanie mogło wytłumaczyć obserwowane krzywe rotacji galaktyk. Przypuszczalnie większość ciemnej materii stanowią słabo oddziałujące znane cząstki elementarne poruszające się z prędkościami relatywistycznymi, takie jak neutrino oraz nieodkryte jeszcze masywne cząstki tzw. WIMP-y (Weakly Interacting Massive Particles) oddziałujące praktycznie tylko grawitacyjnie. Jednym z kandydatów na WIMP-a jest neutralino, masywna i stabilna cząstka, przewidywana przez teorie supersymetryczne, której poszukuje się w eksperymentach na Wielkim Zderzaczu Hadronów LHC. Poszukiwania cząstek ciemnej materii prowadzone są również przez wiele innych grup badawczych na całym świecie. Opierają się one przede wszystkim na badaniu anomalii rozkładu promieniowania kosmicznego [3,4] oraz na rejestracji oddziaływania cząstek ciemnej materii z jądrami atomowymi [5].

Badania docierających do nas strumieni cząstek, prowadzone m. in. przez grupę PAMELA, wykazują znaczny wzrost liczby wysokoenergetycznych pozytonów, które mogą pochodzić z anihilacji cząstek ciemnej materii [3]. Ponadto, w eksperymencie DAMA zarejestrowano bardzo interesującą modulację liczby elastycznych zderzeń niezidentyfikowanych cząstek z jądrami kryształów NaI [5]. Źródłem tego sygnału mogły by być cząstki ciemnej materii tworzące galaktyczne halo, których średnia prędkość względem Ziemi zmienia się w ciągu roku. Wyniki innych eksperymentów [6] wskazują jednak na to, że modulacje te są najprawdopodobniej wynikiem jakiegoś innego zjawiska.

Modele lekkiej ciemnej materii

Pierwsze modele postulujące istnienie cząstek ciemnej materii o masie do $1\text{GeV}/c^2$ powstały już w latach 80. Obecnie zyskują coraz większą popularność głównie ze względu na możliwość wyjaśnienia wyników wspomnianych eksperymentów i ich wzajemnej niezgodności [7]. Głównym ich założeniem jest istnienie nowego oddziaływania, względem którego zwykła materia jest neutralna. To nowe, „ciemne” oddziaływanie nie zostało dotąd odkryte ze względu na to, że symetria cechowania nie pozwala na renormalizowalne oddziaływanie fermionów Modelu Standardowego z „ciemnymi” bozonami cechowania U oraz ciemną materią [8]. Bozony te mogą jednak sprzęgać się z hiperładunkiem Modelu Standardowego przez tzw. człon kinetycznego mieszania, który pozwala np. na ich rozpady na pary lepton - antylepton. Ponadto bozony ciemnej materii mogły by uzyskiwać masę poprzez mechanizm Higgsa [8].

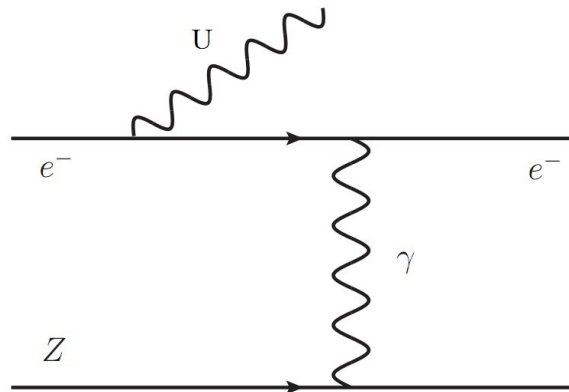
Ważną cechą tej klasy modeli ciemnej materii jest ich weryfikowalność w eksperymentach akceleratorowych takich jak rozpady rzadkich mezonów, zderzenia e^+e^- czy elektron-jądro [7]. W zderzeniach e^+e^- bozon U może być wyprodukowany np. wraz z fotonem: $e^+e^- \rightarrow U\gamma$, a następnie rozpaść się na pary lepton - antylepton (Rys.2a).



Rys.2. a) Diagram Feynmana dla produkcji bozonu U w zderzeniach e^+e^- ; b) proces stanowiący główne tło dla poszukiwanego rozpadu U. Rysunek zaadoptowany z [7].

Pojawia się tu tło pochodzące od konkurencyjnej produkcji leptonów poprzez wirtualny foton (Rys.2b), które można jednak odrzucić np. poprzez analizę rozkładu masy niezmienniczej par l^+l^- [9]. Bozonu U można poszukiwać również w rzadkich rozpadach mezonów, takich jak $\phi \rightarrow \eta U \rightarrow \eta e^+e^-$ czy $\pi^0 \rightarrow e^+e^-$. Badania tego typu prowadzone są między innymi przez grupę KLOE na akceleratorze wiązek przeciwbieżnych DAFNE we Frascati [9] oraz grupę BABAR na akceleratorze SLAC [10].

Kolejną grupę eksperymentów, w których można poszukiwać cząstek ciemnej materii, stanowią zderzenia elektron-jądro, w których bozony U mogłyby być produkowane w procesach radiacyjnych analogicznych do emisji promieniowania hamowania (Rys.3). Zaletami takich pomiarów są wyższe przekroje czynne na produkcję oraz możliwość poszukiwania w całkiem innym obszarze stałej kinetycznego sprzężenia i masy hipotetycznego bozonu. Eksperymenty na stałej tarczy uzupełniają więc badania rozpadów mezonów i zderzeń e^+e^- [7].



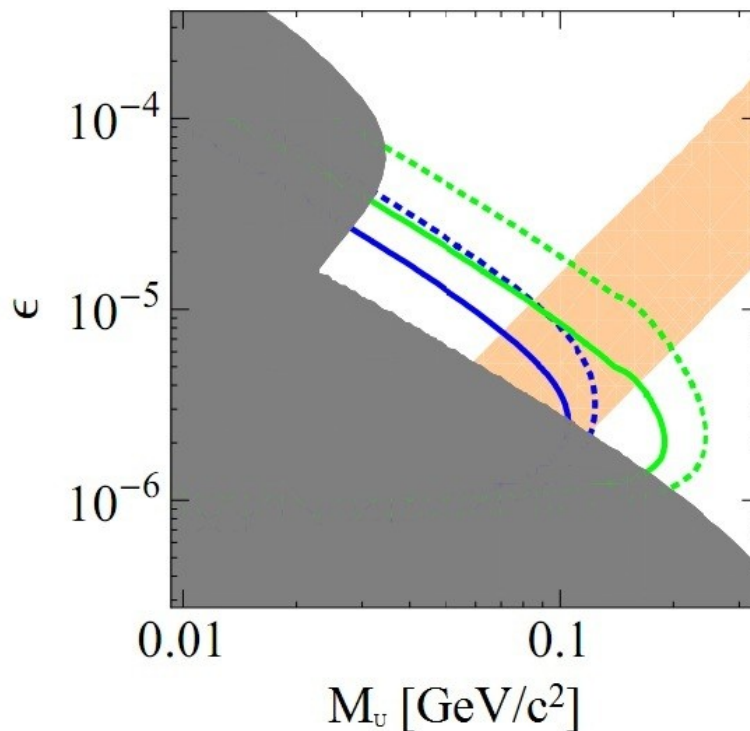
Rys.3 Diagram Feynmana przedstawiający proces produkcji bozonu U w zderzeniu elektron-jądro. Rysunek pochodzi z [8].

Napotykamy tu jednak na istotny problem z tłem, wynikającym z produkcji par leptonów poprzez wirtualny foton oraz proces Bethego-Heitlera, z którymi walczy się poprzez skomplikowane cięcia kinematyczne opisane wraz z oszacowaniem stosunku sygnału do tła w pracy [8]. Eksperymenty takie można prowadzić na grubej lub cienkiej tarczy w zależności od założonej masy

i stałej sprzężenia bozonu U, a także jego czasu życia. Wymusza to również wykorzystanie odmiennych technik eksperymentalnych. W tym artykule ograniczę się do opisu tylko eksperymentów z grubą tarczą odpowiednich dla poszukiwań lekkich bozonów z długim czasem życia i sprzęgających się słabo (przykłady zarówno takiego typu jak i innych eksperymentów przedstawione są w pracy [8].)

Eksperymenty na grubej tarczy

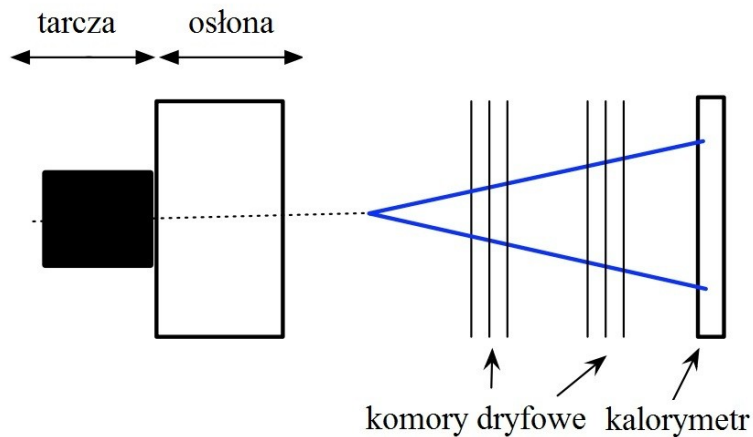
Rysunek 4 przedstawia przestrzeń stałej sprzężenia i masy bozonu ciemnej materii dostępną dla pomiarów na grubej tarczy [8]. Obszar zaznaczony kolorem szarym został wykluczony przez tego typu eksperymenty przeprowadzone na akceleratorze SLAC (eksperymenty E137 i E141 [11,12]) oraz Fermilab (eksperyment E774 [13]).



Rys.4 Wartości parametru sprzężenia ϵ oraz masy bozonu U, które można testować w zderzeniach elektron-tarcza. Obszar koloru szarego odpowiada wartościom wykluczonym przez eksperymenty E137, E 141 oraz E774. Krzywe ciągłe i przerywane ograniczają obszary dostępne do weryfikacji dla eksperymentów z grubą tarczą odpowiednio z osłoną oraz bez niej, dla wiązki o energii 200 MeV i całkowitemu ładunkowi 0.3 C (kolor niebieski), oraz dla wiązki o energii 6 GeV i ładunkowi 0.1 C. Obszar zaznaczony na pomarańczowo odpowiada parametrom modelu, które tłumaczą wyniki eksperymentu DAMA. Wykres pochodzi z artykułu [8].

Zakładając, że poszukiwany bozon ma małą masę (około 50-100 MeV/c^2) i długi czas życia, oraz sprzęga się słabo z materią ($\epsilon \sim 10^{-5}$) zastosować można układ eksperymentalny, którego schemat przedstawiony został na rysunku 5. Wiązka elektronów kierowana jest na grubą (rzędu 10 cm) tarczę wykonaną np.

z wolframu. Za nią znajduje się warstwa absorbentu redukującego tło pochodzące od kaskad elektromagnetycznych i hadronowych powstających w tarczy. Wyprodukowane bozony U nie są pochłaniane, ponieważ nie oddziałują z materią osłony i ulegają rozpadom na pary lepton - antylepton, które rejestrowane są za pomocą odpowiednio zaprojektowanych komór dryfowych oraz kalorymetrów elektromagnetycznych, a następnie identyfikowane za pomocą standardowych metod stosowanych w fizyce cząstek.



Rys.5 Schemat układu detekcyjnego odpowiedniego do poszukiwań lekkich mezonów U o długim czasie życia. Rysunek pochodzi z pracy [8].

W pomiarze takim kluczowe jest określenie werteksu, z którego pochodzą zarejestrowane w koincydencji cząstki. Bardzo ważne jest również optymalne dobranie grubości absorbentu oraz tarczy tak, aby przy wysokiej redukcji tła jak największa liczba produkowanych bozonów ulegała rozpadowi poza ich obszarem. Według autorów artykułu [8] przy absorbencie grubości ok. 10 cm i całkowitej liczbie elektronów odpowiadającej ładunkowi 0.3 C można zaobserwować ok. 30 rozpadów bozonu U. Dla wyższych energii wiązki można poszukiwać cząstek o większej masie i krótszym czasie życia (rys.4) przy wykorzystaniu grubszych tarcz. W takim przypadku musimy jednak uporać się z większym tłem pochodzącym przede wszystkim od produkcji mionów, neutronów czy promieniowania rentgenowskiego [8].

Podsumowanie

Systematyczne poszukiwania ciemnej materii, w szczególności niezgodności wyników wymienionych wcześniej eksperymentów, wskazują na istnienie niezobserwowanych cząstek ciemnej materii o masie do $1 \text{ GeV}/c^2$. Hipoteza ta może być zweryfikowana za pomocą różnych eksperymentów działających zarówno na zderzaczach e^+e^- , jak i na synchrotronach elektronowych. Wśród nich szczególne miejsce zajmują badania zderzeń elektron-tarcza, w które potencjalnie mogłyby włączyć się również Polska na budowanym w Krakowie synchrotronie.

Bibliografia

- [1] Góra P.F., 2008, FOTON 103, 16
- [2] <http://www.astronomia.pl/wiadomosci/index.php?id=1210>
- [3] Boezio M. et al., 2009, New J. Phys. 11, 105023
- [4] Aharonian F. et al., 2008) [H.E.S.S. Collaboration], Phys. Rev. Lett. 101, 261104
- [5] Bernabei R. et al., 2008, [DAMA Collaboration], Eur. Phys. J. C56, 333
- [6] Ahmed Z. et al., [CDMS Collaboration] arXiv:0912.3592
- [7] Bossi F., 2009, Wykład pt. „*Signals from a low energy dark world*”, INFN-LNF Frascati
- [8] Bjorken J. D., Essig R., Schuster P., Toro N., 2009, Phys. Rev. D80, 075018
- [9] Bossi F., arXiv:0904.3815
- [10] Aubert B. et al., 2009, Phys. Rev.Lett. 103, 081803
- [11] Bjorken J. D. et al., 1988, Phys. Rev. D38, 3375
- [12] Riordan E. M. et al., 1987, Phys. Rev. Lett. 59, 755
- [13] Bross A. et al., 1991, Phys. Rev. Lett. 67, 2942



Prof. dr hab. Bożena Czerny i prof. dr hab. Marek Biesiada
podczas wykładów. (Fot. B. Wszolek)

Najmniejsze i największe: cząstki w CERNie, a Wszechświat

Blanka Cecota

Politechnika Łódzka

Jacek Szabelski

IPJ w Łodzi

Zgodnie z obecnym stanem wiedzy, na początku nastąpił Wielki Wybuch. Prawdopodobnie był to początek „czasu i przestrzeni”. Nie wiemy, co mieściło się w przestrzeni na początku. Nasza wyobraźnia sugeruje, że, gdy tylko było wystarczająco miejsca, Wszechświat składał się z cząstek elementarnych: kwarków, leptonów (elektronów, mionów, taonów i neutrin), bozonów (fotonów, gluonów, W, Z0). Następnie w pierwszych ułamkach sekundy z kwarków i gluonów powstały protony i neutrony. Po około minucie od Początku protony i neutrony zaczęły formować lekkie jądra atomowe, a te połączyły się z elektronami tworząc atomy dopiero po 380000 lat. Wtedy również Wszechświat zaczął być przezroczysty dla światła (wcześniej swobodne elektrony rozpraszały fotony). 150 milionów lat po Wielkim Wybuchu powstały pierwsze gwiazdy i rozpoczęła się fuzja jądrowa, czego widzialnym skutkiem jest świecenie gwiazd. W wyniku fuzji jądrowej z początkowego wodoru i lekkich pierwiastków powstały i powstają pierwiastki lżejsze od żelaza. Nasz Układ Słoneczny uformował się z dysku pyłu dopiero po upływie 9.3 mld lat od Wielkiego Wybuchu. 1.4 mld lat później w oceanach Ziemi zaczęły pojawiać się prymitywne formy życia. Około 13.4 mld lat upłynęło od początku Wszechświata, gdy człowiek zaczął stawiać pierwsze w nim kroki.

