Częstochowski

Kalendarz Astronomiczny

2017

Rok XIII

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Wersja elektroniczna kalendarza jest dostępna na stronie

www.astronomianova.org

Podstawową formą książki jest wersja drukowana

Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2017

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Grzegorz Ambroszkiewicz
Robert Betka
Joanna Bobula
Joao Cunha
Grzegorz Czepiczek
Piotr Flin
Anna Fogtman
Tomasz Fuchs
Michał Gocyła
Włodzimierz Godłowski
Jędrzej Górski
Jagoda Grabowska
Mateusz Harasymczuk
Michał Heller
Piotr Homola
Maciej Jakimiec
Marek Jamrozy
Daniel Kaczmara
Paulina Kijak
Agata Kołodziejczyk
Larisa S. Kudashkina
Aleksander Kurek
Agnieszka Kuźmicz
Artur Leśniczek
Krzysztof Maślanka
Zofia Miśkiewicz
Bartosz Moczała
Tadeusz Pabjan
Urszula Pajdosz
Paulina Pajowska
Joanna Popiela
Adam Popowicz
Dawid Sulej Rudnicki
Ricarda Schroeder
Bogdan Smołka
Marian Soida
Filip Stachowicz
Vladimir Stephanovich
Virginia Trimble
Bogdan Wszołek

Stowarzyszenie Astronomia Nova

Częstochowa 2016

Zespół recenzentów

Ivan L. Andronov, Marek Biesiada, Krzysztof Maślanka

Redakcja naukowa

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszołek

Redakcja techniczna

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

Strona 1 okładki

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

Strona 4 okładki

Laboratorium kosmiczne M.A.R.S (w budowie) przy Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

© Copyright by Astronomia Nova oraz Wydawnictwo AJD w Częstochowie

ISBN 978-83-7455-523-4
ISSN 1895-0787

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

Wydanie niniejszego tomu było współfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

Spis treści

Słowo wstępne (*B. Wszołek*) 7

Część pierwsza (tabelaryczna)

Kalendarz na rok 2017 (*A. Kuźmicz*) 9

W roku 2017 (*A. Kuźmicz, B. Wszołek*) 21

IX Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova" 22

VII Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica" 23

Tabele astronomiczne (*B. Wszołek*) 25

Wschody, górowania i zachody Słońca w Częstochowie 25

Świty i zmierzchy w Częstochowie 31

Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie 37

Czas gwiazdowy 43

Część druga (dydaktyczno informacyjna)

Kronika Astronomii Novej za rok 2016 (*B. Wszołek*) 49

Budowa Stacji M.A.R.S. (*B. Wszołek*) 71

Kosmiczne lato u Królowej Jadwigi (*B. Wszołek*)..... 87

Z życia analogowego astronauty (*M. Harasymczuk*) 109

Część trzecia (artykuły popularnonaukowe)

PW-SAT2 (*G. Ambroszkiewicz*)..... 115

150-rocznica urodzin Bonawentury Metlera (*G. Czepiczek, J. Grabowska*) 117

Wokół idei projektu M.A.R.S. **(***A. Kołodziejczyk*) 121

Część czwarta (przyczynki naukowe)

Astrophisica Nova

Pewne uwagi do nowej metody badania orientacji galaktyk w gromadach (*W. Godłowski i in.*) 125

Telerobotyka i teleobecność w medycynie i chirurgii (*A. Kołodziejczyk*) 131

Medycyna kosmiczna (*A. Kołodziejczyk*) 137

Biological stress in the stratosphere (*A. Kołodziejczyk et al.*) 143

The model parameters of the mean light curves of the variable red giant stars in the near infrared colour-bands (*L. S. Kudashkina*) 151

Sztuczki kwantowe w obrazowaniu astronomicznym (*A. Kurek, A. Popowicz*) 159

Extended emission around blazars – particular case of the blazar SBS B1646+499 (*U. Pajdosz, M. Soida, M. Jamrozy*) 165

Śląskie Laboratorium Obrazowania Astronomicznego **(***A. Popowicz, A. Kurek, B. Smołka*) 171

Defekty radiacyjne matryc CCD satelitów BRITE **(***A. Popowicz*) ... 181

Astronomia – nauka i wiara

Reakcje Konrada Rudnickiego na uwagi współpracowników **(***P. Flin*) 191

Partyzant wśród astronomów (*M. Heller*) 195

Eksperymentalna droga do Teorii Wszystkiego czyli czy teolog może zainspirować fizyka? (*P. Homola*) 199
Życie pozaziemskie – kilka refleksji astronoma **(***M. Jamrozy*) 225
Granice obserwacji – granice poznania? (*A. Kurek*) 229
Tranzyt Merkurego 2016 (*A. Leśniczek*) 235
Naukowe szlaki Konrada Rudnickiego (*K. Maślanka*) 239
Moje wspomnienia o profesorze Konradzie Rudnickim (*Z. Miśkiewicz*) 267
Wielki Wybuch a stworzenie świata (*T. Pabjan*) 269
Pośmiertnie o Ojcu (*D. S. Rudnicki*) 275
Gravity/Gravitas (*V. Trimble*) 281
Jak mętny jest Wszechświat? (*B. Wszołek*) 313

Słowo wstępne

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

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

W części pierwszej kalendarza czytelnik znajdzie wiele informacji szczegółowych, dotyczących różnych zjawisk astronomicznych, oraz informacje o konkursach i konferencjach astronomicznych w roku 2017. Część druga ma charakter dydaktyczno-informacyjny. Zawiera cztery artykuły, w tym kronikę zdarzeń o wydźwięku astronomicznym i astronautycznym za rok 2016, oraz relacje ważniejszych wydarzeń, w których uczestniczyli członkowie Astronomii Novej lub częstochowscy miłośnicy astronomii. Część trzecia zawiera trzy przyczynki popularnonaukowe. Część czwarta zawiera dwadzieścia jeden przyczynków naukowych, prezentowanych w większości podczas VIII Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova” oraz podczas III Konferencji „Astronomia – nauka i wiara”.

Bogdan Wszołek

*** * ***

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

$$\lambda = \text{E } 19^\circ\ 7' = -1^h16^m28^s \quad \text{i} \quad \varphi = \text{N } 50^\circ\ 49' = +50^\circ.8166(6)$$

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

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

Czas letni w roku 2017 obowiązuje od 26 marca do 28 października

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

Kalendarz na rok 2017

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

Styczeń

Więcej dobrego wynika ze słuchania tego co Wszechświat ma nam do powiedzenia niż z dyktowania mu, jakim ma być

Bogdan Wszołek

DM	DT	DR	**Uwagi** (zjawiska/święta/rocznice/zdarzenia) godziny w nawiasach podano w czasie uniwersalnym (UT)
1	niedziela	1	Mars 0º.02 S od Neptuna (7)
2	poniedziałek	2	Wenus 1º.9 S od Księżyca (9)
3	wtorek	3	Neptun 0º.4 S od Księżyca (4), Mars 0º.2 S od Księżyca (7)
4	środa	4	Ziemia w peryhelium (14)
5	czwartek	5	Pierwsza kwadra Księżyca (20)
6	piątek	6	Uran 3º N od Księżyca (2)
7	sobota	7	Pluton w koniunkcji ze Słońcem (7)
8	niedziela	8	
9	poniedziałek	9	Aldebaran 0º.4 S od Księżyca (15)
10	wtorek	10	Księżyc w perygeum (6)
11	środa	11	
12	czwartek	12	Pełnia Księżyca (12), maksymalna (47º E) elongacja Wenus (13)
13	piątek	13	Wenus 0º.4 N od Neptuna (2)
14	sobota	14	
15	niedziela	15	Regulus 0º.8 N od Księżyca (5)
16	poniedziałek	16	
17	wtorek	17	
18	środa	18	
19	czwartek	19	Jowisz 3º S od Księżyca (5), maksymalna (24º W) elongacja Merkurego (10), ostatnia kwadra Księżyca (22)
20	piątek	20	Jowisz 4º N od gwiazdy Spica (21)
21	sobota	21	
22	niedziela	22	Księżyc w apogeum (00)
23	poniedziałek	23	
24	wtorek	24	Saturn 4º S od Księżyca (10)
25	środa	25	
26	czwartek	26	Merkury 4º S od Księżyca (1)
27	piątek	27	
28	sobota	28	Nów Księżyca (00)
29	niedziela	29	
30	poniedziałek	30	Neptun 0º.2 S od Księżyca (11)
31	wtorek	31	Wenus 4º N od Księżyca (15)

Luty

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

Galileusz

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

Marzec

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

Stephen Hawking

DM	DT	DR	Uwagi
1	środa	60	Uran 4º N od Księżyca (16), Mars 4º N od Księżyca (19) ***Popielec***
2	czwartek	61	Neptun w koniunkcji ze Słońcem (3), Ceres 0º.8 N od Księżyca (21)
3	piątek	62	Księżyc w perygeum (8)
4	sobota	63	
5	niedziela	64	Aldebaran 0º.2 S od Księżyca (3), pierwsza kwadra Księżyca (12)
6	poniedziałek	65	
7	wtorek	66	Górna koniunkcja Merkurego (00)
8	środa	67	
9	czwartek	68	
10	piątek	69	Regulus 0º.8 N od Księżyca (23)
11	sobota	70	
12	niedziela	71	Pełnia Księżyca (15)
13	poniedziałek	72	
14	wtorek	73	Jowisz 2º S od Księżyca (20)
15	środa	74	Pallas w koniunkcji ze Słońcem (3)
16	czwartek	75	
17	piątek	76	
18	sobota	77	Księżyc w apogeum (17)
19	niedziela	78	
20	poniedziałek	79	Początek astronomicznej wiosny (10:29), Saturn 3º S od Księżyca (10), ostatnia kwadra Księżyca (16)
21	wtorek	80	
22	środa	81	
23	czwartek	82	
24	piątek	83	
25	sobota	84	Dolna koniunkcja Wenus (10)
26	niedziela	85	Neptun 0º.005 N od Księżyca (8)
27	poniedziałek	86	
28	wtorek	87	Nów Księżyca (3)
29	środa	88	Merkury 5º N od Księżyca (7)
30	czwartek	89	Mars 5º N od Księżyca (13), Księżyc w perygeum (13)
31	piątek	90	