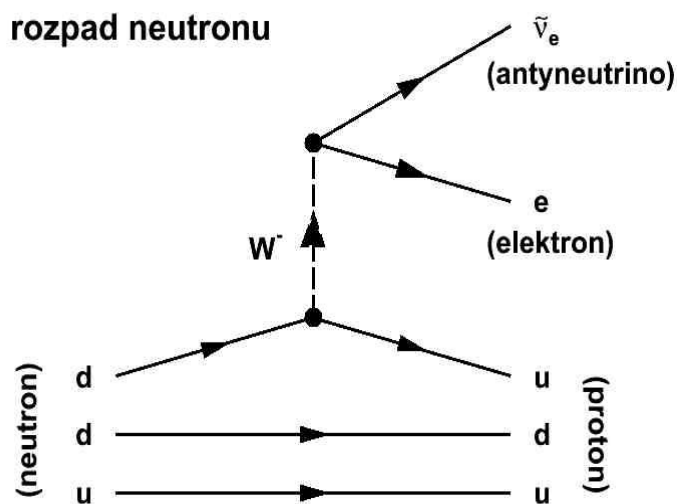
Własności cząstek elementarnych wpłynęły na obecną formę Wszechświata. Poznajemy te cząstki w laboratoriach fizyki wielkich energii. Obecnie największe takie laboratorium - CERN - znajduje się w pobliżu Genewy (część w Szwajcarii i część we Francji). Wiemy, że otaczająca nas materia składa się z kwarków u i d oraz elektronów. Znamy wiele własności cząstek, ale często nie rozumiemy, dlaczego one są takie, a nie inne.

Przykładem są masy cząstek. Wiemy, że masa jądra atomowego jest tysiące razy większa od masy elektronów (masa elektronu to ok. $0.5 \text{ MeV}/c^2$). Masy cząstek elementarnych różnią się między sobą jeszcze bardziej. Leptony (elektron, mion, taon, neutrina) mają masy w zakresie od 10^{-6} - $10^3 \text{ MeV}/c^2$. Masy barionów (np. proton, neutron) są rzędu tysiąca MeV/c^2 . Bariony są cząstkami zbudowanymi z kwarków i gluonów i te cząstki uważamy za elementarne. Kwarki mają masy w zakresie $1.7 \text{ MeV}/c^2$ - $1.7 \times 10^5 \text{ MeV}/c^2$. Bozony (fotony, gluony, W, Z0) mają masy od 0 do około $10^5 \text{ MeV}/c^2$.

Fakt, że te masy są takie, a nie inne, ma wielki wpływ na własności obserwowanego obecnie Wszechświata. Co stałoby się, gdyby cząstki te miały nieco inną masę? Gdyby przykładowo bozon W był nieco lżejszy, scenariusz

powstania potoczyłby się inaczej. Bozony W i Z0 przenoszą tzw. oddziaływania słabe. Same oddziaływania nie są „takie słabe”, ale, ze względu na dużą masę (ok. $10^5 \text{ MeV}/c^2$) bozonów, mają mały zasięg i zachodzą rzadko. Masa bozonu W wpływa na szybkość fuzji jądrowej w gwiazdach. Mniejsza masa bozonu W zwiększyłaby szybkość reakcji fuzji w Słońcu. Po upływie 12 mld lat od Wielkiego Wybuchu Słońce świeciłoby znacznie silniej i wypalałoby się znacznie szybciej, niż to obserwujemy. Cała istniejąca woda wyparowałaby, zanim pojawiłyby się na Ziemi pełne formy życia.

Świat, który obecnie obserwujemy, składa się głównie z kwarków u i d oraz elektronów (najlżejszych elementów). Kwark u ma masę w granicach $1.7\text{-}3.3 \text{ MeV}/c^2$, a kwark d ma masę $4.1\text{-}5.8 \text{ MeV}/c^2$. Układ kwarków uud tworzy proton, a układ udd neutron, ale suma mas kwarków ma skromny udział w masach protonu czy neutronu. Neutron jest cięższy od protonu o ok. $1.3 \text{ MeV}/c^2$. Małe zmiany mas kwarków u lub d wywołałyby wielkie zmiany w fizyce jądrowej (skład masowy Wszechświata, fuzja jądrowa w gwiazdach). Na przykład, gdyby kwark dolny (d) był nieco lżejszy, w 15 s po Wielkim Wybuchu protony uległyby rozpadowi (neutron byłby lżejszy od protonu). Po 24 godzinach nie byłoby już więcej ani protonów, ani elektronów. Dlatego też po upływie 150 mln lat Wszechświat byłby ciemny, a znajdowałyby się w nim jedynie gwiazdy neutronowe.



Rys.1. Obrazek pokazuje schematycznie (grafy Feynmana) rozpad neutronu. Podobnie przedstawia się reakcję przejścia protonu na neutron (np. w procesach fuzji jądrowej): trzeba zamienić kwark d na u i kwark u na d, bozon W^- na W^+ , elektron na pozyton i antyneutrino elektronowe na neutrino elektronowe. Są to podstawowe reakcje, dzięki którym m. in. świecą gwiazdy. „Kierunek” reakcji określają masy cząstek przed i po reakcji: od większej do mniejszej masy (łącznie dla całego jądra).

Ciekawym scenariuszem jest ten, w którym nieco mniejszą od występującej masę ma elektron. W takim przypadku atomy powstałyby dopiero po upływie 9.5 mln lat. Wtedy również Wszechświat stałby się przezroczysty. Dopiero 200 mln lat po Wielkim Wybuchu nastąpiłaby jądrowa fuzja i gwiazdy zaczęłyby świecić. 500 mln lat upłynęłoby, zanim uformowałyby się pierwsze galaktyki. Z powodu mniejszej masy elektronu słabsze byłyby wiązania chemiczne cząsteczek. Cząsteczki rozpadałyby się w naszej temperaturze pokojowej.

Spowodowałyby to brak wody w stanie ciekłym na Ziemi. W takim przypadku życie mogłoby jedynie egzystować w ekstremalnie zimnych warunkach. Dlatego też miejscem powstania życia mógłby być np. Tytan, księżyc Saturna. Ewentualne formy życia byłyby bardzo egzotyczne.

Jak do tej pory naukowcy nie wiedzą dlaczego cząstki mają taką, a nie inną masę. Ciekawym pomysłem w kierunku rozwiązania tego problemu jest pole siłowe zwane polem Higgosa. Cząstka elementarna znajdująca się w tym polu uzyskiwałaby masę tym większą, im silniejsze byłoby oddziaływanie z polem. Pole Higgosa oddziaływałoby również z ... polem Higgosa. Skutkiem tego powinny być masywne cząstki - bozony Higgosa. Naukowcy poszukują tych cząstek w CERNie. W tym celu został zbudowany największy akcelerator cząstek i wielkie detektory. Jeśli takie cząstki zostaną znalezione, będziemy umieli opisać sposób nadawania masy cząstkom elementarnym. Problem, dlaczego masy cząstek elementarnych są takie, a nie inne, prawdopodobnie nie zostanie jeszcze tym razem rozwiązany.

Bibliografia

Cahn R.N., 1996, Reviews of Modern Physics, 68, 951

Hogan C.J., 2000, Reviews of Modern Physics, 72,1149

Kobel M., - informacja prywatna

Teresi D., Lederman L., 2005, „Boska cząstka”, Prószyński i S-ka, Warszawa

Weinberg S., 1998, „Pierwsze trzy minuty”, Prószyński i S-ka, Warszawa



Biblioteka Jasnogórska. Obok Ojca Paulina: Bożena Czerny, Agnieszka Debudej

i Maciej Mikołajewski. (Fot. B. Wszolek)



Natalia Virnina i Ivan Andronov podczas zwiedzania wystawy „Od lunety Galileusza do teleskopów kosmicznych” w Muzeum Częstochowskim. (Fot. B. Wszolek)

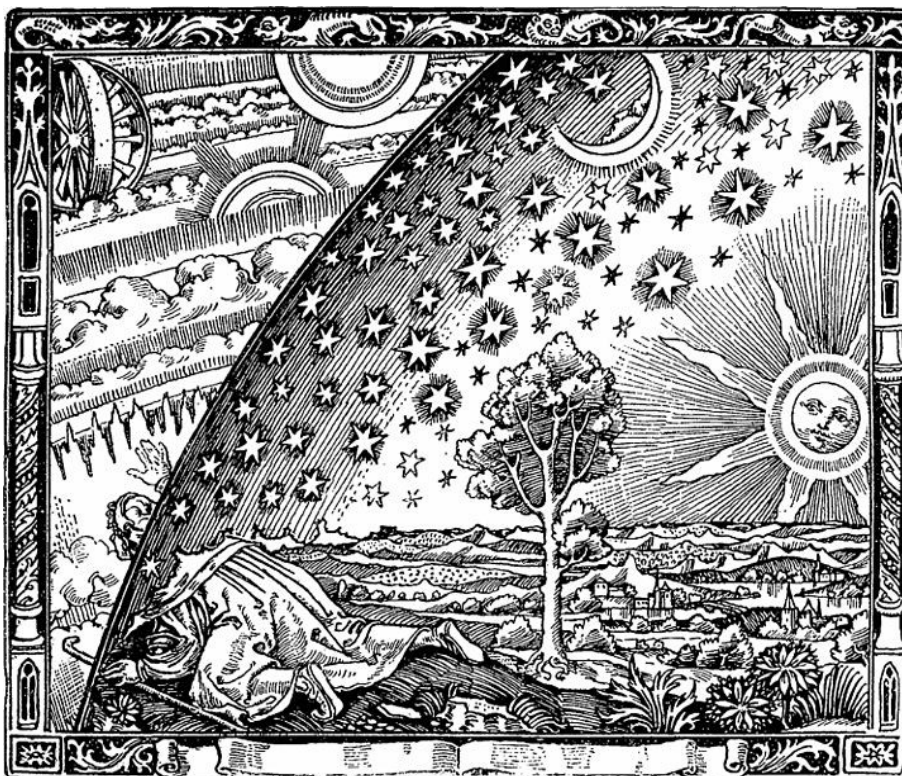
Najciekawsze jest to, czego nie widać - złoty wiek radioastronomii

Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

Ludzi zawsze fascynowało to, czego nie byli w stanie dostrzec. Rzeczy "niewidzialne" pobudzały ich fantazję, inspirowały do stawiania śmiałych hipotez, niejednokrotnie - prowadziły do wielkich odkryć. Astronomowie już dawno rozszerzyli zakres badania Wszechświata poza obszar promieniowania widzialnego. Dokładnie w pierwszej połowie minionego wieku narodziła się radioastronomia. Dzięki badaniom prowadzonym na falach radiowych dokonano szeregu przełomowych odkryć, nadal jednak wiele pytań pozostaje bez odpowiedzi. Najbliższa dekada obfitować będzie w powstanie na całym świecie sieci gigantycznych radioteleskopów. Niniejszy szkic poświęcony jest właśnie tym urządzeniom, ich możliwościom i przewidywanym wynikom naukowym.

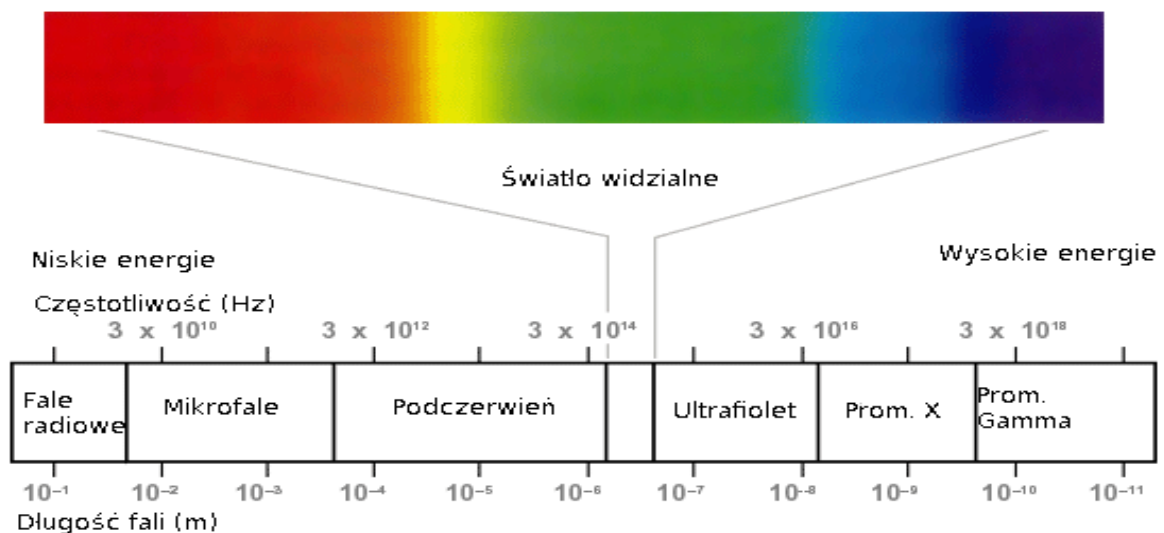
Zanim przejdę jednak do zasadniczej - stricte radioastronomicznej części tego szkicu - pozwolę sobie na dygresję „filozoficzną”. Pomocna będzie mi w tym ilustracja (zamieszczona poniżej), stary drzeworyt przedstawiający Wędrowca na krańcu Świata.



Rys. 1. „Krańca Świata” - stary drzeworyt przedrukowany w książce Camille Flammariona *L'atmosphère: météorologie populaire*, wydanej w Paryżu w 1888r.

Otóż, ów Wędrowiec doszedł do granicy poznawalnego i powszechnie akceptowanego Świata. A mimo to próbuje ją przekroczyć... Ta symboliczna bariera może dotyczyć nas i wielu dziedzin naszego życia. Także nauki. Często brakuje nam odwagi i determinacji Wędrowca, by spojrzeć tam, gdzie wielka niewiadoma ... albo jeszcze inaczej - tam, gdzie wydaje się, że nic nas już nie zaskoczy. Miliony ludzi zaakceptowało tę wygodną dla nich „linię horyzontu”. Ale bez takich jak ten Wędrowców, którzy zawsze czegoś szukają nie byłoby postępu. Również w nauce, w której rozwój następuje na skutek długotrwałych i bardzo pracochłonnych badań. Jednakże zasadnicze zmiany są prawie zawsze dziełem rewolucjonistów. Geniuszy tej klasy co Kopernik, Kepler, Galileusz, Newton czy Einstein, którzy umiejętnie korzystali ze zdobyczy swoich poprzedników, ale mieli też odwagę przeciwstawienia się ogólnie akceptowanemu schematowi. Nie bali się wyrzeć poza granice ówczesnego postrzegania Świata.

Na przedstawiony drzeworyt można spojrzeć jeszcze inaczej. Natura wyposażyła nas w perfekcyjny przyrząd jakim są oczy - odbiorniki światła. Światło jest jednak tylko jednym, dość wąskim wycinkiem zakresu fal elektromagnetycznych. Ludzie - aczkolwiek istoty prawie doskonałe - niestety nie posiadają receptorów do odbioru innych fal, np. radiowych. Dlatego też nasze postrzeganie Świata jest tylko częściowe. Natura ograniczyła nasze postrzeganie, postawiła przed nami barierę. Ale ... wyrzeć poza tę granicę możemy. Wtedy właśnie doceniamy wkład nauki, nowoczesnej techniki i ludzi, którzy przez lata poświęcają się badaniom.



Rys. 2. Zakresy fal elektromagnetycznych.

Tyle tytułem wstępu. Przejdźmy do meritum tego szkicu. Fale elektromagnetyczne, których zakresy prezentuje Rys. 2, są wytwarzane przez różne obiekty. Człowiek potrafi generować je sztucznie. Nauczył się też, jak

może je „ogłądać” - odbierać. Astronomom służą do tego różnego typu teleskopy. Jako pierwsze, co nie dziwne, wynalezione były teleskopy optyczne (w XVII wieku), które umożliwiają „gromadzenie” i ogniskowanie większej ilości fotonów oraz dostrzeganie drobniejszych szczegółów, niż pozwala nam na to nasz narząd wzroku. Na „zagospodarowanie” innych zakresów fal elektromagnetycznych musieliśmy czekać do XX wieku. Pierwszą zaadoptowaną dziedziną były właśnie fale radiowe, dla których nasza atmosfera jest w zasadzie przezroczysta (dotyczy to fal radiowych o metrowej i centymetrowej długości). Dzięki temu z powierzchni ziemi możemy obserwować różne ciała niebieskie generujące tego typu sygnały.



Rys.3. Czasze: 100-metrowego radioteleskopu w Effelsbergu (po lewej) oraz 300-metrowego w Arecibo (po prawej).

Początki radioastronomii sięgają lat 30. XX wieku. Pierwszym radiowym sygnałem pozaziemskim odebrany przez człowieka było promieniowanie pochodzące z centrum Naszej Galaktyki. Dokonał tego w 1933 r. Karl G. Jansky - inżynier z „Bell Telephone Laboratories”. O ile to wyżej wymienione odkrycie było przypadkowe, to już na początku lat 40. minionego stulecia inny inżynier radioamator Grote Reber wykonał w sposób systematyczny mapy emisji radiowej Naszej Galaktyki. Radioastronomia szczególnie intensywnie rozwijała się po zakończeniu II wojny światowej. Wiele czasz nieprzydatnych wojskowych radarów można było wykorzystać i zbudować z nich radioteleskopy. Początkowo metalowe czasze teleskopów były niewielkie (o średnicy kilkunastu metrów) i pozwalały na dostrzeganie tylko

najsilniejszych radiowych obiektów na niebie. Małe rozmiary anten nie pozwalały też na rozróżnianie detali struktury obiektów niebieskich. Dlatego też, z biegiem lat dążono do budowy coraz większych przyrządów. Dziś, największe radioteleskopy mają średnice 100 metrów (np. przedstawiona na Rys. 3 ruchoma antena w Effelsbergu w Niemczech). W Arecibo na wyspie Puerto Rico (USA) znajduje się 300-metrowa antena. Jest jednak nieruchomą „miską” leżącą w naturalnym zagłębieniu ziemi.

Większych czasz anten, niż te przedstawione powyżej, nie buduje się, ponieważ mogłyby zapaść się pod własnym ciężarem. Powstają jednak sieci (tzw. interferometry) kilku anten o mniejszych rozmiarach. Pierwszą z nich był One-Mile Telescope w Cambridge w Anglii. Teleskop ten składał się z trzech 18-metrowych anten, z których jedna mogła się przemieszczać na odległość do 800 metrów. Zdolność rozdzielcza (możliwość rozróżniania szczegółów) tego instrumentu na fali o długości 21 cm wynosiła 20 sekund łuku, czyli była trzy razy lepsza niż zdolność rozdzielcza ludzkiego oka. Za zbudowanie tego teleskopu i zastosowaną technikę obserwacyjną - nazwaną syntezą apertury - w 1974 r. Martin Ryle (razem z Antony Hewish'em) dostał nagrodę Nobla. Współcześnie, największym oraz najwydajniejszym interferometrem jest Very Large Array zbudowany w USA. Składa się on z 27 anten o średnicy 25 metrów. Zewnętrzne anteny mogą być od siebie oddalone nawet o 36 km. Pozwala to na osiągnięcie bardzo dobrych zdolności rozdzielczych. Podobna sieć przeznaczona do obserwacji na niskich częstotliwościach radiowych znajduje się w Indiach, niedaleko Bombaju. Hinduski interferometr składa się z 30 anten o średnicy 45 metrów. Radioastronomowie mają też do swojej dyspozycji radioteleskop międzykontynentalny - Very Long Baseline Interferometry (VLBI), który składa się z radioteleskopów rozmieszczonych na różnych kontynentach (do sieci tej należy m. in. 32-metrowa antena Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu). Zdolność rozdzielcza VLBI na fali 21 cm wynosi 5 milisekund łuku.

Radioastronomia to jednak nie tylko 80-letnia historia badań. W budowie lub na etapie projektowania i planowania jest wiele nowych radioteleskopów. Aktualnie w Chile, na jednej z najbardziej suchych pustyń na Ziemi, powstaje Atacama Large Millimeter Array (ALMA). Ten położony na wysokości 5000 m teleskop rozpocznie obserwacje już w 2012 roku. W jego budowę zaangażowane są Stany Zjednoczone, kraje Unii Europejskiej, Japonia, Tajwan oraz Kanada. Radioteleskop ten będzie składał się z 54 czasz o średnicy 12 metrów oraz 12 nieco mniejszych, o średnicy 7 metrów. Najdalej położone anteny będzie dzieliło od siebie 16 km. Interferometr ten będzie pracował w zakresie od 350 mikrometrów do 10 mm, a jego zdolność rozdzielcza osiągnie 10 milisekund łuku. Przy pomocy teleskopu ALMA będziemy w stanie badać chłodną materię (np. pył i gaz molekularny) w odległych częściach Wszechświata.

Innym bardzo ważnym instrumentem jest LOw Frequency Array (LOFAR) - sieć radiowa na niskie częstotliwości (15-300 MHz). Został on zaprojektowany

i skonstruowany przez Holendrów. LOFAR składa się z około 25000 anten, tworzących grupy zwane "stacjami". Są one rozmieszczone na dużym obszarze w Holandii. Stacje LOFAR powstały lub też powstają w innych krajach europejskich. Polscy astronomowie uczestniczą aktywnie w pracach LOFARa. Utworzono w tym celu polskie konsorcjum astronomiczne o nazwie POLFAR. W jego skład wchodzi naukowcy z Uniwersytetów: Jagiellońskiego (koordynator), Mikołaja Kopernika w Toruniu, w Zielonej Górze, Szczecińskiego, Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Przyrodniczego we Wrocławiu oraz z Centrum Badań Kosmicznych PAN i Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika PAN. Planuje się zbudowanie trzech stacji LOFAR w Polsce: w Borówcu k/Poznania, w Łazach k/Bochni oraz w Bałdach k/Olsztyna. Proponowane przez polskich badaczy programy badawcze stanowią unikalne laboratorium fizyki plazmy w warunkach nieosiągalnych na Ziemi. Możliwe dzięki LOFARowi obserwacje na niskich częstotliwościach otwierają nowe okno na Wszechświat. W porównaniu do konwencjonalnych radioteleskopów LOFAR będzie mógł w krótkim czasie wykonać mapy bardzo dużych obszarów nieba. Astronomowie spodziewają się, że obserwując dziesiątki milionów radioźródeł, uda im się odkryć wiele nieznanych dotąd zjawisk.

Instrumentem na miarę XXI-go wieku będzie Square Kilometre Array (SKA). Koncepcja tego interferometru o łącznej powierzchni zbiorczej jednego kilometra kwadratowego powstała w 1991 roku, a w latach 2008-2010 zamknięto ostateczny projekt i kosztorys. O umieszczenie tego instrumentu na swoim terytorium stara się wiele państw, m. in. Republika Południowej Afryki i Australia. Wybór najlepszej lokalizacji zostanie dokonany w 2012 roku. W 2016 roku rozpocznie się instalacja pierwszych z 3000 anten. Połowa anten o 15 m średnicy zostanie rozlokowana na przestrzeni 5 km, a reszta na terenie o rozciągłości 3000 km. Pierwsze obserwacje SKA zaplanowane są na rok 2019, a jego pełne działanie rozpocznie się w 2024 roku. SKA będzie obejmowała obserwacje w zakresie częstotliwości od 0.03 do 20 GHz, których czułość będzie 100 razy lepsza od tej, na którą pozwalają obecnie działające radioteleskopy. SKA pozwoli astronomom sięgnąć bardzo daleko w głąb Wszechświata - do przestrzeni spowitych ciemnością - do czasów kiedy nie istniały gwiazdy.



Dr Marek Jamroz przyjechał na konferencję z „Flammarionem”. (Fot. B. Wszolek)

Spektroskopowa charakterystyka środowiska międzygwiazdowego w kierunku ω Ori

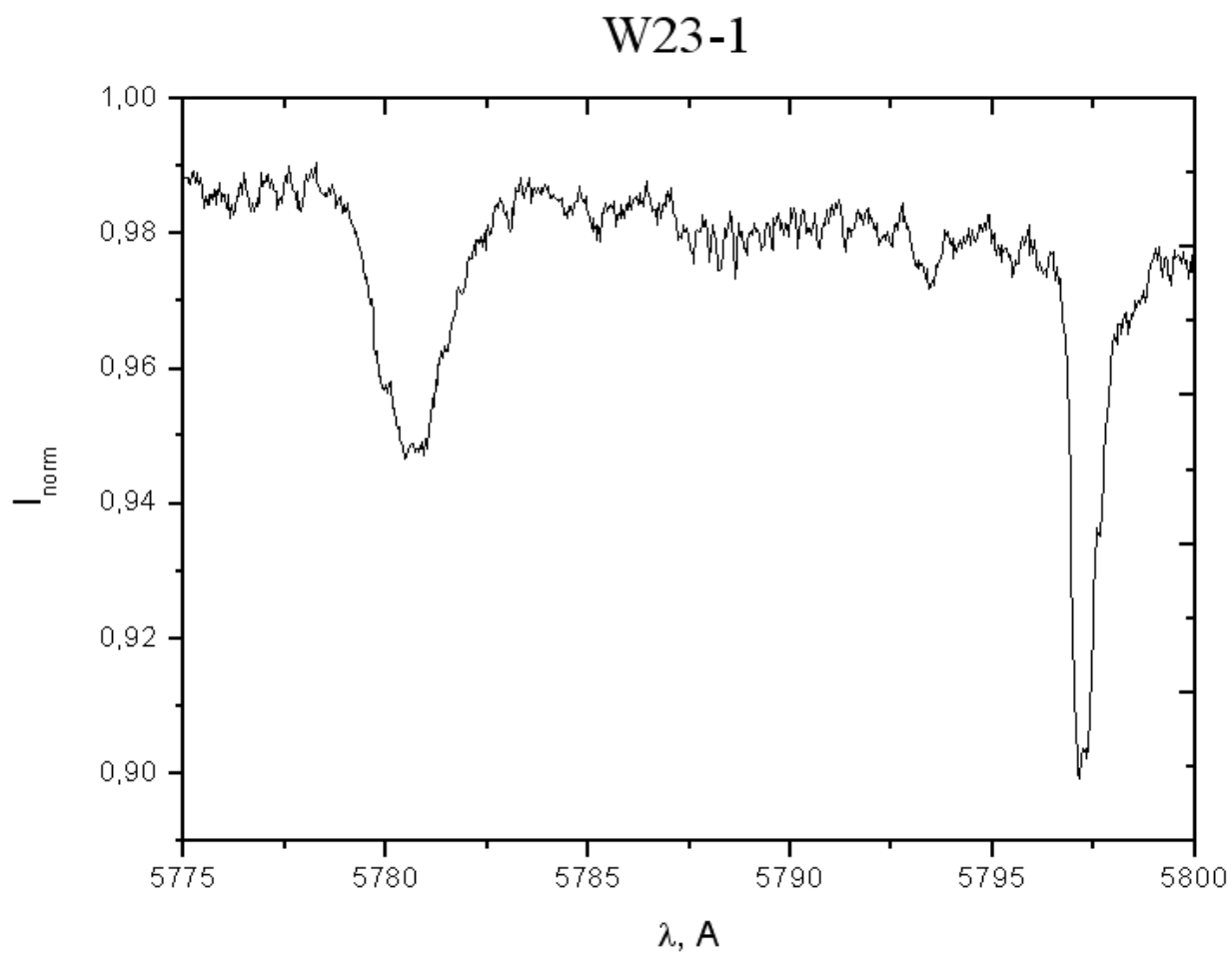
Agnieszka Debudej i Bogdan Wszolek
Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Materia międzygwiazdowa oddziałując z promieniowaniem kosmicznym oraz elektromagnetycznym, a także ze samą sobą, ulega wciąż przeobrażeniom. Zmieniają się jej parametry fizyczne - gęstość, temperatura, stan skupienia itd. Zmienia się również jej skład chemiczny. Ze względu na bardzo niskie gęstości materii międzygwiazdowej i ogromne przestrzenie, które ta materia wypełnia, tempo zmian jej stanu jest na tyle powolne, że na przestrzeni np. 100 lat bardzo trudno jest je zarejestrować. Nie oznacza to jednak, że ewolucja materii międzygwiazdowej całkowicie wymyka się badaniom. Poprzez kierowanie teleskopów w różne obszary nieba, rejestruje się odmienne stany materii międzygwiazdowej. Umożliwia to wnioskowanie o ewolucji materii w dużych skalach czasowych.

Dla otrzymania miarodajnego obrazu spektroskopowego środowiska międzygwiazdowego w określonym kierunku należy wykonać widmo odpowiednio dobranego źródła promieniowania ciągłego. Takim źródłem może być jasna gwiazda wczesnego typu widmowego. Jeśli po drodze do gwiazdy znajduje się obłok międzygwiazdowy, to w jej widmie pojawią się linie absorpcyjne wywołane materią w obłoku.

Posiłkując się widmami otrzymanymi we francuskim Obserwatorium Astronomicznym na Pic di Midi przeprowadzamy szczegółową analizę środowiska międzygwiazdowego w kierunku gwiazdy ω Ori. Widmo o dużej rozdzielczości $R > 120000$ ze stosunkiem sygnału do szumu około 1000 zostało wykonane przy pomocy spektropolarymetru typu echelle będącego na wyposażeniu dwu metrowego teleskopu BLT (Bernard Lyot Telescope). Widmo zawiera 40 rzędków i w sumie pokrywa zakres od 3700 do 10480 Å.

Gwiazda ω Ori (HD37490) jest typu B3 IIIe. Jej jasność w zakresie V wynosi 4.6 magnitudo, a jej poczerwienienie $E(B-V)$, wynoszące zaledwie 0.08, wskazuje na względnie małą gęstość materii międzygwiazdowej po drodze do gwiazdy. Interesujące jest sprawdzić, które spośród znanych (Galazutdinov i in. 2000) międzygwiazdowych linii absorpcyjnych są widoczne mimo tak niskiego poczerwienienia. W widmie gwiazdy znaleźliśmy silny dublet żółtych linii międzygwiazdowego sodu neutralnego Na I (linie D1 - 5895.9243 Å oraz D2 - 5889.9512 Å) oraz wiele linii z grupy tzw. międzygwiazdowych pasm rozmytych (np. 5780, 5797 i 5850 Å) (Rys.1). Aktualnie przeprowadzamy identyfikacje oraz pomiary parametrów dostępnych linii pochodzenia międzygwiazdowego.



Rys.1. Fragment widma gwiazdy ω Ori (kawałek rzędka nr 23) obejmujący międzygwiazdowe pasma rozmyte 5780 i 5797 \AA .