Kwiecień

Mógłbym przemierzać kosmos bez końca

Jurij Gagarin

DM	DT	DR	Uwagi
1	sobota	91	Aldebaran 0º.3 S od Księżyca (9), Maksymalna (19º E) elongacja Merkurego (10)
2	niedziela	92	
3	poniedziałek	93	Pierwsza kwadra Księżyca (19)
4	wtorek	94	
5	środa	95	
6	czwartek	96	
7	piątek	97	Regulus 0º.7 N od Księżyca (5)
8	sobota	98	
9	niedziela	99	***Niedziela Palmowa***
10	poniedziałek	100	Jowisz 2º S od Księżyca (21)
11	wtorek	101	Pełnia Księżyca (6)
12	środa	102	
13	czwartek	103	
14	piątek	104	Uran w koniunkcji ze Słońcem (6)
15	sobota	105	Księżyc w apogeum (10)
16	niedziela	106	Saturn 3º S od Księżyca (18) ***Wielkanoc***
17	poniedziałek	107	
18	wtorek	108	
19	środa	109	Ostatnia kwadra Księżyca (10)
20	czwartek	110	Dolna koniunkcja Merkurego (6)
21	piątek	111	
22	sobota	112	Neptun 0º.2 N od Księżyca (20)
23	niedziela	113	Wenus 5º N od Księżyca (18)
24	poniedziałek	114	Pallas 0.º8 S od Księżyca (16)
25	wtorek	115	
26	środa	116	Nów Księżyca (12)
27	czwartek	117	Księżyc w perygeum (16)
28	piątek	118	Mars 6º N od Księżyca (8), Aldebaran 0º.5 S od Księżyca (18)
29	sobota	119	
30	niedziela	120	Maksymalna iluminacja Wenus (4)

Maj

Astronomia muzyką inteligencji

Juliusz Słowacki

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

Czerwiec

Praca naukowa formą oddawania czci Bogu

Johannes Kepler

DM	DT	DR	Uwagi
1	czwartek	152	Pierwsza kwadra Księżyca (13)
2	piątek	153	Wenus 1º.8 S od Urana (15)
3	sobota	154	Maksymalna (46º W) elongacja Wenus (13)
4	niedziela	155	Jowisz 2º S od Księżyca (00)
5	poniedziałek	156	Ceres w koniunkcji ze Słońcem (00)
6	wtorek	157	
7	środa	158	
8	czwartek	159	Księżyc w apogeum (22)
9	piątek	160	Pełnia Księżyca (13)
10	sobota	161	Saturn 3º S od Księżyca (1)
11	niedziela	162	
12	poniedziałek	163	Merkury 5º N od Aldebarana (11)
13	wtorek	164	
14	środa	165	
15	czwartek	166	***Boże Ciało***
16	piątek	167	Neptun 0º.7 N od Księżyca (13)
17	sobota	168	Ostatnia kwadra Księżyca (12)
18	niedziela	169	
19	poniedziałek	170	Uran 4º N od Księżyca (16)
20	wtorek	171	Wenus 2º N od Księżyca (21)
21	środa	172	Początek astronomicznego lata (4:24), górna koniunkcja Merkurego (14)
22	czwartek	173	Aldebaran 0º.5 S od Księżyca (15)
23	piątek	174	Księżyc w perygeum (11)
24	sobota	175	Nów Księżyca (3)
25	niedziela	176	
26	poniedziałek	177	
27	wtorek	178	
28	środa	179	Regulus 0º.03 N od Księżyca (1)
29	czwartek	180	
30	piątek	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	sobota	182	Pierwsza kwadra Księżyca (1), Jowisz 3º S od Księżyca (7)
2	niedziela	183	
3	poniedziałek	184	Merkury 5º S od Polluxa (00), Ziemia w aphelium (20)
4	wtorek	185	
5	środa	186	
6	czwartek	187	Księżyc w apogeum (4)
7	piątek	188	Saturn 3º S od Księżyca (3)
8	sobota	189	
9	niedziela	190	Pełnia Księżyca (4)
10	poniedziałek	191	
11	wtorek	192	
12	środa	193	
13	czwartek	194	Neptun 0º.9 N od Księżyca (18)
14	piątek	195	Wenus 3º N od Aldebarana (11)
15	sobota	196	
16	niedziela	197	Ostatnia kwadra Księżyca (19)
17	poniedziałek	198	Uran 4º N od Księżyca (00)
18	wtorek	199	
19	środa	200	
20	czwartek	201	Aldebaran 3º N od Księżyca (00), Wenus 3º N od Księżyca (11)
21	piątek	202	Księżyc w perygeum (17)
22	sobota	203	
23	niedziela	204	Nów Księżyca (10)
24	poniedziałek	205	
25	wtorek	206	Merkury 0º.9 S od Księżyca (9), Regulus 0º.07 S od Księżyca (11)
26	środa	207	Merkury 1º.1 S od Księżyca (9)
27	czwartek	208	Mars w koniunkcji ze Słońcem (1)
28	piątek	209	Jowisz 3º S od Księżyca (20)
29	sobota	210	
30	niedziela	211	Maksymalna (27º E) elongacja Merkurego (5), pierwsza kwadra Księżyca (15)
31	poniedziałek	212	

Sierpień

Niebiosa opowiadają chwałę Boga, a dzieła rąk Jego oznajmia firmament

Ps . 19.

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

Wrzesień

Żaden pesymista nigdy nie odkrył tajemnic gwiazd ...

ani nie żeglował po nieznanych wodach ...

ani nie otworzył przed człowiekiem nowego raju

Helen Keller

DM	DT	DR	Uwagi
1	piątek	244	
2	sobota	245	
3	niedziela	246	
4	poniedziałek	247	
5	wtorek	248	Jowisz 3º N od gwiazdy Spica (11)
6	środa	249	Neptun 0º.8 N od Księżyca (5), pełnia Księżyca (7)
7	czwartek	250	
8	piątek	251	
9	sobota	252	Uran 4º N od Księżyca (10)
10	niedziela	253	Merkury 0º.6 S od Regulusa (12)
11	poniedziałek	254	
12	wtorek	255	Maksymalna (18º W) elongacja Merkurego (10), Aldebaran 0º.4 S od Księżyca (13)
13	środa	256	Ostatnia kwadra Księżyca (6), Księżyc w perygeum (16)
14	czwartek	257	
15	piątek	258	
16	sobota	259	Merkury 0º.06 N (18) od Marsa
17	niedziela	260	
18	poniedziałek	261	Wenus 0º.5 N od Księżyca (1), Regulus 0º.09 S od Księżyca (5), Mars 0º.1 S od Księżyca (20), Merkury 0º.03 N od Księżyca (23)
19	wtorek	262	Wenus 0º.5 N od Regulusa (23)
20	środa	263	Nów Księżyca (5)
21	czwartek	264	
22	piątek	265	Jowisz 4º S od Księżyca (8), początek astronomicznej jesieni (20:02)
23	sobota	266	
24	niedziela	267	
25	poniedziałek	268	
26	wtorek	269	
27	środa	270	Saturn 3º S od Księżyca (00), Księżyc w apogeum (7), Westa w koniunkcji ze Słońcem (14)
28	czwartek	271	Pierwsza kwadra Księżyca (3)
29	piątek	272	
30	sobota	273	

Październik

Poszukiwanie jest esencją ludzkiego ducha

Frank Borman

DM	DT	DR	Uwagi
1	niedziela	274	
2	poniedziałek	275	
3	wtorek	276	Neptun 0º.7 N od Księżyca (12)
4	środa	277	
5	czwartek	278	Wenus 0º.2 N od Marsa (13), pełnia Księżyca (19)
6	piątek	279	Uran 4º N od Księżyca (16)
7	sobota	280	
8	niedziela	281	Górna koniunkcja Merkurego (21)
9	poniedziałek	282	Księżyc w perygeum (6), Aldebaran 0º.6 S od Księżyca (19)
10	wtorek	283	
11	środa	284	
12	czwartek	285	Ostatnia kwadra Księżyca (12)
13	piątek	286	
14	sobota	287	
15	niedziela	288	Regulus 0º.2 S od Księżyca (11)
16	poniedziałek	289	
17	wtorek	290	Mars 1º.8 S od Księżyca (10)
18	środa	291	Wenus 2º S od Księżyca (00)
19	czwartek	292	Nów Księżyca (19)
20	piątek	293	
21	sobota	294	
22	niedziela	295	
23	poniedziałek	296	
24	wtorek	297	Saturn 3º S od Księżyca (12)
25	środa	298	Księżyc w apogeum (2)
26	czwartek	299	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem (18)
27	piątek	300	Pierwsza kwadra Księżyca (22)
28	sobota	301	
29	piątek	302	
30	sobota	303	Neptun 0º.9 N od Księżyca (21)
31	niedziela	304	

Listopad

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

Jan Paweł II

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

Benedykt XVI

DM	DT	DR	Uwagi
1	poniedziałek	305	Wenus 4º N od gwiazdy Spica (15)
2	wtorek	306	
3	środa	307	Uran 4º N od Księżyca (1)
4	czwartek	308	Pełnia Księżyca (5)
5	piątek	309	
6	sobota	310	Księżyc w perygeum (00), Aldebaran 0º.8 S od Księżyca (3)
7	niedziela	311	
8	poniedziałek	312	
9	wtorek	313	
10	środa	314	Ostatnia kwadra Księżyca (21)
11	czwartek	315	Regulus 0º.4 S od Księżyca (17)
12	piątek	316	Merkury 2º N od Antaresa (15)
13	sobota	317	Wenus 0º.3 N od Jowisza (6)
14	niedziela	318	
15	poniedziałek	319	Mars 3º S od Księżyca (1)
16	wtorek	320	Westa 0º.4 N od Księżyca (9), Jowisz 4º S od Księżyca (21)
17	środa	321	
18	czwartek	322	Nów Księżyca (12)
19	piątek	323	
20	sobota	324	Merkury 7º S od Księżyca (9)
21	niedziela	325	Saturn 3º S od Księżyca (00), Księżyc w apogeum (19)
22	poniedziałek	326	
23	wtorek	327	
24	środa	328	Maksymalna (22º E) elongacja Merkurego (00)
25	czwartek	329	
26	piątek	330	Pierwsza kwadra Księżyca (17)
27	sobota	331	Neptun 1º.2 N od Księżyca (5)
28	piątek	332	Mars 3º N od gwiazdy Spica (00), Merkury 3º S od Saturna (9)
29	sobota	333	
30	niedziela	334	Uran 4º N od Księżyca (10)

Grudzień

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

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

R. Zaphiropoulos

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

W roku 2017

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

Ziemia w peryhelium: 4 styczeń (14)
Ziemia w aphelium: 3 lipiec (20)

Początek astronomicznej wiosny:	20 marzec (10:29)
Początek astronomicznego lata:	21 czerwiec (04:24)
Początek astronomicznej jesieni:	23 wrzesień (20:02)
Początek astronomicznej zimy:	22 grudzień (16:28)

Data juliańska (JD) = 2457753.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT
(d - kolejny dzień roku)

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

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

Rok zwrotnikowy	$= 365^d.242189$	$= 365^d\ 05^h\ 48^m\ 45^s.\ 2$
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	$= 346^d.620081$	$= 346^d\ 14^h\ 52^m\ 55^s.\ 0$

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

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

<u>Zaćmienia:</u>

10 II	Półcieniowe zaćmienie Księżyca (Azja, Europa, Afryka, wsch. część Ameryki Pd., Ameryka Pn)
26 II	Obrączkowe zaćmienie Słońca (Ameryka Pd., Antarktyka, Pd Afryka)
7 VIII	częściowe zaćmienie Księżyca (Australia, Antarktyka, Azja, Afryka, środkowo-wsch Europa, wsch. część Ameryki Pd.)
21 VIII	całkowite zaćmienie Słońca (Ameryka Pn, Pn część Ameryki Pd, zach. Europa, zach. Afryka, wsch. Azja)

IX Konferencja Naukowa Młodych

„Astrophisica Nova”

Rzepiennik Biskupi, 29 – 30 września 2017

Organizatorzy:

Stowarzyszenie Astronomia Nova
Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Komitet organizacyjny:

Dr Bogdan Wszołek (OAKJ, AN)
Dr Agata Kołodziejczyk (ESTEC ESA, OAKJ, AN)
Dr Agnieszka Kuźmicz (CFT PAN, OAUJ, OAKJ, AN)

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

Nie będzie pobierana żadna opłata konferencyjna. Prosi się instytucje macierzyste uczestników konferencji o pokrycie kosztów ich udziału w ramach delegacji. Sugerowany czas na wygłoszenie referatu wynosi 10 minut. Przyczynki zostaną opublikowane w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2018.

Konferencja odbędzie się w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi (OAKJ) w Rzepienniku Biskupim. Zgłoszenia udziału, wraz z tematem, rodzajem (referat/plakat) i krótkim abstraktem przyczynku, prosimy kierować na poniższy adres do dnia **30 sierpnia** 2017 roku.

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

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

VII Międzynarodowy Konkurs Artystyczny „Ars Astronomica”

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

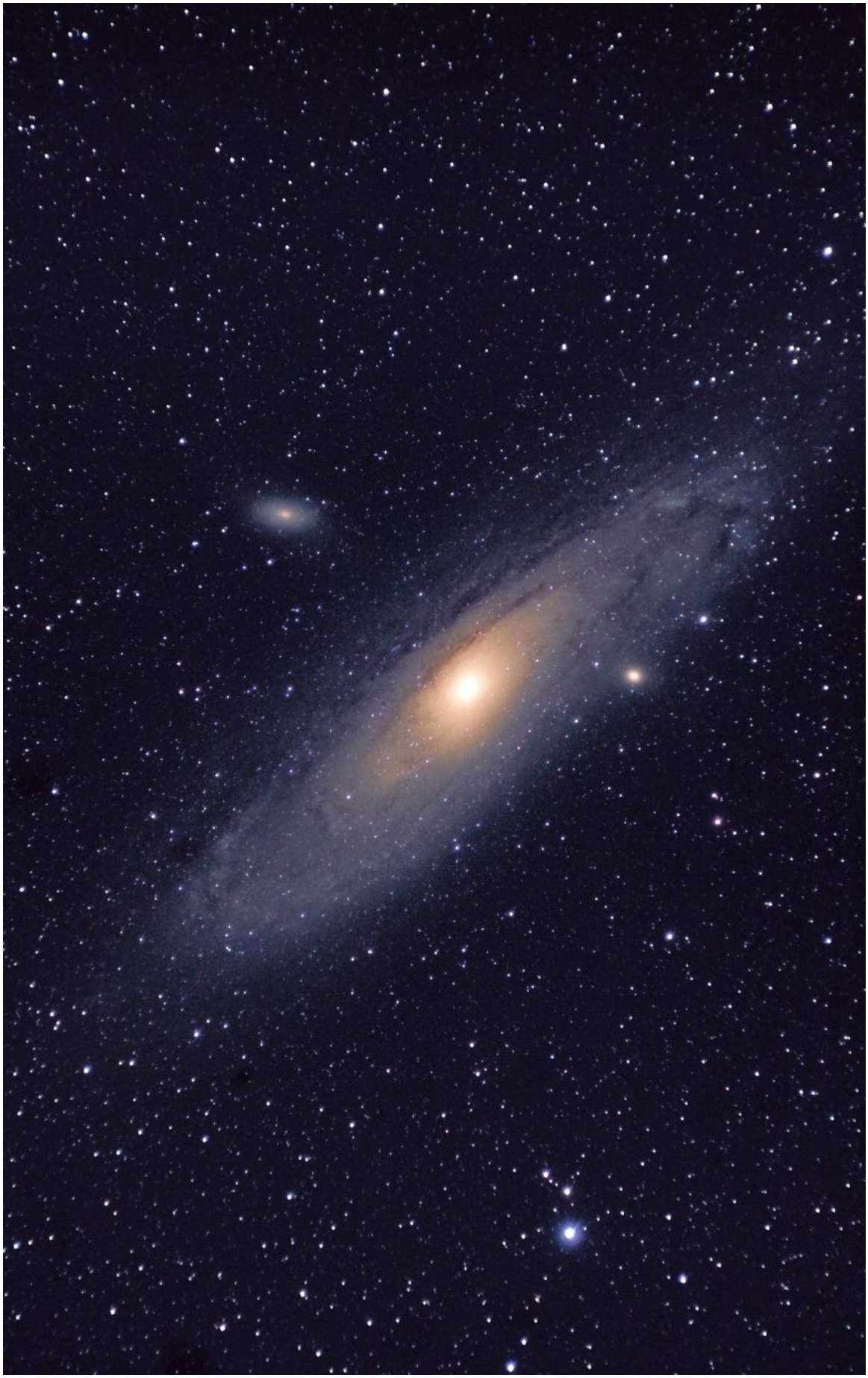
Prace należy dostarczyć **do końca października 2017** roku na adres:

Bogdan Wszołek
Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim
33-163 Rzepiennik Strzyżewski
E–mail: bogdan.wszolek@gmail.com

Oficjalne ogłoszenie wyników konkursu, połączone z wręczeniem dyplomów i nagród, odbędzie się **13 listopada 2017** roku o godzinie 12:00 w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Wszystkich uczestników konkursu prosimy o przybycie, w szczególności tych, którzy zajęli czołowe miejsca. Nieoficjalne ogłoszenie wyników nastąpi dwa tygodnie wcześniej na stronie internetowej: www.astronomianova.org , tak by zainteresowani zdążyli zaplanować sobie podróż.

Organizatorzy nie odsyłają dostarczonych prac konkursowych. Najlepsze prace będą nagrodzone i, przy braku sprzeciwu autorów, zostaną wykorzystane dla realizacji różnorakich celów propagujących astronomię w społeczeństwie. Nie gwarantuje się wydania dyplomów i nagród osobom, które zgłoszą się po odbiór po 13 listopada. W przypadku niemożności osobistego udziału w uroczystości ogłoszenia wyników należy wysłać kogoś w zastępstwie (nauczyciel, członek rodziny, kolega).