Bibliografia

Galazutdinov G. A., Musaev F. A. Krełowski J., Walker G. A. H., 2000, PASP, 112, 648

Spektroskopowa charakterystyka środowiska międzygwiazdowego w kierunku ϵ Ori

Sylwia Kusiak i Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

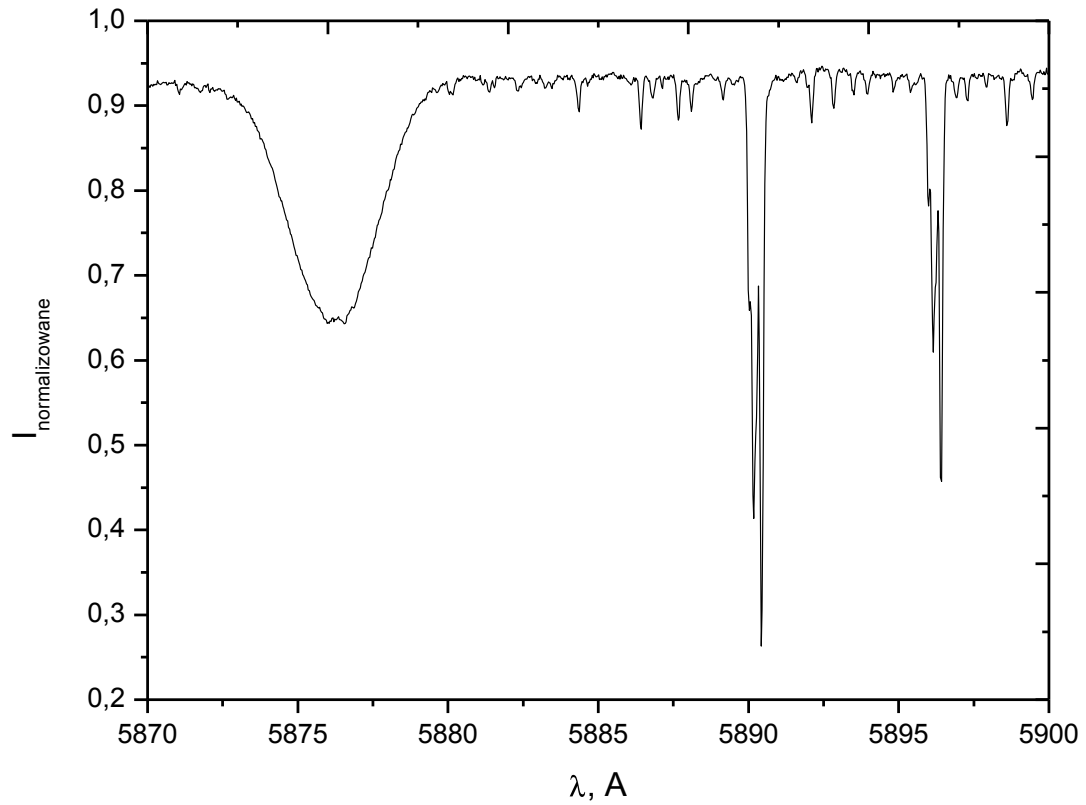
ϵ Ori (HD37128) to dobrze widoczna, środkowa gwiazda w Pasie Oriona. Jej jasność w zakresie wizualnym wynosi 1.7 magnitudo. Gwiazda ma typ widmowy B0 Ia, a jej poczerwienienie $E(B-V)$ jest małe i wynosi 0.08. Obszar nieba zajmowany przez gwiazdozbiór Oriona jest bogaty w obłoki materii międzygwiazdowej, co zaznacza się wyraźnie w obserwacjach optycznych (znane obłoki: M42, M78 oraz Koński Łeb) i w przeglądach podczerwonych (np. IRAS, COBE). ϵ Ori jest idealną „lampą” prześwietlającą cienkie obłoki materii międzygwiazdowej i pozwala otrzymać ich charakterystykę widmową, w postaci oczekiwanych międzygwiazdowych linii absorpcyjnych. Nośnikami tych linii są różnorakie, często jeszcze nie zidentyfikowane, cząstki rezydujące w obłokach międzygwiazdowych.

Dobrej jakości widmo ($R > 120000$, S/N około 1000) dla ϵ Ori zostało wykonane spektropolarymetrem typu echelle współpracującym z Teleskopem Bernarda Lyota (BLT) we francuskim Obserwatorium Astronomicznym na Pic du Midi. Występując w postaci 40 rzędów pokrywa ono cały zakres optyczny promieniowania i wchodzi w podczerwień (3700- 10480 Å).

Posiłkując się widmem gwiazdy ϵ Ori opracowujemy charakterystykę spektroskopową przysłaniającej ją materii międzygwiazdowej. Porównanie tego rodzaju charakterystyk, otrzymywanych dla różnych kierunków, pozwoli wnioskować o ewolucji materii międzygwiazdowej w dużej skali czasowej. Zważywszy na bardzo wielkie obszary występowania i bardzo niską gęstość materii międzygwiazdowej, zmiana jej parametrów fizyko-chemicznych pod wpływem oddziaływania z promieniowaniem jest z natury rzeczy powolna i nie zauważalna na przestrzeni 100 czy 1000 lat. Jednakże dysponując obrazami spektroskopowymi wielu miejsc czy kierunków na niebie staje się możliwe wnioskowanie o procesach ewolucyjnych, zupełnie podobnie jak czyni się to dla gwiazd. Gwiazdy ewoluują bardzo wolno, ale obserwując ich różnorodność daje się dla nich stwierdzić zarówno ewolucję jak jej kierunek i tempo.

Korzystając z gotowych atlasów linii międzygwiazdowych (Galazutdinov i in., 2000, Hobbs i in. 2009), sporządzonych dla środowisk silnie ekstingujących, staramy się odnaleźć w naszym widmie wszystkie widoczne struktury absorpcyjne pochodzenia międzygwiazdowego, a tam gdzie to możliwe dokonujemy również pomiaru parametrów linii widmowych. Oprócz linii sodu daje się tu zauważyć również linie z grupy niezidentyfikowanych tzw. międzygwiazdowych pasm rozmytych. W całym widmie spodziewamy się znaleźć kilkadziesiąt linii, dla których jest możliwy pomiar szerokości

równoważnej. Linie te dadzą obraz spektroskopowy materii międzygwiazdowej w kierunku ϵ Ori.



Rys.1. Fragment widma gwiazdy ϵ Ori obejmujący dublet linii sodu NaI (D1, D2).

Bibliografia

Galazutdinov G. A. i in., 2000, PASP, 112, 648

Hobbs L.M. i in., 2009, ApJ, 705, 32

Problem ilości międzygwiazdowych pasm rozmytych

Agnieszka Kuźmicz

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

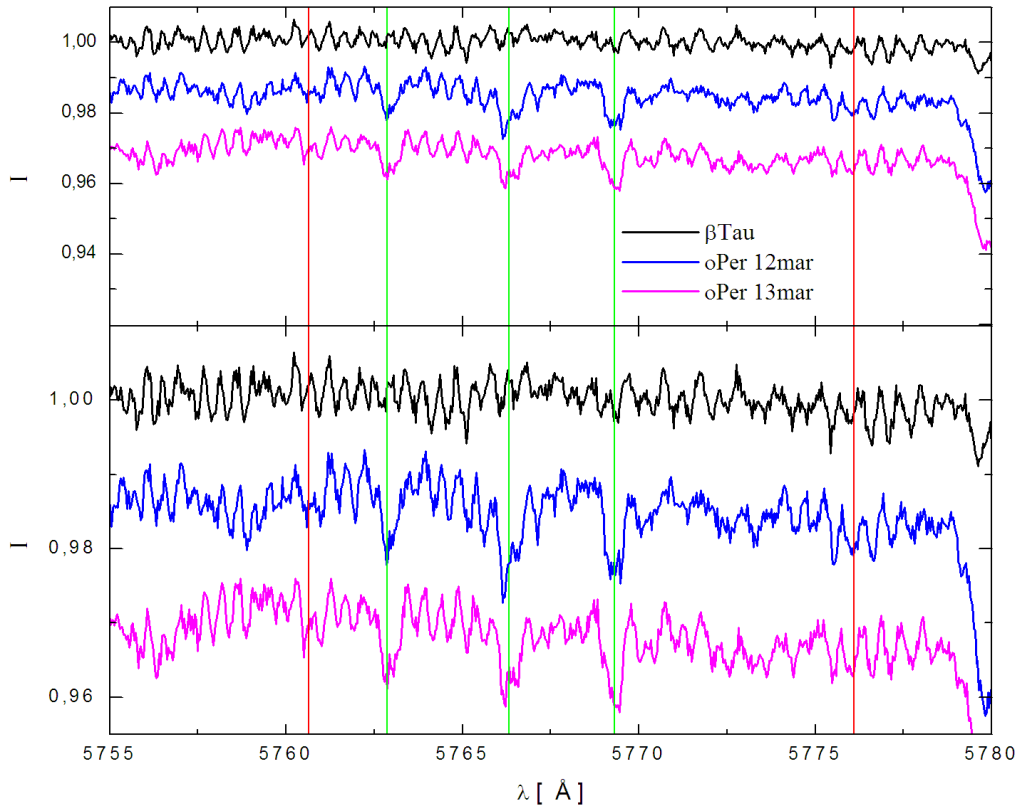
Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Międzygwiazdowe pasma rozmyte (MPR) (Herbig, 1995) od wielu dziesięcioleci czekają na identyfikację swoich nośników. Najłatwiej poddają się detekcji w widmach gorących i poczerwienionych gwiazd. Są to różnorakie pod względem intensywności i morfologii struktury absorpcyjne pochodzenia międzygwiazdowego. Identyfikacja ich nośników stała się typowym zadaniem interdyscyplinarnym, odwołującym się głównie do zaawansowanej wiedzy astronomicznej oraz z zakresu chemii fizycznej.

Jedna ze współczesnych prób rozwiązania problemu stawia sobie wstępnie za cel wyodrębnienie, w oparciu o analizy danych astronomicznych, tzw. rodzin spektroskopowych spośród wszystkich znanych MPR (Wszolek i Godłowski, 2003). Do jednej rodziny spektroskopowej miałyby należeć linie pochodzące od tego samego nośnika, na podobieństwo multipletów w przypadku laboratoryjnych widm pierwiastków. Poszukiwanie rodzin spektroskopowych, ze względu na szereg naturalnych i instrumentalnych przeciwności, nie jest zadaniem łatwym i domaga się wypracowania optymalnych metod działania. Próby wypracowania takich metod podjęliśmy ostatnio (Wszolek i in., 2009) w kooperacji z Michele Auriere (Tarbes, Observatoire Midi Pyrenees), Cristine Joblin (Tuluza, CESR/CNRS) i z Giacomo Mulas (Osservatorio Astronomico di Cagliari). Pierwsze obserwacje na potrzeby analizy zostały wykonane w marcu 2010 roku na Pic du Midi przy pomocy spektropolarymetru współpracującego z 2-metrowym teleskopem BLT (Bernard Lyot Telescope). Otrzymano widma dużej rozdzielczości ($R > 120000$) i o dużym stosunku S/N (ponad 1100) dla gwiazdy α Per (HD23180, $V=3.82$, Sp - B1 III, $E(B-V)=0.32$) oraz dla gwiazdy β Tau (HD35497, $V=1.68$, Sp - B7 III, $E(B-V)=0.00$). Widma, w postaci 40 rzędów - echelle, pokrywają cały zakres optyczny i kawałek bliskiej podczerwieni (od 3700 do 10480Å).

Już wstępny ogląd widm pozwolił stwierdzić, że istniejące katalogi MPR (np. Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009) zawierają wiele linii błędnie sklasyfikowanych jako MPR (Rys.1). Najprawdopodobniej autorzy katalogów zbyt ufali standardowym metodom redukcji i wiele słabo usuniętych linii tellurycznych sklasyfikowali jako słabe MPR. Okazało się, że przed przystąpieniem do wyszukiwania rodzin spektroskopowych wśród MPR należy solidnie zrewidować status międzygwiazdowy dla większości z nich. Liczba skatalogowanych MPR przekracza już 400. Może się okazać, że połowa z nich nie wytrzyma próby weryfikacji.



Rys.1. Zestawienie fragmentów trzech widm - dwa dla o Persei i jeden dla beta β Tauri - w zakresie 5755-5780 \AA . Widma dla o Persei uzyskano w dwie kolejne noce, 12 i 13 marca. Widmo dla β Tauri otrzymano 13 marca. Każde widmo zostało wykonane przy innej masie atmosfery ziemskiej na kierunku ku gwiazdzie. Dla poszczególnych widm, idąc od góry, masy te wynoszą odpowiednio: 1.0, 1.2 i 1.7. Panel dolny rysunku przedstawia to samo co panel górny, tyle, że przy większym rozciągnięciu widm w pionie. Czerwone linie pionowe wskazują przypadki błędnie klasyfikowanych struktur jako MPR (Galazutdinov i in. 2000, Hobbs i in. 2009). Linie zielone wskazują faktyczne MPR. Widma wykonano na Pic du Midi (Wszółek i in. 2009).

Bibliografia

- Galazutdinov G. A. i in., 2000, PASP, 112, 648
 Herbig G.H., 1995, ARA&A, 33,19
 Hobbs L.M. i in., 2009, ApJ, 705, 32
 Wszółek B. i in., 2009, European Observing Proposal L101N03
 Wszółek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990

Obraz Oriona w podczerwieni

Katarzyna Marciniak i Bogdan Wszolek

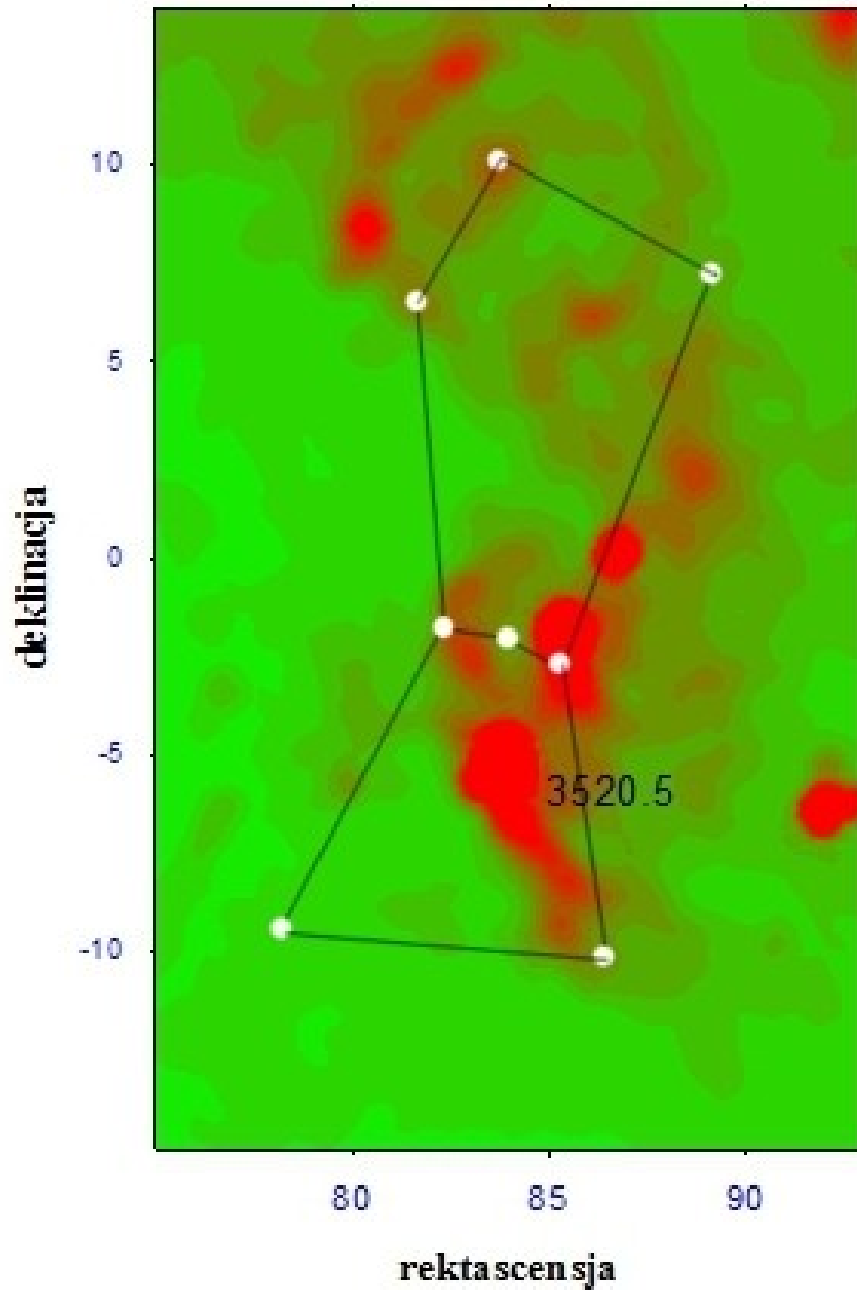
Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Na przestrzeni ostatnich 30 lat astronomia podczerwieni święci ogromne triumfy. W latach 80. zeszłego stulecia teleskopy kosmiczne IRAS (ang. Infrared Astronomical Satellite) oraz COBE (ang. Cosmic Background Explorer) wyposażony w zespół detektorów DIRBE (ang. Diffuse Infrared Background Experiment) dostarczyły bezprecedensowych informacji o emisji nieba w podczerwieni. W podczerwieni obraz Galaktyki przedstawia się zupełnie inaczej niż w zakresie optycznym. Wiadomo dzisiaj, że Galaktyka zawiera różnorakie składowe materii. Jedne manifestują swoją obecność bardziej w zakresie optycznym, inne bardziej w zakresie podczerwonym, jeszcze inne w pozostałych zakresach promieniowania elektromagnetycznego. Chcąc lepiej rozpoznać naturę zjawisk zachodzących w Galaktyce, należy umiejętnie zestawiać informacje uzyskiwane w różnych obszarach widma.