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



Galaktyka M31. (*fot. P. Górka*)

Tabele astronomiczne

Bogdan Wszołek

[1]Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
[2]Stowarzyszenie Astronomia Nova
[3]Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

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

	wschód	**górowanie**	**zachód**
	h m °	h m °	h m °
Styczeń			
1	7 46 (127)	11 47 (s16)	15 49 (233)
2	7 46 (127)	11 48 (s16)	15 50 (233)
3	7 46 (127)	11 48 (s16)	15 51 (234)
4	7 45 (126)	11 49 (s17)	15 52 (234)
5	7 45 (126)	11 49 (s17)	15 53 (234)
6	7 45 (126)	11 49 (s17)	15 54 (234)
7	7 44 (126)	11 50 (s17)	15 56 (234)
8	7 44 (125)	11 50 (s17)	15 57 (235)
9	7 43 (125)	11 51 (s17)	15 58 (235)
10	7 43 (125)	11 51 (s17)	16 00 (235)
11	7 42 (125)	11 52 (s18)	16 01 (235)
12	7 42 (124)	11 52 (s18)	16 03 (236)
13	7 41 (124)	11 52 (s18)	16 04 (236)
14	7 40 (124)	11 53 (s18)	16 05 (236)
15	7 39 (123)	11 53 (s18)	16 07 (237)
16	7 39 (123)	11 53 (s18)	16 09 (237)
17	7 38 (123)	11 54 (s19)	16 10 (237)
18	7 37 (122)	11 54 (s19)	16 12 (238)
19	7 36 (122)	11 54 (s19)	16 13 (238)
20	7 35 (122)	11 55 (s19)	16 15 (238)
21	7 34 (121)	11 55 (s19)	16 17 (239)
22	7 33 (121)	11 55 (s20)	16 18 (239)
23	7 31 (120)	11 55 (s20)	16 20 (240)
24	7 30 (120)	11 56 (s20)	16 22 (240)
25	7 29 (120)	11 56 (s20)	16 23 (241)
26	7 28 (119)	11 56 (s21)	16 25 (241)
27	7 26 (119)	11 56 (s21)	16 27 (241)
28	7 25 (118)	11 56 (s21)	16 28 (242)
29	7 24 (118)	11 57 (s21)	16 30 (242)
30	7 22 (117)	11 57 (s22)	16 32 (243)
31	7 21 (117)	11 57 (s22)	16 34 (243)

Luty			
1	7 19 (116)	11 57 (s22)	16 35 (244)
2	7 18 (116)	11 57 (s23)	16 37 (244)
3	7 16 (115)	11 57 (s23)	16 39 (245)
4	7 15 (115)	11 57 (s23)	16 41 (245)
5	7 13 (114)	11 58 (s23)	16 43 (246)
6	7 12 (114)	11 58 (s24)	16 44 (246)
7	7 10 (113)	11 58 (s24)	16 46 (247)
8	7 08 (113)	11 58 (s24)	16 48 (247)
9	7 07 (112)	11 58 (s25)	16 50 (248)
10	7 05 (112)	11 58 (s25)	16 51 (248)
11	7 03 (111)	11 58 (s25)	16 53 (249)
12	7 01 (111)	11 58 (s26)	16 55 (249)
13	6 59 (110)	11 58 (s26)	16 57 (250)
14	6 58 (110)	11 58 (s26)	16 59 (251)
15	6 56 (109)	11 58 (s27)	17 00 (251)
16	6 54 (109)	11 58 (s27)	17 02 (252)
17	6 52 (108)	11 57 (s27)	17 04 (252)
18	6 50 (107)	11 57 (s28)	17 06 (253)
19	6 48 (107)	11 57 (s28)	17 07 (253)
20	6 46 (106)	11 57 (s28)	17 09 (254)
21	6 44 (106)	11 57 (s29)	17 11 (255)
22	6 42 (105)	11 57 (s29)	17 13 (255)
23	6 40 (104)	11 57 (s30)	17 14 (256)
24	6 38 (104)	11 57 (s30)	17 16 (256)
25	6 36 (103)	11 57 (s30)	17 18 (257)
26	6 34 (103)	11 56 (s31)	17 20 (258)
27	6 32 (102)	11 56 (s31)	17 21 (258)
28	6 30 (102)	11 56 (s31)	17 23 (259)

Marzec

1	6 28 (101)	11 56 (s32)	17 25 (259)
2	6 26 (100)	11 56 (s32)	17 27 (260)
3	6 23 (100)	11 55 (s33)	17 28 (261)
4	6 21 (99)	11 55 (s33)	17 30 (261)
5	6 19 (98)	11 55 (s33)	17 32 (262)
6	6 17 (98)	11 55 (s34)	17 33 (262)
7	6 15 (97)	11 55 (s34)	17 35 (263)
8	6 13 (97)	11 54 (s34)	17 37 (264)
9	6 11 (96)	11 54 (s35)	17 38 (264)
10	6 08 (95)	11 54 (s35)	17 40 (265)
11	6 06 (95)	11 53 (s36)	17 42 (266)
12	6 04 (94)	11 53 (s36)	17 43 (266)
13	6 02 (93)	11 53 (s36)	17 45 (267)
14	6 00 (93)	11 53 (s37)	17 47 (267)
15	5 57 (92)	11 52 (s37)	17 48 (268)
16	5 55 (92)	11 52 (s38)	17 50 (269)
17	5 53 (91)	11 52 (s38)	17 52 (269)
18	5 51 (90)	11 52 (s38)	17 53 (270)
19	5 48 (90)	11 51 (s39)	17 55 (271)
20	5 46 (89)	11 51 (s39)	17 57 (271)
21	5 44 (89)	11 51 (s40)	17 58 (272)
22	5 42 (88)	11 50 (s40)	18 00 (272)
23	5 40 (87)	11 50 (s40)	18 02 (273)
24	5 37 (87)	11 50 (s41)	18 03 (274)
25	5 35 (86)	11 49 (s41)	18 05 (274)
26	5 33 (85)	11 49 (s42)	18 06 (275)
27	5 31 (85)	11 49 (s42)	18 08 (276)
28	5 28 (84)	11 49 (s42)	18 10 (276)
29	5 26 (84)	11 48 (s43)	18 11 (277)
30	5 24 (83)	11 48 (s43)	18 13 (277)
31	5 22 (82)	11 48 (s44)	18 15 (278)

Kwiecień

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

Maj

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

Czerwiec

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

Lipiec

1	3 34 (50)	11 47 (s62)	20 00 (310)
2	3 35 (50)	11 48 (s62)	20 00 (309)
3	3 36 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
4	3 37 (51)	11 48 (s62)	19 59 (309)
5	3 37 (51)	11 48 (s62)	19 58 (309)
6	3 38 (51)	11 48 (s62)	19 58 (309)
7	3 39 (51)	11 48 (s62)	19 57 (309)
8	3 40 (52)	11 49 (s62)	19 57 (308)
9	3 41 (52)	11 49 (s61)	19 56 (308)
10	3 42 (52)	11 49 (s61)	19 55 (308)
11	3 43 (52)	11 49 (s61)	19 54 (308)
12	3 44 (52)	11 49 (s61)	19 54 (307)
13	3 45 (53)	11 49 (s61)	19 53 (307)
14	3 46 (53)	11 49 (s61)	19 52 (307)
15	3 47 (53)	11 50 (s61)	19 51 (307)
16	3 49 (54)	11 50 (s60)	19 50 (306)
17	3 50 (54)	11 50 (s60)	19 49 (306)
18	3 51 (54)	11 50 (s60)	19 48 (306)
19	3 52 (55)	11 50 (s60)	19 47 (305)
20	3 53 (55)	11 50 (s60)	19 46 (305)
21	3 55 (55)	11 50 (s60)	19 44 (305)
22	3 56 (56)	11 50 (s59)	19 43 (304)
23	3 57 (56)	11 50 (s59)	19 42 (304)
24	3 59 (56)	11 50 (s59)	19 41 (303)
25	4 00 (57)	11 50 (s59)	19 39 (303)
26	4 01 (57)	11 50 (s59)	19 38 (303)
27	4 03 (57)	11 50 (s58)	19 36 (302)
28	4 04 (58)	11 50 (s58)	19 35 (302)
29	4 06 (58)	11 50 (s58)	19 33 (301)
30	4 07 (59)	11 50 (s58)	19 32 (301)
31	4 09 (59)	11 50 (s57)	19 30 (301)

Sierpień

1	4 10 (60)	11 50 (s57)	19 29 (300)
2	4 11 (60)	11 50 (s57)	19 27 (300)
3	4 13 (60)	11 50 (s57)	19 26 (299)
4	4 14 (61)	11 50 (s56)	19 24 (299)
5	4 16 (61)	11 50 (s56)	19 22 (298)
6	4 17 (62)	11 49 (s56)	19 20 (298)
7	4 19 (62)	11 49 (s55)	19 19 (297)
8	4 20 (63)	11 49 (s55)	19 17 (297)
9	4 22 (63)	11 49 (s55)	19 15 (296)
10	4 23 (64)	11 49 (s55)	19 13 (296)
11	4 25 (64)	11 49 (s54)	19 11 (295)
12	4 26 (65)	11 49 (s54)	19 10 (295)
13	4 28 (65)	11 48 (s54)	19 08 (294)
14	4 30 (66)	11 48 (s53)	19 06 (294)
15	4 31 (66)	11 48 (s53)	19 04 (293)
16	4 33 (67)	11 48 (s53)	19 02 (293)
17	4 34 (67)	11 48 (s52)	19 00 (292)
18	4 36 (68)	11 47 (s52)	18 58 (292)
19	4 37 (69)	11 47 (s52)	18 56 (291)
20	4 39 (69)	11 47 (s51)	18 54 (291)
21	4 40 (70)	11 47 (s51)	18 52 (290)
22	4 42 (70)	11 46 (s51)	18 50 (290)
23	4 43 (71)	11 46 (s50)	18 48 (289)
24	4 45 (71)	11 46 (s50)	18 46 (288)
25	4 46 (72)	11 46 (s50)	18 44 (288)
26	4 48 (72)	11 45 (s49)	18 41 (287)
27	4 50 (73)	11 45 (s49)	18 39 (287)
28	4 51 (74)	11 45 (s49)	18 37 (286)
29	4 53 (74)	11 44 (s48)	18 35 (286)
30	4 54 (75)	11 44 (s48)	18 33 (285)
31	4 56 (75)	11 44 (s48)	18 31 (284)

Wrzesień

1	4 57 (76)	11 43 (s47)	18 29 (284)
2	4 59 (76)	11 43 (s47)	18 26 (283)
3	5 00 (77)	11 43 (s47)	18 24 (283)
4	5 02 (78)	11 43 (s46)	18 22 (282)
5	5 03 (78)	11 42 (s46)	18 20 (281)
6	5 05 (79)	11 42 (s45)	18 18 (281)
7	5 07 (79)	11 41 (s45)	18 15 (280)
8	5 08 (80)	11 41 (s45)	18 13 (280)
9	5 10 (81)	11 41 (s44)	18 11 (279)
10	5 11 (81)	11 40 (s44)	18 09 (278)
11	5 13 (82)	11 40 (s44)	18 06 (278)
12	5 14 (82)	11 40 (s43)	18 04 (277)
13	5 16 (83)	11 39 (s43)	18 02 (277)
14	5 17 (84)	11 39 (s42)	18 00 (276)
15	5 19 (84)	11 39 (s42)	17 57 (275)
16	5 20 (85)	11 38 (s42)	17 55 (275)
17	5 22 (86)	11 38 (s41)	17 53 (274)
18	5 24 (86)	11 38 (s41)	17 51 (274)
19	5 25 (87)	11 37 (s41)	17 48 (273)
20	5 27 (87)	11 37 (s40)	17 46 (272)
21	5 28 (88)	11 37 (s40)	17 44 (272)
22	5 30 (89)	11 36 (s39)	17 42 (271)
23	5 31 (89)	11 36 (s39)	17 39 (270)
24	5 33 (90)	11 35 (s39)	17 37 (270)
25	5 34 (90)	11 35 (s38)	17 35 (269)
26	5 36 (91)	11 35 (s38)	17 33 (269)
27	5 38 (92)	11 34 (s37)	17 30 (268)
28	5 39 (92)	11 34 (s37)	17 28 (267)
29	5 41 (93)	11 34 (s37)	17 26 (267)
30	5 42 (94)	11 33 (s36)	17 24 (266)

Październik

1	5 44 (94)	11 33 (s36)	17 21 (266)
2	5 46 (95)	11 33 (s35)	17 19 (265)
3	5 47 (95)	11 33 (s35)	17 17 (264)
4	5 49 (96)	11 32 (s35)	17 15 (264)
5	5 50 (97)	11 32 (s34)	17 13 (263)
6	5 52 (97)	11 32 (s34)	17 10 (263)
7	5 54 (98)	11 31 (s34)	17 08 (262)
8	5 55 (98)	11 31 (s33)	17 06 (261)
9	5 57 (99)	11 31 (s33)	17 04 (261)
10	5 58 (100)	11 30 (s32)	17 02 (260)
11	6 00 (100)	11 30 (s32)	17 00 (260)
12	6 02 (101)	11 30 (s32)	16 57 (259)
13	6 03 (101)	11 30 (s31)	16 55 (258)
14	6 05 (102)	11 29 (s31)	16 53 (258)
15	6 07 (103)	11 29 (s31)	16 51 (257)
16	6 08 (103)	11 29 (s30)	16 49 (257)
17	6 10 (104)	11 29 (s30)	16 47 (256)
18	6 12 (104)	11 29 (s29)	16 45 (255)
19	6 13 (105)	11 28 (s29)	16 43 (255)
20	6 15 (106)	11 28 (s29)	16 41 (254)
21	6 17 (106)	11 28 (s28)	16 39 (254)
22	6 18 (107)	11 28 (s28)	16 37 (253)
23	6 20 (107)	11 28 (s28)	16 35 (252)
24	6 22 (108)	11 28 (s27)	16 33 (252)
25	6 23 (108)	11 28 (s27)	16 31 (251)
26	6 25 (109)	11 27 (s27)	16 29 (251)
27	6 27 (110)	11 27 (s26)	16 27 (250)
28	6 29 (110)	11 27 (s26)	16 25 (250)
29	6 30 (111)	11 27 (s26)	16 24 (249)
30	6 32 (111)	11 27 (s25)	16 22 (249)
31	6 34 (112)	11 27 (s25)	16 20 (248)

Listopad

1	6 35 (112)	11 27 (s25)	16 18 (248)
2	6 37 (113)	11 27 (s24)	16 16 (247)
3	6 39 (113)	11 27 (s24)	16 15 (247)
4	6 41 (114)	11 27 (s24)	16 13 (246)
5	6 42 (114)	11 27 (s23)	16 11 (246)
6	6 44 (115)	11 27 (s23)	16 10 (245)
7	6 46 (115)	11 27 (s23)	16 08 (245)
8	6 47 (116)	11 27 (s23)	16 07 (244)
9	6 49 (116)	11 27 (s22)	16 05 (244)
10	6 51 (117)	11 27 (s22)	16 04 (243)
11	6 52 (117)	11 28 (s22)	16 02 (243)
12	6 54 (118)	11 28 (s21)	16 01 (242)
13	6 56 (118)	11 28 (s21)	15 59 (242)
14	6 58 (119)	11 28 (s21)	15 58 (241)
15	6 59 (119)	11 28 (s21)	15 57 (241)
16	7 01 (119)	11 28 (s20)	15 55 (240)
17	7 03 (120)	11 29 (s20)	15 54 (240)
18	7 04 (120)	11 29 (s20)	15 53 (240)
19	7 06 (121)	11 29 (s20)	15 52 (239)
20	7 07 (121)	11 29 (s19)	15 51 (239)
21	7 09 (121)	11 29 (s19)	15 49 (238)
22	7 11 (122)	11 30 (s19)	15 48 (238)
23	7 12 (122)	11 30 (s19)	15 47 (238)
24	7 14 (123)	11 30 (s19)	15 46 (237)
25	7 15 (123)	11 31 (s18)	15 46 (237)
26	7 17 (123)	11 31 (s18)	15 45 (237)
27	7 18 (124)	11 31 (s18)	15 44 (236)
28	7 20 (124)	11 32 (s18)	15 43 (236)
29	7 21 (124)	11 32 (s18)	15 42 (236)
30	7 22 (125)	11 32 (s18)	15 42 (235)

Grudzień

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

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

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

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

Marzec

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

Kwiecień

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

Maj

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

Czerwiec

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

Lipiec

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

Sierpień

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

Wrzesień

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

Październik

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

Listopad

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

Grudzień

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

Tabela 3. Wschody, górowania i zachody Księżyca w Częstochowie. W kolumnach podano środkowoeuropejskie czasy występowania zjawisk w godzinach i minutach. Dodatkowo, w nawiasach, podano w stopniach azymuty 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	9 26 (113)	14 22 (s25)	19 24 (249)
2	9 58 (108)	15 11 (s29)	20 32 (254)
3	10 26 (102)	15 59 (s33)	21 42 (261)
4	10 53 (95)	16 48 (s37)	22 54 (268)
5	11 20 (88)	17 38 (s42)	f 0 08 (276)
6	11 47 (81)	18 29 (s46)	f 1 23 (283)
7	12 18 (74)	19 22 (s50)	f 2 39 (290)
8	12 52 (68)	20 18 (s54)	f 3 55 (295)
9	13 33 (63)	21 17 (s57)	f 5 08 (299)
10	14 22 (60)	22 17 (s58)	f 6 15 (301)
11	15 20 (59)	23 18 (s58)	f 7 12 (300)
13	p16 26 (61)	0 17 (s57)	8 00 (297)
14	p17 36 (65)	1 13 (s54)	8 40 (292)
15	p18 48 (70)	2 06 (s51)	9 12 (287)
16	p20 00 (76)	2 56 (s47)	9 41 (280)
17	p21 09 (83)	3 43 (s43)	10 06 (274)
18	p22 16 (89)	4 28 (s39)	10 30 (267)
19	p23 20 (96)	5 12 (s35)	10 54 (261)
20	0 24 (102)	5 55 (s31)	11 18 (255)
21	1 26 (108)	6 39 (s27)	11 45 (250)
22	2 27 (113)	7 23 (s25)	12 14 (245)
23	3 26 (117)	8 09 (s22)	12 48 (242)
24	4 23 (120)	8 57 (s21)	13 28 (240)
25	5 17 (121)	9 46 (s20)	14 15 (239)
26	6 05 (121)	10 36 (s21)	15 08 (240)
27	6 49 (119)	11 26 (s22)	16 08 (243)
28	7 27 (115)	12 17 (s24)	17 13 (247)
29	8 00 (110)	13 07 (s27)	18 21 (252)
30	8 31 (104)	13 57 (s31)	19 32 (259)
31	8 58 (98)	14 46 (s36)	20 45 (266)