W podczerwieni świeci całe niebo. Niektóre silne źródła podczerwone mają swoje odpowiedniki optyczne, a niektóre nie. W szczególności rozciąęte obłoki materii międzygwiazdowej efektownie manifestują swoją obecność na podczerwonych mapach nieba. W zależności od temperatury materii emitującej, maksimum emisji podczerwonej przypada na innych długościach fali. Fotometria wielopasmowa, jakiej dokonały wspomniane wcześniej teleskopy kosmiczne, daje możliwość segregowania środowisk międzygwiazdowych zarówno ze względu na gęstość jak i temperaturę.

Uczeni z powodzeniem zajmują się analizą widmową różnych środowisk międzygwiazdowych (np. Wszolek i Godłowski, 2003). Wysokiej klasy widma optyczne pozwalają im uzyskiwać informacje o występowaniu określonych atomów, molekuł, a także tajemniczych cząstek produkujących określone linie absorpcyjne. W zależności od kierunku na niebie znajdują czasem drastycznie różne charakterystyki spektralne obłoków międzygwiazdowych. Istnieje uzasadnione podejrzenie, że charakter emisji podczerwonej obłoków może być w jakiś sposób skorelowany z ich charakterystykami spektroskopowymi, odnajdowanymi w zakresie optycznym.

W Orionie znajduje się dużo materii międzygwiazdowej. Manifestuje ona po części swoją obecność w świetle optycznym (np. mgławice M42, M78 i Koński Łeb), ale w podczerwieni odsłania się całe jej bogactwo (Rys. 1). Korzystając z danych źródłowych uzyskanych przez satelitę COBE wykonujemy szczegółowe mapy jasności powierzchniowych nieba w obszarze gwiazdozbioru Oriona dla długofalowych pasm fotometrycznych DIRBE - 12, 25, 60, 100, 140 i 240 μm . Nadto, w poszukiwaniu najzimniejszych obszarów, wykonujemy mapy stosunków natężeń dla różnych pasm fotometrycznych.



Rys.1. Jedna z map nieba w podczerwieni, obejmująca gwiazdozbiór Oriona, z wykorzystaniem danych COBE/DIRBE (pasmo $100 \mu\text{m}$). Rektascensja, wyrażona w stopniach, biegnie w kierunku przeciwnym niż na niebie. Dla orientacji naniesiono szkic obrazu optycznego gwiazdozbioru.

Bibliografia

Wszolek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990

Człowiek i Kosmos - pogładowa prezentacja planetaryjna

Grzegorz Madej i Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

Pokaz „Człowiek i Kosmos” powstał w ramach realizacji pracy magisterskiej pod kierunkiem Bogdana Wszoleka [1]. Powstał z zamiarem odtwarzania w systemie Digistar 3, zainstalowanym w Planetarium Instytutu Fizyki AJD. Zawiera podstawowe informacje na temat człowieka i otaczającego go świata. Został stworzony w celu propagowania i nauczania fizyki i astronomii. W pokazie przedstawiono wybrane dokonania ludzkości dla poznania i zrozumienia otaczającego świata w wymiarze kosmicznym. Przywołano planowane misje kosmiczne mające na celu badanie i kolonizację innych planet Układu Słonecznego.

Proces realizacji pokazu podzielono na kilka części. Pierwszą z nich jest scenariusz zawierający zarówno kwestie narratora jak i dokładny opis każdej sceny - czyli przebieg obrazu na ekranie sferycznym. Drugą częścią jest wybór muzyki i sposobów oddziaływania poprzez obraz i muzykę na widza. Stworzenie odpowiedniego nastroju i konsekwencja w działaniu są tu bardzo istotne. Trzecią częścią jest realizacja prezentacji.

Digistar 3 jest systemem posiadającym w swojej bibliotece informacje o położeniu i blasku gwiazd, modele planet z teksturami oraz modele typu „wirtualny projektor” umożliwiające wyświetlanie filmów i zdjęć [2]. Za pomocą specjalnych poleceń można definiować obiekty i ich właściwości. Po ich wprowadzeniu można je jeszcze dodatkowo edytować. Digistar 3 daje duże możliwości działania na obiektach, tworzonych z użyciem takich programów jak np. 3D Studio Max, Adobe After Effects, Adobe Photoshop i Adobe Audition.

Scenariusz pokazu został podzielony tematycznie na 9 scen. Każdą z nich można edytować oddzielnie, co ułatwia wprowadzanie zmian oraz wykorzystanie scen do innych pokazów.

Skrypt zawiera ciąg komend języka systemowego, które pozwalają kontrolować obraz i dźwięk w ramach pokazu (Tab.1). Każda linia skryptu zaczyna się od określenia czasu realizacji poszczególnych poleceń. Polecenie +”wartość” np.+5 oznacza, iż za 5 sekund zostanie wykonane polecenie. W skrypcie często pojawia się znak #, oznacza on, iż każde polecenie w linijce, które znajduje się za tym znakiem, zostanie zignorowane. Znak # jest używany jako sposób nadania komentarza w skrypcie. Podobnie jak scenariusz, skrypt został podzielony na sceny. Każdy obiekt przedstawiany w prezentacji musi zostać zidentyfikowany za pomocą polecenia: obiekt is - ścieżka dostępu np:
-planeta is v:\d3\models\bodies\mercury\mercury_high.x - oznacza iż planeta jest modelem o nazwie mercury_high.x znajdującym się na dysku v:\d3\models\bodies\mercury\
- scene audio is V:\users\grzegorz m\czolowka\0plus1.wav - oznacza że ścieżka audio znajduje się w wybranej lokalizacji.

Definicje obiektów i dobór czasu przebiegu scen to dopiero pierwszy krok. Następnym jest umiejscowienie obiektu w wykreowanej przestrzeni i dodanie obiektu do sceny.

Tabela 1. Krótki fragment skryptu definiujący Ziemię (obiekt) i jej położenie na scenie.

| | |
|---|-------------------------------------|
| # earth | 00:02:37.60 DayEarthLand bump |
| 00:02:36.40 script modelDirectory V:\Users\Grzegorz | 1.2 |
| M\dzien i noc\ 00:02:36.40 script slidesetDirectory | 00:02:37.60 DayEarthSea |
| V:\Users\Grzegorz M\dzien i noc\ 00:02:36.40 script videoDirectory V:\Users\Grzegorz | reflectivity 40 |
| M\dzien i noc\ 00:02:37.40 +1 planeta pos sph 0 30 100 rearth | 00:02:37.60 DayEarthSea bump 0.8 |
| 00:02:37.40 DayEarthLand is DayEarthLand.X | 00:02:37.60 EarthCloud sca 1.001 |
| 00:02:37.40 DayEarthSea is DayEarthSea.X | 00:02:37.60 EarthCloud2 sca 1.001 |
| 00:02:37.40 EarthCloud is EarthCloud.X | 00:02:37.60 planetamoon scale 1e- |
| 00:02:37.40 EarthCloud2 is EarthCloud.X | 006 |
| 00:02:37.40 planetamoon is | 00:02:37.60 EarthCloud int 100 dur |
| V:\d3\models\bodies\earth\moon\moon_high_bump.X | 2 |
| 00:02:37.50 +0.1 planeta add DayEarthLand | 00:02:37.60 EarthCloud2 int 50 dur |
| 00:02:37.50 planeta add DayEarthSea | 2 |
| 00:02:37.50 planeta add EarthCloud | 00:02:37.60 planeta scale 1.25e6 |
| 00:02:37.50 planeta add EarthCloud2 | 00:02:37.60 planeta att 0 0 0 |
| 00:02:37.50 planeta add planetamoon | 00:02:38.60 +1 planeta pos sph 0 30 |
| 00:02:37.60 +0.1 DayEarthLand att 0 30 0 | 100 rearth |
| 00:02:37.60 DayEarthSea att 0 30 0 | 00:02:38.60 planeta int 100 dur 1 |
| 00:02:37.60 EarthCloud att 0 30 0 | 00:02:38.70 +0.1 planeta pos sph 0 |
| 00:02:37.60 EarthCloud2 att 0 30 0 | 30 3.5 rearth dur 10 4 4 |
| 00:02:37.60 planetamoon attitude cartesian 34 21 0 | 00:02:54.20 +15.5 planeta pos sph - |
| 00:02:37.60 planetamoon pos 0.000003 0.000002 | 10 -60 3.5 rearth dur 10 4 4 |
| 0.0000005 rearth | 00:03:00.20 +6 planeta int 0 |
| | 00:03:00.20 sun scale 4 dur 2 |
| | 00:03:00.30 +0.1 planeta rem |
| | DayEarthLand |
| | 00:03:00.30 planeta rem |
| | DayEarthSea |
| | 00:03:00.30 planeta rem EarthCloud |
| | 00:03:00.30 planeta rem |
| | EarthCloud2 |

Bibliografia

- [1] Madej G., 2009, “Człowiek i Kosmos - pogładowa prezentacja planetaryjna”, praca magisterska pod kierunkiem dr Bogdana Wszółka wykonana w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie
 [2] Evans & Sutherland, 2006, Digistar 3 - Show Producer’s Guide

Podziękowanie:

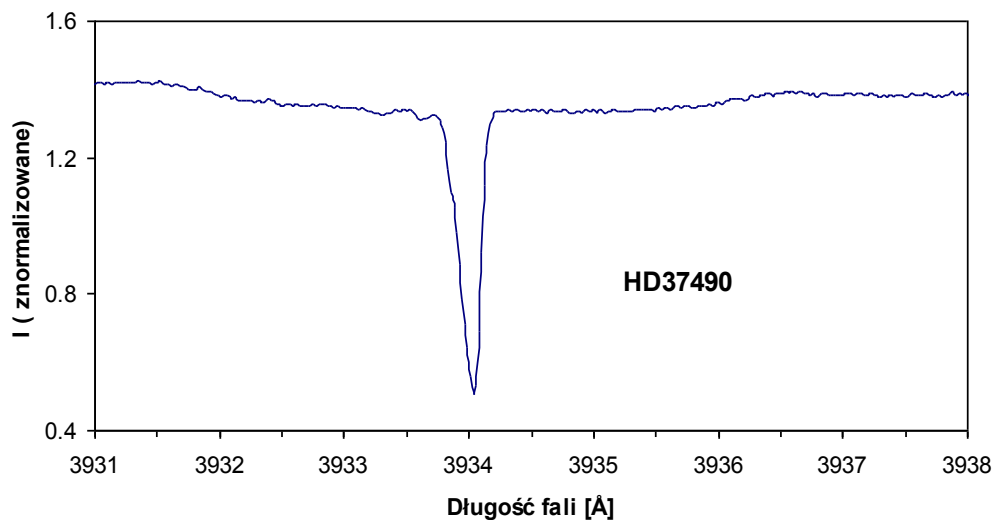
Autorzy wyrażają wdzięczność mgr. Tomaszowi Kisielowi za dużą pomoc techniczną w trakcie realizacji pracy.

Badanie spektroskopowe wybranych linii międzygwiazdowych

Marek Morawski i Bogdan Wszolek

Instytut Fizyki AJD w Częstochowie

W ciągu minionego stulecia wyobrażenia na temat materii międzygwiazdowej przeobraziły się z prostego modelu obłoków pozostających w równowadze termodynamicznej w model o skomplikowanych własnościach fizyko-chemicznych. Obecnie, wypełniony rozproszoną materią ośrodek międzygwiazdowy postrzegany jest jako istotny element budowy galaktyk. Znaczący postęp w badaniu ośrodka międzygwiazdowego zawdzięcza się obserwacjom spektroskopowym. Pozwalają one wyłonić linie absorpcyjne pochodzenia międzygwiazdowego w widmach gorących gwiazd. Analiza profili zidentyfikowanych linii międzygwiazdowych pozwala wnioskować o składzie chemicznym i fizycznym materii odpowiedzialnej za ich powstanie. Porównując położenie linii międzygwiazdowych z położeniem ich laboratoryjnych odpowiedników możemy, dzięki efektowi Dopplera, określać prędkości radialne obłoków (Rys. 1).



Rys 1. Fragment widma gwiazdy HD37490 zawierającego linię zjonizowanego wapnia międzygwiazdowego Ca II. Laboratoryjne położenie tej linii wypada dla $\lambda = 3933.66 \text{ \AA}$. W przedstawionym widmie widać, że centrum linii występuje dla $\lambda > 3934 \text{ \AA}$, świadcząc o oddalaniu się absorbującej materii od obserwatora. [Widmo pochodzi z analizowanego w ramach tej pracy materiału obserwacyjnego]

W miarę doskonalenia technik spektroskopowych w astronomii coraz więcej struktur absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego daje się odnaleźć w widmach gwiazd. Poza niewielką ilością zidentyfikowanych linii pochodzących od znanych pierwiastków czy prostych molekuł znaleziono

w zakresie widmowym również tzw. międzygwiazdowe pasma rozmyte (MPR) [1]. Lista pasm z każdym rokiem rozrasta się i liczy obecnie ponad 300 [2, 3].

Mając do dyspozycji widma kilkudziesięciu poczerwienionych gwiazd oczekujemy, że analiza profili wybranych, względnie silnych linii, pozwoli zauważyć zróżnicowanie właściwości kinematycznych materii międzygwiazdowej w zależności od kierunku na niebie. Jeśli mamy na kierunku do gwiazdy kilka obłoków, poruszających się względem siebie z jakimiś prędkościami, to efekt Dopplera dla fal elektromagnetycznych sprawi, że linie pochodzące od nośników występujących we wszystkich takich obłokach zostaną poszerzone. Jeśli na kierunku do gwiazdy występuje pojedynczy obłok, to spodziewamy się wąskich profili linii. Gdyby z kolei różne obłoki na danym kierunku miały różny skład, albo gdyby charakteryzowały je wyraźnie różne warunki fizyczne, to efekt poszerzenia profilu mógłby działać z różniącą się intensywnością dla różnych nośników.

Celem tej pracy jest pomiar szerokości połówkowych silniejszych linii atomowych i molekularnych oraz MPR, występujących w widmach kilkudziesięciu gwiazd. Celem dodatkowym jest sprawdzenie, czy dyspersja szerokości połówkowej jest taka sama dla wszystkich badanych linii.

Do analizy badawczej zostały wykorzystane widma wielu gorących i poczerwienionych gwiazd. Widma pochodzą z archiwum autora (BW). Zostały otrzymane z użyciem Canada-France-Hawaii-Telescope) i charakteryzują się dużą rozdzielczością ($R \approx 72000$) i dużym stosunkiem sygnału do szumu ($S/N > 500$). Widma nie obejmują całego zakresu światła widzialnego, lecz tylko wybrane jego zakresy: 3830-3895, 3986-4051, 4270-4336, 5148-5213, 5764-5899, 6539-6671, 6539-6675 Å. Do badań użyto widma 41 gwiazd. Analizowano w sumie osiem linii międzygwiazdowych (Tabela 1).