Luty			
1	9 25 (91)	15 36 (s40)	21 58 (273)
2	9 53 (83)	16 26 (s45)	23 12 (280)
3	10 21 (76)	17 18 (s49)	f 0 27 (287)
4	10 54 (70)	18 12 (s53)	f 1 41 (293)
5	11 31 (65)	19 08 (s56)	f 2 53 (298)
6	12 15 (61)	20 05 (s57)	f 4 00 (300)
7	13 07 (60)	21 04 (s58)	f 5 00 (300)
8	14 08 (60)	22 02 (s57)	f 5 51 (298)
9	15 15 (63)	22 59 (s55)	f 6 33 (295)
11	p16 25 (67)	p23 53 (s52)	7 09 (290)
12	p17 37 (73)	0 44 (s49)	7 40 (283)
13	p18 47 (79)	1 33 (s45)	8 07 (277)
14	p19 56 (86)	2 19 (s41)	8 32 (270)
15	p21 03 (93)	3 05 (s36)	8 56 (264)
16	p22 08 (99)	3 49 (s32)	9 20 (258)
17	p23 12 (105)	4 33 (s29)	9 46 (252)
18	0 14 (111)	5 17 (s26)	10 14 (247)
19	1 14 (115)	6 02 (s23)	10 46 (243)
20	2 12 (118)	6 49 (s22)	11 23 (241)
21	3 06 (120)	7 37 (s21)	12 06 (239)
22	3 57 (121)	8 26 (s20)	12 56 (239)
23	4 42 (120)	9 16 (s21)	13 53 (241)
24	5 23 (117)	10 07 (s23)	14 56 (245)
25	5 59 (112)	10 58 (s26)	16 04 (250)
26	6 31 (107)	11 48 (s30)	17 15 (256)
27	7 00 (100)	12 39 (s34)	18 29 (263)
28	7 28 (93)	13 30 (s38)	19 44 (270)

Marzec

1	7 56 (86)	14 22 (s43)	21 00 (278)
2	8 25 (79)	15 14 (s48)	22 16 (285)
3	8 56 (72)	16 08 (s52)	23 32 (291)
4	9 32 (66)	17 03 (s55)	f 0 45 (296)
5	10 14 (62)	18 00 (s57)	f 1 53 (300)
6	11 02 (60)	18 57 (s58)	f 2 54 (301)
7	11 59 (60)	19 54 (s58)	f 3 46 (299)
8	13 02 (62)	20 50 (s56)	f 4 30 (296)
9	14 10 (65)	21 44 (s54)	f 5 08 (292)
10	15 19 (70)	22 35 (s50)	f 5 39 (286)
11	16 29 (77)	23 24 (s47)	f 6 07 (280)
13	p17 38 (83)	0 11 (s42)	6 33 (273)
14	p18 46 (90)	0 57 (s38)	6 57 (267)
15	p19 52 (97)	1 42 (s34)	7 22 (260)
16	p20 57 (103)	2 26 (s30)	7 47 (254)
17	p22 00 (109)	3 11 (s27)	8 14 (249)
18	p23 02 (114)	3 56 (s24)	8 44 (245)
19	0 01 (117)	4 42 (s22)	9 19 (242)
20	0 56 (120)	5 29 (s21)	9 59 (240)
21	1 48 (121)	6 17 (s20)	10 46 (239)
22	2 35 (120)	7 06 (s21)	11 39 (240)
23	3 17 (118)	7 56 (s22)	12 38 (243)
24	3 55 (115)	8 46 (s25)	13 43 (247)
25	4 28 (110)	9 36 (s28)	14 53 (253)
26	4 58 (104)	10 27 (s32)	16 06 (260)
27	5 27 (97)	11 18 (s36)	17 21 (267)
28	5 55 (89)	12 11 (s41)	18 39 (275)
29	6 24 (82)	13 04 (s46)	19 58 (282)
30	6 55 (74)	13 59 (s50)	21 16 (289)
31	7 30 (68)	14 56 (s54)	22 33 (295)

Kwiecień

1	8 11 (63)	15 54 (s57)	23 45 (299)
2	8 58 (60)	16 52 (s58)	f 0 49 (301)
3	9 53 (59)	17 50 (s58)	f 1 45 (300)
4	10 54 (61)	18 46 (s57)	f 2 31 (298)
5	12 01 (64)	19 40 (s55)	f 3 10 (293)
6	13 09 (69)	20 31 (s52)	f 3 42 (288)
7	14 18 (74)	21 20 (s48)	f 4 11 (282)
8	15 26 (81)	22 07 (s44)	f 4 36 (276)
9	16 33 (88)	22 52 (s40)	f 5 00 (269)
10	17 40 (94)	23 37 (s36)	f 5 24 (263)
12	p18 45 (101)	0 21 (s32)	5 49 (257)
13	p19 49 (107)	1 06 (s28)	6 15 (251)
14	p20 51 (112)	1 50 (s25)	6 44 (246)
15	p21 51 (116)	2 36 (s23)	7 17 (242)
16	p22 49 (119)	3 23 (s21)	7 54 (240)
17	p23 42 (121)	4 10 (s20)	8 38 (239)
18	0 30 (121)	4 58 (s20)	9 28 (239)
19	1 14 (120)	5 47 (s21)	10 23 (241)
20	1 52 (117)	6 36 (s23)	11 25 (245)
21	2 26 (112)	7 25 (s26)	12 31 (250)
22	2 57 (107)	8 14 (s30)	13 41 (256)
23	3 25 (100)	9 05 (s34)	14 55 (263)
24	3 53 (93)	9 56 (s39)	16 11 (271)
25	4 21 (85)	10 49 (s43)	17 30 (279)
26	4 51 (78)	11 44 (s48)	18 50 (286)
27	5 25 (71)	12 41 (s52)	20 11 (293)
28	6 03 (65)	13 41 (s56)	21 28 (298)
29	6 49 (61)	14 41 (s58)	22 39 (301)
30	7 43 (59)	15 42 (s58)	23 40 (301)

Maj

1	8 44 (59)	16 40 (s58)	f 0 31 (299)
2	9 51 (62)	17 36 (s56)	f 1 13 (295)
3	11 00 (67)	18 29 (s53)	f 1 47 (290)
4	12 09 (72)	19 19 (s49)	f 2 16 (284)
5	13 18 (79)	20 06 (s45)	f 2 42 (278)
6	14 25 (85)	20 51 (s41)	f 3 06 (271)
7	15 31 (92)	21 35 (s37)	f 3 29 (265)
8	16 36 (99)	22 19 (s33)	f 3 53 (259)
9	17 39 (105)	23 03 (s29)	f 4 18 (253)
11	p18 42 (110)	p23 47 (s26)	4 45 (248)
12	p19 44 (115)	0 33 (s23)	5 16 (243)
13	p20 42 (119)	1 19 (s21)	5 52 (240)
14	p21 37 (121)	2 06 (s20)	6 33 (239)
15	p22 28 (122)	2 54 (s20)	7 21 (238)
16	p23 13 (121)	3 42 (s21)	8 14 (240)
17	p23 53 (118)	4 30 (s22)	9 13 (243)
18	0 27 (115)	5 18 (s25)	10 16 (247)
19	0 58 (110)	6 06 (s28)	11 23 (253)
20	1 27 (104)	6 55 (s32)	12 33 (259)
21	1 53 (97)	7 44 (s36)	13 46 (267)
22	2 20 (89)	8 34 (s41)	15 01 (274)
23	2 48 (82)	9 27 (s46)	16 20 (282)
24	3 19 (75)	10 23 (s50)	17 41 (290)
25	3 54 (68)	11 22 (s54)	19 01 (296)
26	4 36 (63)	12 23 (s57)	20 17 (300)
27	5 27 (59)	13 25 (s58)	21 26 (301)
28	6 27 (59)	14 27 (s58)	22 24 (300)
29	7 34 (60)	15 26 (s57)	23 11 (297)
30	8 44 (64)	16 22 (s54)	23 49 (293)
31	9 56 (70)	17 15 (s51)	f 0 21 (287)

Czerwiec

1	11 07 (76)	18 04 (s47)	f 0 48 (280)
2	12 15 (83)	18 50 (s43)	f 1 13 (274)
3	13 22 (90)	19 34 (s38)	f 1 36 (267)
4	14 27 (96)	20 18 (s34)	f 1 59 (261)
5	15 32 (103)	21 02 (s30)	f 2 23 (255)
6	16 35 (108)	21 46 (s27)	f 2 49 (249)
7	17 36 (114)	22 30 (s24)	f 3 19 (245)
8	18 36 (118)	23 16 (s22)	f 3 52 (241)
10	p19 33 (120)	0 03 (s20)	4 31 (239)
11	p20 25 (122)	0 51 (s20)	5 17 (238)
12	p21 13 (122)	1 39 (s20)	6 08 (239)
13	p21 54 (120)	2 28 (s21)	7 05 (241)
14	p22 31 (116)	3 16 (s24)	8 06 (245)
15	p23 02 (112)	4 03 (s26)	9 11 (250)
16	p23 31 (106)	4 50 (s30)	10 19 (257)
17	p23 57 (100)	5 38 (s34)	11 28 (264)
18	0 23 (93)	6 26 (s39)	12 41 (271)
19	0 49 (85)	7 16 (s43)	13 56 (279)
20	1 17 (78)	8 08 (s48)	15 13 (286)
21	1 49 (71)	9 04 (s52)	16 32 (293)
22	2 26 (65)	10 03 (s56)	17 50 (298)
23	3 11 (61)	11 04 (s58)	19 03 (301)
24	4 06 (59)	12 07 (s59)	20 08 (301)
25	5 10 (59)	13 09 (s58)	21 02 (299)
26	6 21 (62)	14 09 (s56)	21 46 (295)
27	7 35 (67)	15 04 (s53)	22 21 (290)
28	8 49 (73)	15 57 (s49)	22 51 (283)
29	10 01 (80)	16 45 (s45)	23 18 (277)
30	11 10 (87)	17 31 (s40)	23 42 (270)

Lipiec

1	12 17 (94)	18 16 (s36)	f 0 05 (263)
2	13 22 (100)	19 00 (s32)	f 0 29 (257)
3	14 26 (106)	19 44 (s28)	f 0 54 (251)
4	15 28 (112)	20 28 (s25)	f 1 22 (246)
5	16 29 (116)	21 14 (s23)	f 1 54 (242)
6	17 27 (120)	22 00 (s21)	f 2 31 (240)
7	18 21 (122)	22 48 (s20)	f 3 13 (238)
8	19 11 (122)	23 36 (s20)	f 4 03 (238)
10	p19 55 (121)	0 25 (s21)	4 58 (240)
11	p20 33 (118)	1 13 (s23)	5 59 (244)
12	p21 06 (113)	2 01 (s25)	7 03 (249)
13	p21 36 (108)	2 49 (s29)	8 10 (254)
14	p22 03 (102)	3 36 (s33)	9 18 (261)
15	p22 28 (95)	4 23 (s37)	10 29 (268)
16	p22 54 (88)	5 11 (s42)	11 41 (276)
17	p23 20 (81)	6 01 (s46)	12 55 (283)
18	p23 49 (74)	6 53 (s50)	14 11 (290)
19	0 22 (68)	7 49 (s54)	15 27 (295)
20	1 02 (63)	8 47 (s57)	16 41 (300)
21	1 50 (59)	9 48 (s58)	17 49 (301)
22	2 49 (59)	10 50 (s58)	18 48 (301)
23	3 56 (60)	11 51 (s57)	19 37 (298)
24	5 09 (64)	12 49 (s54)	20 17 (293)
25	6 25 (70)	13 44 (s51)	20 50 (287)
26	7 39 (76)	14 35 (s47)	21 19 (280)
27	8 52 (83)	15 24 (s42)	21 44 (273)
28	10 01 (91)	16 10 (s38)	22 09 (266)
29	11 09 (98)	16 55 (s34)	22 32 (260)
30	12 14 (104)	17 40 (s30)	22 57 (254)
31	13 17 (110)	18 24 (s26)	23 24 (248)

Sierpień

1	14 19 (115)	19 10 (s24)	23 55 (244)
2	15 18 (118)	19 56 (s21)	f 0 30 (241)
3	16 14 (121)	20 43 (s20)	f 1 10 (239)
4	17 06 (122)	21 31 (s20)	f 1 57 (238)
5	17 52 (121)	22 20 (s20)	f 2 50 (240)
6	18 33 (119)	23 09 (s22)	f 3 50 (242)
8	p19 08 (115)	p23 58 (s24)	4 53 (247)
9	p19 39 (110)	0 46 (s28)	6 00 (252)
10	p20 08 (104)	1 34 (s31)	7 09 (259)
11	p20 34 (97)	2 21 (s36)	8 20 (266)
12	p20 59 (90)	3 09 (s40)	9 31 (273)
13	p21 25 (83)	3 58 (s45)	10 44 (281)
14	p21 52 (76)	4 49 (s49)	11 59 (287)
15	p22 23 (70)	5 42 (s53)	13 13 (294)
16	p22 59 (64)	6 38 (s56)	14 26 (298)
17	p23 43 (61)	7 36 (s58)	15 34 (301)
18	0 35 (59)	8 35 (s59)	16 35 (301)
19	1 37 (59)	9 35 (s58)	17 27 (299)
20	2 46 (62)	10 34 (s56)	18 11 (295)
21	4 00 (67)	11 30 (s53)	18 47 (290)
22	5 15 (73)	12 23 (s49)	19 18 (283)
23	6 29 (80)	13 13 (s44)	19 45 (276)
24	7 41 (87)	14 01 (s40)	20 10 (269)
25	8 51 (94)	14 48 (s35)	20 34 (262)
26	9 58 (101)	15 33 (s31)	20 59 (256)
27	11 03 (107)	16 18 (s28)	21 25 (250)
28	12 07 (113)	17 04 (s25)	21 54 (245)
29	13 07 (117)	17 50 (s22)	22 27 (242)
30	14 05 (120)	18 37 (s21)	23 06 (239)
31	14 58 (122)	19 24 (s20)	23 50 (238)

Wrzesień

1	15 46 (122)	20 13 (s20)	f 0 41 (239)
2	16 29 (120)	21 01 (s21)	f 1 37 (241)
3	17 07 (117)	21 50 (s23)	f 2 40 (245)
4	17 40 (112)	22 39 (s26)	f 3 46 (250)
5	18 09 (106)	23 28 (s30)	f 4 55 (256)
7	p18 37 (100)	0 16 (s34)	6 07 (263)
8	p19 03 (93)	1 05 (s39)	7 20 (271)
9	p19 28 (86)	1 55 (s43)	8 34 (278)
10	p19 56 (78)	2 46 (s48)	9 49 (286)
11	p20 26 (72)	3 39 (s52)	11 04 (292)
12	p21 00 (66)	4 33 (s55)	12 17 (297)
13	p21 41 (61)	5 30 (s57)	13 26 (300)
14	p22 30 (59)	6 28 (s59)	14 28 (302)
15	p23 27 (59)	7 26 (s58)	15 22 (300)
16	0 32 (61)	8 24 (s57)	16 07 (297)
17	1 42 (65)	9 19 (s54)	16 45 (292)
18	2 55 (70)	10 12 (s50)	17 17 (286)
19	4 09 (77)	11 03 (s46)	17 45 (279)
20	5 21 (84)	11 52 (s42)	18 11 (272)
21	6 32 (91)	12 39 (s37)	18 35 (265)
22	7 41 (98)	13 25 (s33)	19 00 (259)
23	8 48 (105)	14 11 (s29)	19 25 (253)
24	9 53 (111)	14 56 (s26)	19 53 (247)
25	10 55 (116)	15 43 (s23)	20 25 (243)
26	11 54 (119)	16 29 (s21)	21 01 (240)
27	12 50 (121)	17 17 (s20)	21 42 (238)
28	13 40 (122)	18 05 (s20)	22 30 (238)
29	14 24 (121)	18 53 (s20)	23 24 (240)
30	15 04 (119)	19 41 (s22)	f 0 24 (243)

Październik

1	15 38 (115)	20 30 (s25)	f 1 28 (247)
2	16 09 (109)	21 18 (s28)	f 2 36 (253)
3	16 37 (103)	22 07 (s32)	f 3 47 (260)
4	17 03 (96)	22 56 (s37)	f 5 00 (268)
6	p17 30 (89)	p23 46 (s41)	6 16 (275)
7	p17 57 (81)	0 38 (s46)	7 33 (283)
8	p18 26 (74)	1 31 (s51)	8 50 (290)
9	p18 59 (67)	2 27 (s54)	10 06 (296)
10	p19 39 (62)	3 25 (s57)	11 19 (300)
11	p20 25 (59)	4 23 (s59)	12 24 (302)
12	p21 21 (58)	5 22 (s59)	13 21 (301)
13	p22 23 (59)	6 19 (s58)	14 08 (299)
14	p23 32 (63)	7 15 (s55)	14 47 (294)
15	0 43 (68)	8 07 (s52)	15 20 (288)
16	1 55 (74)	8 58 (s48)	15 48 (282)
17	3 06 (81)	9 46 (s44)	16 13 (275)
18	4 17 (88)	10 33 (s39)	16 38 (268)
19	5 25 (96)	11 19 (s35)	17 01 (261)
20	6 33 (102)	12 04 (s31)	17 26 (255)
21	7 39 (109)	12 50 (s27)	17 53 (249)
22	8 43 (114)	13 36 (s24)	18 23 (244)
23	9 44 (118)	14 23 (s22)	18 57 (241)
24	10 42 (121)	15 10 (s20)	19 36 (238)
25	11 34 (122)	15 58 (s19)	20 21 (238)
26	12 21 (122)	16 45 (s20)	21 12 (238)
27	13 02 (120)	17 33 (s21)	22 09 (241)
28	13 37 (117)	18 21 (s23)	23 10 (245)
29	14 09 (112)	19 08 (s26)	f 0 15 (250)
30	14 37 (106)	19 56 (s30)	f 1 24 (256)
31	15 03 (100)	20 44 (s34)	f 2 35 (264)

Listopad

1	15 29 (92)	21 33 (s39)	f 3 50 (271)
2	15 55 (85)	22 24 (s44)	f 5 07 (279)
3	16 23 (77)	23 18 (s49)	f 6 26 (287)
5	p16 55 (70)	0 14 (s53)	7 46 (294)
6	p17 32 (64)	1 12 (s56)	9 03 (299)
7	p18 17 (60)	2 13 (s58)	10 14 (302)
8	p19 11 (58)	3 14 (s59)	11 17 (302)
9	p20 13 (58)	4 14 (s58)	12 08 (300)
10	p21 21 (61)	5 11 (s56)	12 50 (296)
11	p22 33 (66)	6 05 (s53)	13 25 (291)
12	p23 45 (72)	6 56 (s49)	13 54 (284)
13	0 56 (79)	7 44 (s45)	14 19 (277)
14	2 06 (86)	8 31 (s41)	14 43 (270)
15	3 15 (93)	9 16 (s36)	15 06 (264)
16	4 22 (100)	10 01 (s32)	15 30 (257)
17	5 28 (106)	10 46 (s28)	15 55 (251)
18	6 33 (112)	11 31 (s25)	16 23 (246)
19	7 35 (117)	12 18 (s22)	16 55 (242)
20	8 34 (120)	13 05 (s20)	17 32 (239)
21	9 29 (122)	13 52 (s19)	18 15 (237)
22	10 18 (123)	14 40 (s19)	19 03 (238)
23	11 01 (121)	15 28 (s20)	19 58 (239)
24	11 38 (119)	16 15 (s22)	20 57 (243)
25	12 11 (115)	17 02 (s25)	21 59 (247)
26	12 39 (109)	17 48 (s28)	23 05 (253)
27	13 05 (103)	18 34 (s32)	f 0 13 (260)
28	13 30 (96)	19 21 (s36)	f 1 24 (267)
29	13 55 (89)	20 10 (s41)	f 2 38 (275)
30	14 21 (81)	21 01 (s46)	f 3 55 (283)