Tabela 1. Wykaz linii widmowych wykorzystanych na potrzeby analizy.

| Nośnik (nazwa linii) | Laboratoryjna długość fali [Å] |
|----------------------|--------------------------------|
| Na I | 5889.85 |
| Na I | 5895.95 |
| MPR - 5780 | 5780.46 |
| MPR - 5797 | 5797.01 |
| MPR - 5850 | 5850.65 |
| CH | 4300 |
| Ca I | 4226.73 |
| CH+ | 4232.55 |

Pomiary szerokości połówkowych linii wykonano z pomocą programu SPEKTRUM. Jest to prosty program, całkowicie dedykowany pomiarom szerokości połówkowej linii spektralnych. Został napisany kilkanaście lat temu przez studenta Sebastiana Freusa pod kierunkiem autora (BW).

Analiza widm polegała na pomiarze szerokości połówkowych wybranych linii międzygwiazdowych. Wyniki pomiarów zebrano poniżej, w tabelach 2-5.

Tabela 2. Pomiary dla linii D1 i D2 sodu neutralnego Na I. W kolumnach zamieszczono: numer katalogowy (HD) gwiazdy w której widmie mierzono strukturę, szerokość połówkową (W) linii wyrażoną w angstromach, głębokość linii (H) - jako ułamek poziomu continuum oraz przybliżone położenie środka profilu linii w widmie gwiazdy wyrażone w angstromach. Puste komórki odpowiadają sytuacjom, kiedy miarodajny pomiar był nie do przeprowadzenia.

| <i>HD</i> | <i>W (Na I.D2)</i> | <i>H (D2)</i> | λ [Å] | <i>W (Na I. D1)</i> | <i>H (D1)</i> | λ [Å] |
|-----------|--------------------|---------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------|
| 143275 | 0.256 | 0.687 | 5896.560 | 0.256 | 0.701 | 5890.610 |
| 144217 | 0.232 | 0.569 | 5896.595 | 0.209 | 0.646 | 5890.633 |
| 144470 | 0.232 | 0.678 | 5896.618 | 0.256 | 0.731 | 5890.657 |
| 145502 | 0.232 | 0.710 | 5896.558 | 0.232 | 0.748 | 5890.585 |
| 14633 | 0.442 | 0.396 | 5896.704 | 0.535 | 0.491 | 5890.703 |
| 147165 | 0.232 | 0.571 | 5896.608 | 0.256 | 0.663 | 5890.647 |
| 147889 | 0.256 | 0.711 | 5896.573 | 0.256 | 0.743 | 5890.623 |
| 147933 | 0.232 | 0.738 | 5896.548 | 0.232 | 0.728 | 5890.599 |
| 149038 | 0.326 | 0.904 | 5896.673 | 0.326 | 0.907 | 5890.718 |
| 149757 | 0.256 | 0.666 | 5896.452 | 0.279 | 0.747 | 5890.509 |
| 151804 | 0.512 | 0.785 | 5896.590 | 0.558 | 0.893 | 5890.612 |
| 152408 | 0.605 | 0.951 | 5896.613 | 0.954 | 0.966 | 5890.508 |
| 154368 | 0.675 | 0.929 | 5896.591 | 0.698 | 0.919 | 5890.648 |
| 164353 | 0.302 | 0.864 | 5896.473 | 0.349 | 0.900 | 5890.508 |
| 167263 | 0.279 | 0.811 | 5896.566 | 0.302 | 0.808 | 5890.612 |
| 169454 | 0.837 | 0.950 | 5896.636 | 0.884 | 0.957 | 5890.682 |
| 183143 | 0.605 | 0.941 | 5896.730 | 0.628 | 0.351 | 5890.787 |
| 184915 | 0.279 | 0.660 | 5896.533 | 0.302 | 0.758 | 5890.591 |
| 192639 | 0.349 | 0.881 | 5896.519 | 0.442 | 0.878 | 5890.565 |
| 193322 | 0.581 | 0.871 | 5896.546 | 0.628 | 0.909 | 5890.592 |
| 193443 | 0.558 | 0.937 | 5896.494 | 0.651 | 0.950 | 5890.540 |
| 198478 | 0.442 | 0.911 | 5896.523 | 0.488 | 0.911 | 5890.568 |
| 199579 | 0.581 | 0.923 | 5896.510 | 0.628 | 0.941 | 5890.556 |
| 203064 | 0.279 | 0.871 | 5896.488 | 0.326 | 0.871 | 5890.510 |
| 206165 | 0.418 | 0.920 | 5896.395 | 0.442 | 0.910 | 5890.433 |
| 206267 | 0.395 | 0.920 | 5896.463 | 0.535 | 0.920 | 5890.463 |
| 207198 | 0.419 | 0.905 | 5896.485 | 0.419 | 0.908 | 5890.508 |
| 210072 | 0.465 | 0.915 | 5896.555 | 0.488 | 0.814 | 5890.589 |
| 210839 | 0.721 | 0.939 | 5896.390 | 0.721 | 0.926 | 5890.413 |
| 21291 | 0.419 | 0.905 | 5896.669 | 0.465 | 0.906 | 5890.692 |
| 21389 | 0.558 | 0.930 | 5896.613 | 0.581 | 0.334 | 5890.647 |
| 214680 | 0.256 | 0.727 | 5896.546 | 0.279 | 0.776 | 5890.584 |
| 21483 | 0.395 | 0.880 | 5896.940 | 0.465 | 0.868 | 5890.998 |
| 218376 | 0.326 | 0.847 | 5896.485 | 0.326 | 0.858 | 5890.531 |
| 224572 | 0.372 | 0.881 | 5896.449 | 0.442 | 0.881 | 5890.506 |
| 23180 | 0.209 | 0.714 | 5897.043 | 0.233 | 0.738 | 5891.077 |
| 24398 | 0.186 | 0.621 | 5897.068 | 0.186 | 0.648 | 5891.091 |
| 24432 | 0.628 | 0.956 | 5896.681 | 0.651 | 0.942 | 5890.715 |
| 27778 | 0.233 | 0.808 | 5897.111 | 0.256 | 0.823 | 5891.146 |
| 2905 | 0.512 | 0.922 | 5896.439 | 0.512 | 0.927 | 5890.485 |
| 29309 | 0.302 | 0.835 | 5897.030 | 0.302 | 0.832 | 5891.076 |

Tabela 3. Opis jak dla tabeli 2, ale dla pasm rozmytych 5780 i 5797.

| <i>HD</i> | W (5780) | <i>H (5780)</i> | λ [Å] | W(5797) | <i>H (5797)</i> | λ [Å] |
|-----------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|
| 143275 | 2.057 | 0.037 | 5782.370 | 0.906 | 0.017 | 5798.061 |
| 144217 | 2.057 | 0.072 | 5782.416 | 0.888 | 0.021 | 5799.039 |
| 144470 | 2.011 | 0.789 | 5782.440 | 0.701 | 0.028 | 5798.992 |
| 145502 | 2.057 | 0.079 | 5782.390 | 0.655 | 0.042 | 5798.895 |
| 14633 | 1.116 | 0.020 | 5781.736 | | | |
| 147165 | 2.115 | 0.138 | 5781.596 | 0.795 | 0.034 | 5799.039 |
| 147889 | 2.347 | 0.145 | 5781.712 | 0.861 | 0.138 | 5798.056 |
| 147933 | 2.057 | 0.089 | 5782.510 | 0.888 | 0.049 | 5798.992 |
| 149038 | 2.171 | 0.100 | 5783.480 | 0.910 | 0.046 | 5800.004 |
| 149757 | 2.011 | 0.032 | 5782.286 | 0.842 | 0.034 | 5798.862 |
| 151804 | 2.104 | 0.099 | 5782.473 | 2.525 | 0.127 | 5802.743 |
| 152408 | 2.198 | 0.122 | 5782.520 | 2.338 | 0.098 | 5802.322 |
| 154368 | 2.011 | 0.100 | 5782.437 | 0.748 | 0.111 | 5799.012 |
| 164353 | 2.011 | 0.052 | 5782.286 | 0.655 | 0.028 | 5798.815 |
| 167263 | 1.964 | 0.137 | 5782.403 | 0.842 | 0.837 | 5799.002 |
| 169454 | 1.964 | 0.204 | 5782.496 | 0.795 | 0.158 | 5798.932 |
| 183143 | 2.152 | 0.419 | 5782.545 | 0.936 | 0.192 | 5799.057 |
| 184915 | 1.964 | 0.073 | 5782.333 | 0.701 | 0.029 | 5798.862 |
| 192639 | 2.000 | 0.140 | 5781.343 | 0.884 | 0.103 | 5797.973 |
| 193322 | 2.011 | 0.085 | 5782.322 | 0.842 | 0.070 | 5798.898 |
| 193443 | 2.000 | 0.134 | 5781.339 | 0.930 | 0.065 | 5798.016 |
| 198478 | 2.011 | 0.132 | 5782.252 | 0.795 | 0.087 | 5798.851 |
| 199579 | 2.104 | 0.063 | 5782.402 | 0.795 | 0.057 | 5798.954 |
| 203064 | 2.011 | 0.074 | 5782.275 | 0.842 | 0.491 | 5798.898 |
| 206165 | 1.964 | 0.090 | 5782.258 | 0.748 | 0.085 | 5798.811 |
| 206267 | 2.011 | 0.100 | 5782.308 | 0.842 | 0.096 | 5798.838 |
| 207198 | 1.965 | 0.111 | 5782.286 | 0.748 | 0.153 | 5798.892 |
| 210072 | 2.000 | 0.111 | 5781.426 | 0.628 | 0.097 | 5797.915 |
| 210839 | 2.011 | 0.114 | 5782.305 | 0.701 | 0.069 | 5798.857 |
| 21291 | 1.824 | 0.947 | 5782.444 | 0.795 | 0.678 | 5798.997 |
| 21389 | 1.871 | 0.820 | 5782.366 | 0.795 | 0.077 | 5798.948 |
| 214680 | 1.964 | 0.976 | 5782.352 | 0.935 | 0.017 | 5798.951 |
| 21483 | 2.057 | 0.074 | 5782.798 | 0.748 | 0.095 | 5799.304 |
| 218376 | 1.918 | 0.058 | 5782.356 | 0.655 | 0.044 | 5798.845 |
| 224572 | 1.730 | 0.031 | 5782.235 | 0.655 | 0.220 | 5798.717 |
| 23180 | 1.917 | 0.038 | 5782.795 | 0.701 | 0.072 | 5799.347 |
| 24398 | 1.917 | 0.044 | 5782.868 | 0.655 | 0.062 | 5799.351 |
| 24432 | 1.960 | 0.160 | 5783.395 | 0.840 | 0.112 | 5799.989 |
| 27778 | 1.964 | 0.419 | 5782.818 | 0.561 | 0.053 | 5799.418 |
| 2905 | 2.058 | 0.087 | 5782.403 | 0.748 | 0.079 | 5798.868 |
| 29309 | 1.917 | 0.098 | 5782.842 | 0.748 | 0.112 | 5799.371 |

Tabela 4. Opis jak dla tabeli 2, ale dla pasma 5850 (MPR) i dla linii molekuly CH (4300) .

| <i>HD</i> | W (5850) | <i>H (5850)</i> | λ [Å] | W (CH) | <i>H (CH)</i> | λ [Å] |
|---------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 144470 | 0.883 | 0.011 | 5850.569 | | | |
| 145502 | 1.140 | 0.014 | 5850.502 | | | |
| 147889 | 0.861 | 0.139 | 5850.598 | | | |
| 147933 | 0.813 | 0.036 | 5850.651 | | | |
| 149038 | 1.047 | 0.020 | 5850.725 | 0.182 | 0.442 | 4300.736 |
| 149757 | 0.721 | 0.016 | 5850.422 | 0.126 | 0.128 | 4300.548 |
| 152408 | | | | 0.228 | 0.039 | 4300.724 |
| 154368 | 0.906 | 0.055 | 5850.567 | | | |
| 164353 | 1.092 | 0.024 | 5853.334 | 0.171 | 0.025 | 4300.572 |
| 167263 | 0.697 | 0.034 | 5850.603 | 0.160 | 0.048 | 4300.669 |
| 169454 | 0.813 | 0.065 | 5850.591 | | | |
| 183143 | 0.907 | 0.071 | 5850.642 | | | |
| 184915 | | | | 0.114 | 0.041 | 4300.581 |
| 192639 | 0.954 | 0.029 | 5850.467 | | | |
| 193322 | 1.023 | 0.023 | 5850.598 | 0.182 | 0.031 | 4300.603 |
| 193443 | 1.163 | 0.027 | 5850.558 | | | |
| 198478 | 0.720 | 0.035 | 5850.466 | 0.194 | 0.078 | 4300.574 |
| 199579 | 0.977 | 0.025 | 5850.538 | 0.137 | 0.094 | 4300.619 |
| 203064 | 0.884 | 0.020 | 5850.365 | | | |
| 206165 | 0.791 | 0.034 | 5850.432 | 0.160 | 0.103 | 4300.565 |
| 206267 | 0.814 | 0.047 | 5850.457 | 0.171 | 0.117 | 4300.548 |
| 207198 | 0.837 | 0.081 | 5850.516 | 0.194 | 0.153 | 4300.553 |
| 210839 | 0.837 | 0.030 | 5850.416 | 0.114 | 0.149 | 4300.549 |
| 21389 | 0.861 | 0.050 | 5850.502 | | | |
| 21483 | 0.837 | 0.038 | 5850.982 | | | |
| 218376 | 0.744 | 0.016 | 5850.446 | | | |
| 23180 | 0.605 | 0.035 | 5851.072 | 0.137 | 0.104 | 4300.970 |
| 24398 | 0.791 | 0.025 | 5850.982 | 0.137 | 0.121 | 4300.970 |
| 24432 | 0.930 | 0.042 | 5850.583 | | | |
| 27778 | 0.535 | 0.013 | 5851.094 | 0.148 | 0.156 | 4300.987 |
| 2905 | 0.930 | 0.273 | 5850.479 | 0.217 | 0.056 | 4300.503 |
| 29309 | 0.884 | 0.037 | 5851.035 | | | |

Średnie wartości mierzonych szerokości połówkowych poszczególnych linii oraz dyspersji tych szerokości zamieszczono w tabeli 6. W celu graficznego zobrazowania pomierzonych szerokości połówkowych, sporządzono odpowiedni diagram słupkowy (Rys. 2).

W ramach przeprowadzonej analizy zrealizowano cel pracy, jakim było pomierzenie szerokości połówkowych wybranych linii absorpcyjnych pochodzenia międzygwiazdowego. Policzone wartości średnie i dyspersje szerokości połówkowych pozwoliły zauważyć interesujące zachowanie się dyspersji niektórych linii. MPR-5780 zachowuje się bardzo stabilnie i wykazuje bardzo mały rozrzut wartości szerokości połówkowej. Zaskakujące, że dyspersja dla 5780 jest niższa niż dla silnych linii sodu (Rys. 2). Interesująco wygląda też dyspersja dla 5780 i 5797. Większy rozrzut szerokości połówkowej linii 5797

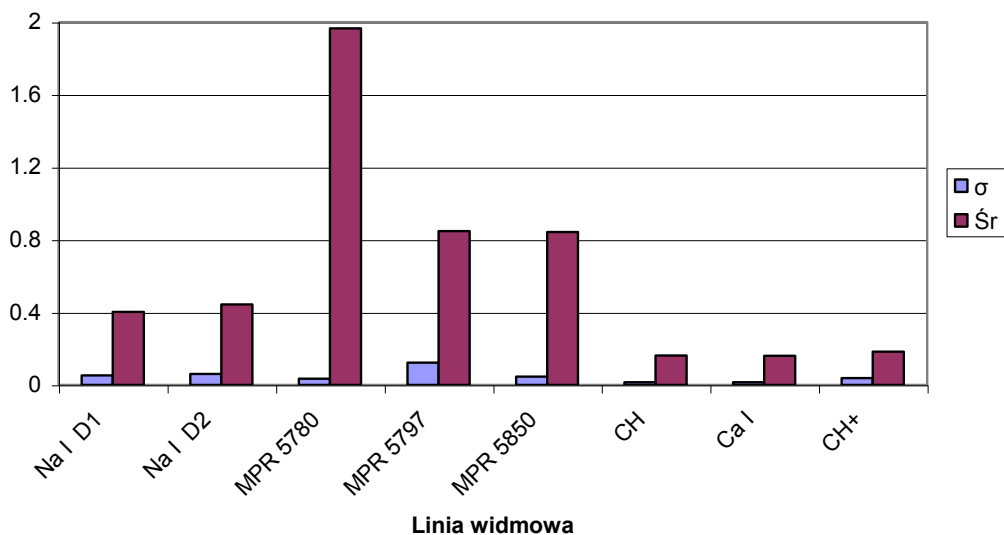
może oznaczać, że nośnik tej linii jest rozpowszechniony w większej ilości obłoków niż nośnik linii 5780.

Tabela 5. Opis jak dla tabeli 2, ale dla linii Ca I (4227 Å) i CH⁺ (4232 Å).

| HD | W (Ca I) | H (Ca I) | λ [Å] | W (CH ⁺) | H (CH ⁺) | λ [Å] |
|--------|----------|----------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 154368 | 0.161 | 0.014 | 4227.612 | 0.161 | 0.162 | 4233.422 |
| 164353 | 0.161 | 0.008 | 4227.457 | 0.115 | 0.169 | 4233.244 |
| 167263 | 0.184 | 0.009 | 4227.499 | 0.161 | 0.059 | 4233.386 |
| 169454 | 0.207 | 0.012 | 4227.557 | 0.184 | 0.060 | 4233.420 |
| 184915 | 0.241 | 0.011 | 4227.893 | 0.551 | 0.063 | 4234.455 |
| 192639 | | | | 0.126 | 0.048 | 4232.902 |
| 193322 | 0.161 | 0.060 | 4227.525 | 0.184 | 0.085 | 4233.342 |
| 193443 | 0.115 | 0.043 | 4227.543 | 0.115 | 0.191 | 4233.537 |
| 198478 | 0.115 | 0.009 | 4227.480 | 0.115 | 0.096 | 4233.313 |
| 203064 | 0.161 | 0.025 | 4227.522 | 0.276 | 0.106 | 4233.275 |
| 206267 | 0.138 | 0.046 | 4227.482 | 0.230 | 0.138 | 4233.315 |
| 207198 | 0.253 | 0.030 | 4227.523 | 0.184 | 0.057 | 4233.345 |
| 210839 | 0.161 | 0.033 | 4227.489 | 0.115 | 0.038 | 4233.295 |

Tabela 6. Wartości średnich szerokości połówkowych linii oraz ich dyspersji.

| | Na I D1 | Na I D2 | 5780 | 5797 | 5850 | CH | Ca I | CH ⁺ |
|----------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| śr. | 0.403 | 0.444 | 1.965 | 0.848 | 0.842 | 0.162 | 0.160 | 0.183 |
| σ | 0.052 | 0.060 | 0.034 | 0.122 | 0.046 | 0.014 | 0.014 | 0.037 |



Rys. 2. Diagram ilustruje średnie wartości oraz dyspersje mierzonych szerokości połówkowych dla poszczególnych linii.

Bibliografia

- [1] Herbig G.H., 1995, ARA&A, 33,19
- [2] Galazutdinov G. A. i in., 2000, PASP, 112, 648
- [3] Hobbs L.M. i in., 2009, ApJ, 705, 32

Rezonanse Schumanna na Marsie

Joanna Kozakiewicz

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

Rezonanse Schumanna (RS) są rezonansami fal elektromagnetycznych (EM) o ekstremalnie niskich częstotliwościach (ang. *Extremely Low Frequencies* - ELF) powstającymi we wnętrzu rezonansowej zbudowanej z przewodzącej jonosfery i powierzchni planety. Ich istnienie przewidział w 1952 roku Winfried Otto Schumann. Wychodząc z równań Maxwella niemiecki fizyk wyznaczył teoretyczne częstotliwości tych rezonansów:

$$f_n = \sqrt{n(n+1)} \frac{c}{2a} \quad (1)$$

gdzie: f_n - częstotliwość rezonansowa n -tego modu, c - prędkość światła, a - promień planety.

Teorię Schumanna potwierdzono doświadczalnie na przełomie lat 50. i 60. ubiegłego wieku. Jednak wyniki pomiarów nieznacznie różnią się od przewidywanych:

Tabela 1. Teoretyczne i obserwacyjne częstotliwości RS na Ziemi.

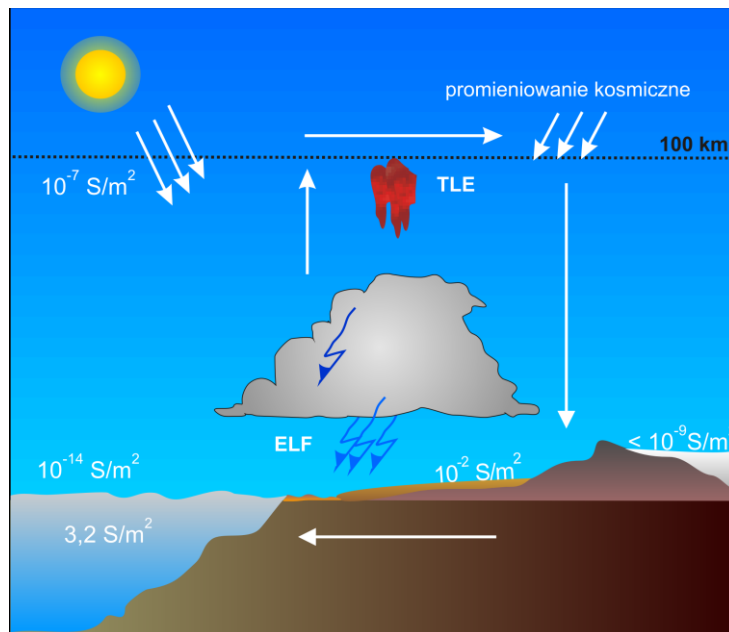
| Mod | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wartości teoretyczne [Hz] | 10.6 | 18.3 | 25.9 | 33.5 | 41.0 |
| Wartości obserwacyjne [Hz] [1] | 7.8 | 14.1 | 20.3 | 26.4 | 32.5 |
| Różnica pomiędzy wartościami [%] | 26 | 23 | 22 | 21 | 21 |

Różnice te są wynikiem przyjętej przez Schumanna idealizacji ziemskiej wnęki rezonansowej.

Rezonator lub wnęka rezonansowa to przestrzeń zamknięta ze wszystkich stron ściankami wykonanymi z przewodnika, o odpowiednio określonym kształcie i rozmiarze, wewnątrz której rozchodzą się drgania. Kształt wnęki determinuje sposób rozchodzenia się fal, a rozmiar określa ich długości. W przypadku idealnym rezonator jest układem samopodtrzymującym się. W przypadku rzeczywistym, w którym występują tłumienia, do podtrzymania drgań pola EM potrzebne jest źródło fal.

Planetarna wnęka rezonansowa zbudowana jest z jonosfery (warstwy atmosfery zawierającej znaczną liczbę cząstek naładowanych, w której jonizacja zachodzi przy udziale promieniowania słonecznego i kosmicznego) i powierzchni planety. Zarówno jednak jonosfera, jak i litosfera nie są idealnymi przewodnikami, co więcej, pomiędzy nimi znajduje się ośrodek tłumiący fale - powietrze (Rys. 1).

Źródłem fal ELF są wyładowania atmosferyczne. Choć najwięcej energii wyładowania zostaje wyzwolone w postaci ciepła, to część z niej przypada na promieniowanie o niskich częstotliwościach. Wyładowania na naszej planecie są bardzo powszechne - w czasie 1 sekundy dochodzi do ponad 100 wyładowań doziemnych. Wyładowania są nie tylko związane z najbliższym otoczeniem chmur, zachodzą również na wiele dziesiątków kilometrów ponad komórkami burzowymi. W nomenklaturze anglojęzycznej tego typu zjawiska zwane są *Transient Luminous Events* (TLE) i też odpowiadają za produkcję fal ELF [2].



Rys.1. (Na podstawie K. L. Aplin et al., *Investigating Earth's Atmospheric Electricity, Planetary Atmospheric Electricity*, Springer, 2008)

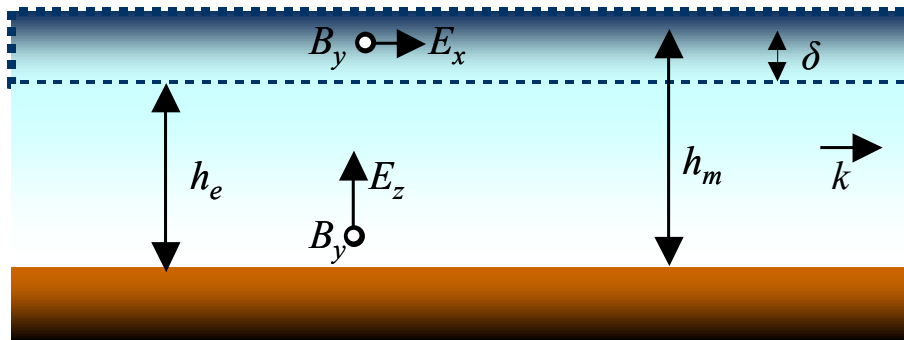
Propagowanie się fal, czyli pola elektromagnetycznego we wnętrzu planety można zobrazować na fragmencie falowodu. Ze względu na duży promień planety w stosunku do wysokości jonosfery h (rzędu 100 km) falowód jest pozbawiony krzywizny, a jego ścianki są równoległe do siebie (Rys. 2). W przypadku rzeczywistym, gdy jonosfera charakteryzuje się skończoną przewodnością, pole magnetyczne wnika w jonosferę i indukuje pole elektryczne. W ścianie pojawia się dodatkowa składowa pola elektrycznego E_x , przy czym odpowiadający jej prąd płynie na głębokości wnikania δ wyrażonej wzorem:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \omega \sigma}} \quad (2)$$

gdzie: μ_0 ($= 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m) oznacza przenikalność magnetyczną próżni, ω - rozpatrywaną częstotliwość fal, σ - przewodność ścianki.

Można wprowadzić więc dwa parametry wysokość magnetyczną h_m i elektryczną h_e jonosfery. Pierwszy z nich opisuje średnią odległość pomiędzy

prądami płynącymi w ściankach, drugi pomiędzy ładunkami gromadzącymi się na powierzchni ścianek.



Rys.2. Schemat stratnego falowodu.

Metoda uproszczona

Okazuje się, że wartości teoretyczne RS znacznie przybliżają się do ich wartości doświadczalnych przy uwzględnieniu właśnie wnikania fal w ścianki falowodu. Daje to prostą, analityczną metodę szacowania przybliżonych wartości rezonansów. Częstotliwości rezonansowe rzeczywiste f_{rn} są proporcjonalne do częstotliwości własnych f_n przemnożonych przez pewną poprawkę:

$$f_{rn} = f_n \sqrt{\frac{h_e}{h_m}} = f_n \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\delta}{h_e}}} \quad (3)$$

Aby zastosować metodę przybliżoną należy wyznaczyć więc magnetyczną i elektryczną wysokość jonosfery. Można przyjąć, że wysokość elektryczna jonosfery odpowiada wysokości charakterystycznej dla danej długości fali. W przypadku określania wysokości magnetycznej można zastosować metodę iteracyjną, przyjmując we wzorze (2) średnią arytmetyczną wartość przewodności na obu wysokościach.

W przypadku Ziemi wartość poprawki wynosi 0.79, a przemnożone przez nią wartości RS znacznie zbliżają się do danych obserwacyjnych:

Tabela 2. Porównanie obserwacyjnych i uzyskanych metodą przybliżoną wartości RS.

| Mod | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wartości obserwacyjne [Hz] | 7.9 | 14.1 | 20.3 | 26.4 | 32.5 |
| Wartości modelowe [Hz] | 8.4 | 14.5 | 20.5 | 26.5 | 32.4 |

Środowisko marsjańskie

Choć Ziemia i Mars są odmienne pod wieloma względami, to właśnie środowisko marsjańskie jest najbardziej zbliżone do ziemskiego ze wszystkich środowisk planetarnych Układu Słonecznego. Mars jest planetą znacznie mniejszą od Ziemi, o średnim promieniu wynoszącym 3390 km, co stanowi zaledwie 0.53 promienia naszej planety. Jego atmosfera jest znacznie cieńszą od ziemskiej. Jonosfera charakteryzuje się niższą niż ziemską przewodnością przy powierzchni planety, lecz już na wysokości około 100 m przewyższa ona przewodność obserwowaną na analogicznym pułapie na naszej planecie.

Chmury podobne do ziemskich są obserwowane na Marsie, nie są one jednak chmurami burzowymi. Wyładowania atmosferyczne mogą, choć nie muszą, występować na Czerwonej Planecie. Ich geneza jest również nieco inna, związana ze zjawiskiem „diabełków” i burz pyłowych.



Rys.3. Widziany z góry marsjański „diabełek” pyłowy wraz z pozostawionym przez siebie śladem (Źródło: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona).

Rezonanse Schumanna na Marsie

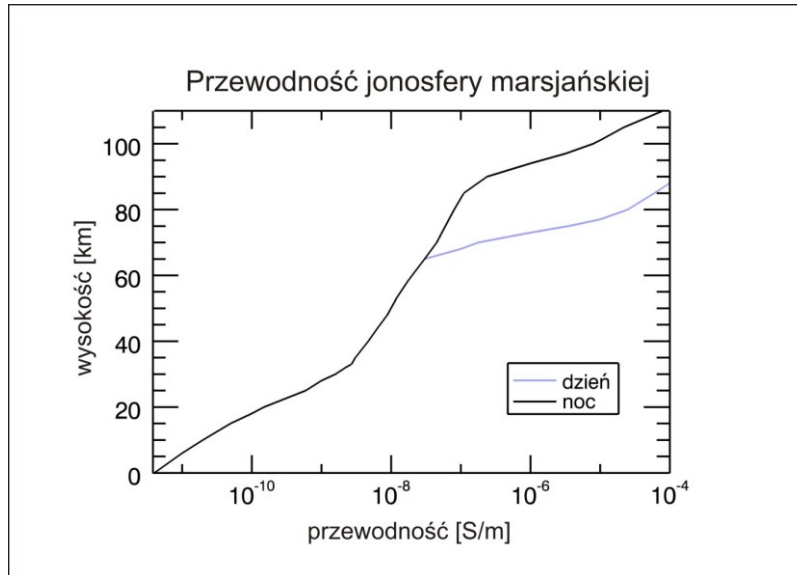
By RS mogły na Marsie zachodzić, na planecie muszą występować: przewodząca jonosfera, przewodząca litosfera oraz źródła fal ELF. Przewodność jonosfery marsjańskiej jest wystarczająca dla występowania RS. O przewodności litosfery i wyładowaniach atmosferycznych Marsa wiemy bardzo niewiele; na potrzeby poniższych rozważań zakładamy, że są one wystarczające dla wystąpienia RS. Podstawiając do wzoru (1) promień Marsa, dostajemy wartości teoretyczne częstotliwości RS na Marsie:

Tabela 3. Teoretyczne częstotliwości RS wnęki marsjańskiej.

| Mod | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wartości teoretyczne [Hz] | 19.9 | 34.5 | 48.8 | 62.9 | 77.1 |

Otrzymane w ten sposób wartości RS są wyższe niż ziemskie, co wynika jedynie z różnic w wielkości obu planet.

By wyznaczyć częstotliwości RS metodą uproszczoną, skorzystano z profili przewodności jonosfery marsjańskiej zastosowanych w pracach Molina-Cuberos i Soriano [3,4]. Profil nocny pokrywa się z profilem dziennym do wysokości ok. 65 km.



Rys. 4. Profile przewodności jonosfery marsjańskiej.

Z profili otrzymano następujące wartości wysokości elektrycznej i magnetycznej: dla dnia $h_e = 26$ km i $h_m = 80$ km, dla nocy $h_e = 26$ km i $h_m = 102$ km. Stąd poprawki odpowiednio dla dnia i nocy wynoszą: 0.57 i 0.50. Uzyskane wartości częstotliwości rezonansowych zestawiono dla porównania w tabeli (Tab. 4.) z wynikami uzyskanymi metodą TLM przez Molina-Cuberos w 2006 roku oraz metodą FTDT przez zespół Soriano w 2007 roku.

Tabela 4. Częstotliwości RS wnętrza marsjańskiej wyznaczone metodą uproszczoną i ich porównanie z wynikami modelowania numerycznego metodami FTDT i TLM.

| Mod | | f_1 | f_2 | f_3 | f_4 | f_5 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wartości modelowe [Hz] | Dzień | 11.35 | 19.65 | 27.80 | 35.88 | 43.95 |
| | Noc | 10.05 | 17.41 | 24.62 | 31.78 | 38.92 |
| Wartości z modelu FTDT [Hz] | Dzień | 10.97 | 20.34 | 30.19 | 40.54 | 51.34 |
| | Noc | 9.67 | 17.88 | 26.46 | 35.46 | 44.86 |
| Wartości z modelu TLM | Dzień | 11.3 | 24.5 | ~59 | | |
| | Noc | 11.0 | 21.7 | ~57 | | |

Wnioski

Środowisko marsjańskie jest zbliżone do ziemskiego i pomimo wielu różnic może sprzyjać istnieniu RS. Nie mamy jednak obecnie możliwości pomiaru ani RS na Marsie, ani parametrów determinujących globalny obwód elektryczny. Jeśli jednak RS na Marsie występują, ich częstotliwości będą wyższe niż te obserwowane na Ziemi, równocześnie znacznie silniej tłumione. W przypadku Ziemi różnica pomiędzy wartościami rzeczywistymi a własnymi wnęki wynosi 21%, podczas gdy dla Marsa jest to aż 43%. Wnęka marsjańska jest więc dwa razy bardziej stratna niż ziemska, przy uwzględnieniu strat w samej tylko jonosferze.

Wyniki uzyskane za pomocą analitycznej metody uproszczonej są porównywalne z rezultatami uzyskanymi dzięki metodom numerycznym, przy czym metoda ta nie wymaga wielogodzinnych obliczeń i dużej mocy obliczeniowej.

Jeśli na planecie uda się zaobserwować RS, to jednoznacznie potwierdzone zostanie istnienie globalnego obwodu elektrycznego, co oznaczać będzie, iż na Marsie występują wyładowania atmosferyczne, litosfera planety charakteryzuje się znaczną przewodnością oraz istnieje zamykający obwód prąd „pięknej pogody”. Jeśli RS istnieją na Marsie, możliwe będzie monitorowanie parametrów środowiska marsjańskiego przy zastosowaniu nawet jednego stanowiska pomiarowego. Dzięki obserwacjom RS możliwe jest bowiem wychwycenie zmian zachodzących w całym planetarnym obwodzie elektrycznym.

Bibliografia

- [1] Balser M., Wagner C.A., 1960, *Nature*, vol. 188, s. 638
- [2] Pasko V.P. i in., 1998, *Geophysical Research Letters*, 25, s. 3493
- [3] Molina-Cuberos G.J. i in., 2006, *Radio Science*, vol. 41
- [4] Soriano A. i in., 2007, *Journal of Geophysical Research*, vol. 112

Zodiak z Dendery

Joanna Kozakiewicz

Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie

O astronomii egipskiej stosunkowo niewiele wiadomo. Dowody wskazują, iż powiązana była zarówno z religijnymi, jak i świeckimi rytuałami. Choć Egipcjanie wierzyli, iż poznanie procesów zachodzących na niebie przybliży człowieka do życia wiecznego, to przede wszystkim odkrycia astronomiczne stosowane były w celach praktycznych, do wyznaczania upływu czasu czy orientowania się w przestrzeni. Największą wagę Egipcjanie przywiązywali do Słońca, Księżyca, najjaśniejszych gwiazd i gwiazd niezachodzących.

Dendera to dawna stolica VI nomu Górnego Egiptu. Położona jest na zachodnim brzegu Nilu niedaleko obecnego miasta Qena, w odległości około 60 km na północ od Luksoru. Od czasów Starego Państwa opiekunką Dendery była bogini Hathor i to właśnie w tym miejscu znajdował się główny ośrodek jej kultu [1]. Bogini Hathor pierwotnie była boginią niebios, z czasem jej postać stawała się coraz bardziej synkretyczna, a jej kult się rozprzestrzeniał. Najczęściej przedstawiana była jako krowa lub postać ludzka z głową krowy; często z tarczą słoneczną pomiędzy rogami. Świątynia Hathor w Denderze jest jedną z najlepiej zachowanych budowli starożytnego Egiptu. Wznoszona była etapami w okresie od II w. p.n.e. do II w. n.e. Odkryta została przez świat europejski w 1799 roku.

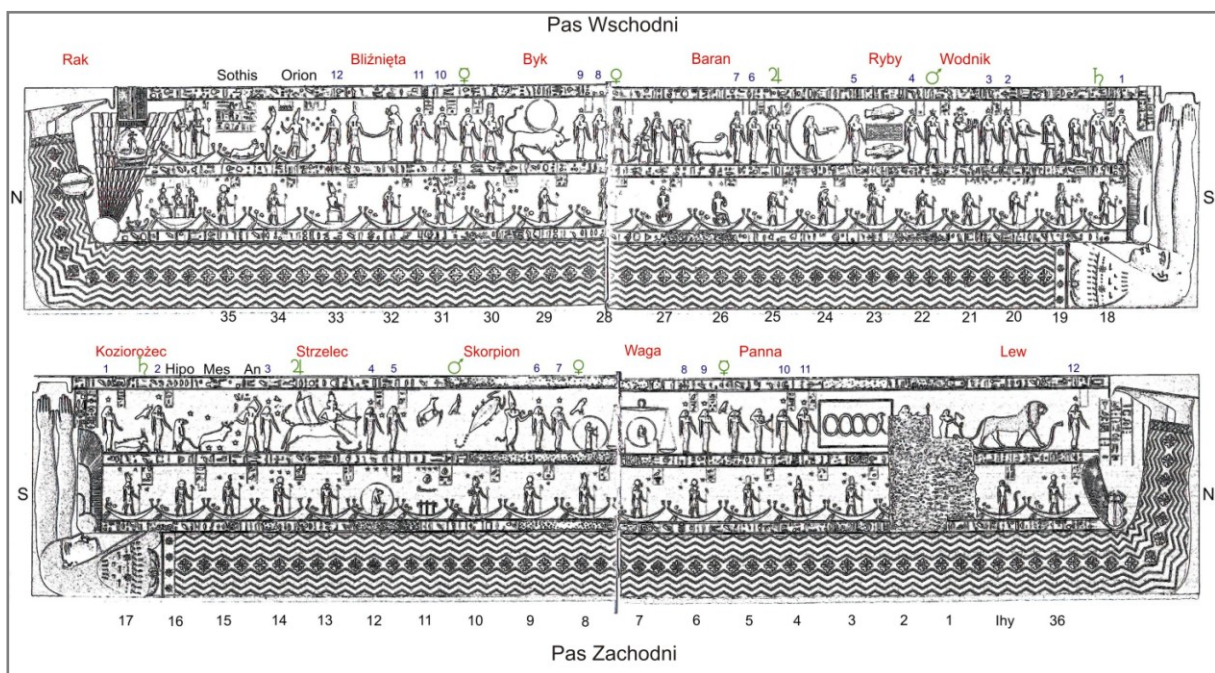


Rys.1. Przerys zodiaku okrągłego z Dendery, liniami zaznaczono pas zodiakalny
(Źródło: *Description de l'Égypte*, vol. IV, pl. 21, zmienione).

Pierwszy zodiak pojawił się w Egipcie dopiero w okresie ptolemejskim, a jego przedstawienie w całości zostało zapożyczony z Mezopotamii. Do dziś przetrwało tylko kilkanaście zbytków tego typu, z których dwa znajdują się

w świątyni Hathor w Denderze. Starszy z tych dwóch zodiaków, tzw. okrągły, datowany na 30 r. p.n.e, pierwotnie znajdował się w kaplicy poświęconej Ozyrysowi, ulokowanej na dachu świątyni. Od 1820 roku można go podziwiać w Luwrze (Rys.1). Drugi z zodiaków, tzw. prostokątny, datowany na I w n.e. nadal znajduje się w świątyni na stropie zewnętrznej sali hypostylowej (Rys.2). Zodiaki zawierają wszystkie 12 znanych nam dzisiaj znaków zodiaku oraz dekany, planety i pewną liczbę konstelacji, przy czym zodiak prostokątny jest bogatszy w symbolikę astronomiczną. Składają się na niego dwa pasy: wschodni i zachodni, podzielone na dwa rejestry. Na górnym wyobrażone są godziny nocy, planety i gwiazdozbiory. Na dolnym ukazane są dekany. Całość otoczona jest przez ciało bogini Nut - bogini nieba, jedną z podstawowych postaci kosmogonii egipskiej.

Słońce, wyobrażone na zodiaku przy krańcu północnym pasa wschodniego, o wschodzie rodzi się pomiędzy nogami bogini, by o zachodzie zostać przez nią pożarte. W ikonografii egipskiej wschodzące Słońce przedstawiane było pod postacią skarabeusza, widocznego w analogicznym miejscu na pasie zachodnim. Godziny nocy oznaczone na ilustracji górną numeracją odliczają chwile do nadejścia wschodu. Zodiak przedstawia wschód Słońca na tle gwiazdozbioru Raka w dniu przesilenia letniego. Symbolicznie, Rak nakłania Słońce do wyjścia na nieboskłon.



Rys.2. Przerys zodiaku prostokątnego z Dendery z zaznaczonymi położeniami symboli zodiakalnych, planet, godzin nocy i dekanów (Źródło: *Description de l'Égypte*, vol. IV, pl. 20, zmienione).

Oprócz gwiazdozbiorów zodiakalnych mamy na obu reliefach przedstawionego Oriona, utożsamianego w Egipcie z bogiem Ozyrysem oraz najjaśniejszą gwiazdę - Syriusza (grec. *Sothis*, egip. *Sopdet*), pod postacią leżącej krowy [2]. Syriusz był jedną z najważniejszych gwiazd w Egipcie, jego heliakalny wschód oznaczał rozpoczęcie nowego roku. Na obu zodiakach znajdują się również konstelacje rdzennie egipskie. Są to m.in.: Hipopotam i Mes(khetiu). Hipopotam był dużym gwiazdozbiorem, zapewne w jego skład wchodziło kilka znanych nam obecnie konstelacji północnego nieba [3]. Drugi z gwiazdozbiorów, przedstawiony na zodiaku okrągłym pod postacią przedniej nogi byka, a na prostokątnym pod postacią byka, prawdopodobnie w dużej mierze pokrywał się z Wielkim Wozem.

Egipcjanie znali tylko planety obserwowalne gołym okiem - Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna. Na pasach zodiaku prostokątnego są one przedstawione jako sokoły lub postacie o sokolich głowach. Kolejność planet nawiązuje do ich położenia względem Słońca, od najbliższej do najdalszej. Na pasie wschodnim, prawdopodobnie przez nieuwagę autora reliefu, został zamieniony Mars z Jowiszem [3].

Do odmierzenia czasu w trakcie nocy, jak i roku, Egipcjanie używali dekanów - 36 jasnych gwiazd oddzielonych od siebie o mniej więcej 10 stopni łuku.

Od czasów odkrycia Dendery podejmowano wiele prób datowania zodiaków. Od wieku XIX zaczęto stosować w tym celu analizy astronomiczne. Również polski astronom Marcin Poczobut-Odlanicki podjął się tego zadania (wydatował on zodiak prostokątny na 583 rok p.n.e).

Choć wiadomo, że zodiak prostokątny odwołuje się w swym przedstawieniu do okresu, w którym Słońce w dniu przesilenia letniego wschodziło na tle gwiazdozbioru Raka, to dokładniejsze datowanie metodami astronomicznymi jest niemożliwe. Egipcjanie nie przedstawili bowiem na reliefie dokładnego odwzorowania nieba, lecz jedynie jego symbolikę, na co zwrócił uwagę już w 1845 roku francuski badacz Jean Antoine Letronne. Z drugiej strony datowanie historyczne budowli wskazuje jedynie na okres, w jakim zodiak został umieszczony w świątyni, lecz nie na czas jego powstania.

Nocne niebo rządzi się tymi samymi prawami niezależnie od miejsca i czasu, a zachodzące na nim, budzące naukowy i kulturowy podziw zjawiska często stawały i stają się źródłem inspiracji. Przy zachowaniu właściwej naukowej ostrożności metody astronomiczne mogą więc w znaczący sposób ułatwić interpretację zabytków i umożliwić badania komparatystyczne.

Bibliografia

- [1] Arnold D., 1994, Lexikon der ägyptischen Baukunst, Artemis & Winkler, Zürich s. 64
- [2] Neugebauer O., Parker R. A., 1969, Egyptian Astronomical Texts. Decans, Planets, Constellations and Zodiacs, Brown University Press, London, s. 80
- [3] Gingerich O., 1983, Ancient Egyptian Sky Magic, Sky&Telescope, maj, s. 428
- [4] Rybka E., Rybka P., 1983, Historia astronomii w Polsce, tom II, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo PAN, Wrocław, Warszawa
- [5] Lipińska J., 2008, Sztuka starożytnego Egiptu, Arkady, Warszawa
- [6] Odlanicki Poczobut M., 1803, O Dawności Zodyaka Egipskiego w Denderah (Tintyris), Wilno
- [7] Description de l'Égypte, Antiquités Tome Quatrième, Paris 1822



Uczestnicy konferencji przy zegarze słonecznym Metlera. Od lewej: Natalia Virnina, Tomasz Barański, Ivan Andronov, Alicja Konieczny, Karolina Bąkowska, Tomasz Szymański, Marek Jamroz i Michał Silarski. (Fot. B. Wszolek)

Osoby zainteresowane astronomią i/lub astronautyką niech się czują zaproszone do członkostwa w którejś spośród działających w Częstochowie organizacji astronomicznych. Oto one:

*

Sekcja Astronomiczna Koła Naukowego Studentów Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego AJD (w skrócie: SA przyrodników)

Opiekun Sekcji: dr Bogdan Wszolek (bogdan@ajd.czyst.pl, tel. 518-043-166)

Przewodnicząca Sekcji: Sylwia Kusiak

Siedziba: Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, pok. 4002

Regularne spotkania: środy, godz. 19-20:30 (w planetarium, pok. 4004)

Członkowie: głównie studenci AJD, ale również studenci innych uczelni częstochowskich, a nawet zainteresowana młodzież częstochowskich szkół średnich.

Przynależność jest wolna od jakichkolwiek opłat

PTMA - Oddział w Częstochowie im. Księdza Bonawentury Metlera (w skrócie: „Metlerowcy”)



Prezes: dr Bogdan Wszolek (bogdan@ajd.czyst.pl, tel. 518-043-166)

Siedziba: Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, pok. 4002

Dyżury: środy, 18-19 (w siedzibie)

Regularne spotkania: środy, godz. 19-20:30 (w planetarium, pok. 4004)

Członkowie: miłośnicy astronomii bez żadnych ograniczeń wiekowych

Opłata członkowska (rocznie): pełna - 50 złotych, ulgowa - 40 złotych.

W spotkaniach środowych mogą brać udział (bezpłatnie) sympatycy, nie będący członkami PTMA

Bliższe szczegóły na stronie: www.ptma.ajd.czyst.pl

Stowarzyszenie Astronomia Nova



Prezes: dr Bogdan Wszolek (bogdan@ajd.czest.pl, tel. 518-043-166)

Siedziba: Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, pok. 4001

Dyżury: środy, 15-17 (w siedzibie)

Członkowie (krajowi i zagraniczni): astronomowie zawodowi, dorośli miłośnicy astronomii, inne osoby deklarujące jakąkolwiek formę wspierania rozwoju astronomii, astronautyki oraz dyscyplin pokrewnych.

Opłata członkowska (rocznie): 12 złotych.

Bliższe szczegóły na stronie: www.astronomianova.org