Grudzień

1	14 50 (74)	21 55 (s51)	f 5 15 (290)
2	15 24 (67)	22 53 (s55)	f 6 35 (296)
4	p16 04 (62)	p23 54 (s58)	7 52 (301)
5	p16 54 (58)	0 57 (s59)	9 02 (303)
6	p17 55 (58)	1 59 (s59)	10 01 (302)
7	p19 03 (59)	3 00 (s57)	10 49 (298)
8	p20 17 (64)	3 58 (s55)	11 27 (293)
9	p21 32 (69)	4 52 (s51)	11 59 (287)
10	p22 45 (76)	5 42 (s47)	12 26 (280)
11	p23 57 (83)	6 29 (s42)	12 50 (273)
12	1 06 (91)	7 15 (s38)	13 13 (266)
13	2 13 (98)	8 00 (s33)	13 36 (259)
14	3 19 (104)	8 44 (s29)	14 00 (253)
15	4 24 (110)	9 29 (s26)	14 27 (248)
16	5 27 (115)	10 15 (s23)	14 57 (243)
17	6 27 (119)	11 01 (s21)	15 31 (239)
18	7 24 (122)	11 49 (s20)	16 12 (237)
19	8 15 (123)	12 37 (s19)	16 58 (237)
20	9 01 (122)	13 25 (s20)	17 51 (238)
21	9 40 (120)	14 12 (s21)	18 48 (241)
22	10 14 (116)	14 59 (s23)	19 49 (245)
23	10 44 (112)	15 44 (s27)	20 53 (251)
24	11 10 (106)	16 30 (s30)	21 59 (257)
25	11 34 (99)	17 15 (s34)	23 07 (264)
26	11 58 (92)	18 02 (s39)	f 0 17 (271)
27	12 22 (85)	18 49 (s44)	f 1 30 (279)
28	12 48 (78)	19 40 (s48)	f 2 45 (286)
29	13 18 (71)	20 34 (s52)	f 4 03 (293)
30	13 53 (65)	21 32 (s56)	f 5 21 (298)
31	14 37 (60)	22 33 (s58)	f 6 36 (302)

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

h m s

Styczeń		Luty		Marzec	
1	7 59 48.7134	1	10 02 01.9481	1	11 52 25.4422
2	8 03 45.2705	2	10 05 58.4976	2	11 56 21.9899
3	8 07 41.8253	3	10 09 55.0481	3	12 00 18.5396
4	8 11 38.3783	4	10 13 51.6008	4	12 04 15.0922
5	8 15 34.9301	5	10 17 48.1563	5	12 08 11.6476
6	8 19 31.4820	6	10 21 44.7146	6	12 12 08.2052
7	8 23 28.0354	7	10 25 41.2750	7	12 16 04.7636
8	8 27 24.5913	8	10 29 37.8359	8	12 20 01.3215
9	8 31 21.1505	9	10 33 34.3959	9	12 23 57.8776
10	8 35 17.7125	10	10 37 30.9536	10	12 27 54.4310
11	8 39 14.2764	11	10 41 27.5084	11	12 31 50.9818
12	8 43 10.8403	12	10 45 24.0602	12	12 35 47.5301
13	8 47 07.4025	13	10 49 20.6098	13	12 39 44.0770
14	8 51 03.9619	14	10 53 17.1582	14	12 43 40.6234
15	8 55 00.5181	15	10 57 13.7064	15	12 47 37.1703
16	8 58 57.0716	16	11 01 10.2554	16	12 51 33.7185
17	9 02 53.6232	17	11 05 06.8057	17	12 55 30.2684
18	9 06 50.1742	18	11 09 03.3577	18	12 59 26.8201
19	9 10 46.7253	19	11 12 59.9115	19	13 03 23.3736
20	9 14 43.2774	20	11 16 56.4668	20	13 07 19.9284
21	9 18 39.8310	21	11 20 53.0232	21	13 11 16.4840
22	9 22 36.3863	22	11 24 49.5802	22	13 15 13.0397
23	9 26 32.9434	23	11 28 46.1370	23	13 19 09.5948
24	9 30 29.5019	24	11 32 42.6928	24	13 23 06.1485
25	9 34 26.0614	25	11 36 39.2468	25	13 27 02.7003
26	9 38 22.6212	26	11 40 35.7984	26	13 30 59.2497
27	9 42 19.1804	27	11 44 32.3477	27	13 34 55.7972
28	9 46 15.7381	28	11 48 28.8953	28	13 38 52.3436
29	9 50 12.2938			29	13 42 48.8903
30	9 54 08.8472			30	13 46 45.4388
31	9 58 05.3983			31	13 50 41.9904

Kwiecień				Maj				Czerwiec			
1	13	54	38.5452	1	15	52	55.1483	1	17	55	08.3737
2	13	58	35.1026	2	15	56	51.7081	2	17	59	04.9263
3	14	02	31.6612	3	16	00	48.2653	3	18	03	01.4777
4	14	06	28.2195	4	16	04	44.8198	4	18	06	58.0288
5	14	10	24.7762	5	16	08	41.3717	5	18	10	54.5807
6	14	14	21.3305	6	16	12	37.9218	6	18	14	51.1340
7	14	18	17.8821	7	16	16	34.4710	7	18	18	47.6891
8	14	22	14.4314	8	16	20	31.0203	8	18	22	44.2461
9	14	26	10.9790	9	16	24	27.5706	9	18	26	40.8049
10	14	30	07.5260	10	16	28	24.1224	10	18	30	37.3650
11	14	34	04.0733	11	16	32	20.6762	11	18	34	33.9257
12	14	38	00.6217	12	16	36	17.2319	12	18	38	30.4865
13	14	41	57.1718	13	16	40	13.7894	13	18	42	27.0464
14	14	45	53.7238	14	16	44	10.3480	14	18	46	23.6049
15	14	49	50.2778	15	16	48	06.9071	15	18	50	20.1614
16	14	53	46.8332	16	16	52	03.4661	16	18	54	16.7159
17	14	57	43.3897	17	16	56	00.0242	17	18	58	13.2687
18	15	01	39.9466	18	16	59	56.5808	18	19	02	09.8204
19	15	05	36.5031	19	17	03	53.1355	19	19	06	06.3720
20	15	09	33.0586	20	17	07	49.6882	20	19	10	02.9250
21	15	13	29.6123	21	17	11	46.2393	21	19	13	59.4807
22	15	17	26.1641	22	17	15	42.7896	22	19	17	56.0399
23	15	21	22.7139	23	17	19	39.3404	23	19	21	52.6025
24	15	25	19.2622	24	17	23	35.8934	24	19	25	49.1672
25	15	29	15.8101	25	17	27	32.4497	25	19	29	45.7321
26	15	33	12.3594	26	17	31	29.0098	26	19	33	42.2952
27	15	37	08.9115	27	17	35	25.5728	27	19	37	38.8552
28	15	41	05.4672	28	17	39	22.1369	28	19	41	35.4118
29	15	45	02.0262	29	17	43	18.7002	29	19	45	31.9657
30	15	48	58.5872	30	17	47	15.2611	30	19	49	28.5177
				31	17	51	11.8188				

Lipiec				Sierpień				Wrzesień			
1	19	53	25.0691	1	21	55	38.2967	1	23	57	51.4699
2	19	57	21.6209	2	21	59	34.8527	2	0	01	48.0263
3	20	01	18.1739	3	22	03	31.4102	3	0	05	44.5816
4	20	05	14.7286	4	22	07	27.9686	4	0	09	41.1354
5	20	09	11.2851	5	22	11	24.5272	5	0	13	37.6870
6	20	13	07.8434	6	22	15	21.0855	6	0	17	34.2365
7	20	17	04.4030	7	22	19	17.6424	7	0	21	30.7841
8	20	21	00.9635	8	22	23	14.1976	8	0	25	27.3307
9	20	24	57.5240	9	22	27	10.7505	9	0	29	23.8776
10	20	28	54.0839	10	22	31	07.3013	10	0	33	20.4260
11	20	32	50.6423	11	22	35	03.8505	11	0	37	16.9769
12	20	36	47.1989	12	22	39	00.3990	12	0	41	13.5309
13	20	40	43.7533	13	22	42	56.9480	13	0	45	10.0876
14	20	44	40.3058	14	22	46	53.4988	14	0	49	06.6460
15	20	48	36.8569	15	22	50	50.0522	15	0	53	03.2046
16	20	52	33.4076	16	22	54	46.6086	16	0	56	59.7620
17	20	56	29.9591	17	22	58	43.1676	17	1	00	56.3169
18	21	00	26.5128	18	23	02	39.7281	18	1	04	52.8688
19	21	04	23.0694	19	23	06	36.2885	19	1	08	49.4179
20	21	08	19.6292	20	23	10	32.8471	20	1	12	45.9650
21	21	12	16.1917	21	23	14	29.4028	21	1	16	42.5113
22	21	16	12.7552	22	23	18	25.9552	22	1	20	39.0579
23	21	20	09.3179	23	23	22	22.5048	23	1	24	35.6058
24	21	24	05.8780	24	23	26	19.0527	24	1	28	32.1556
25	21	28	02.4348	25	23	30	15.6002	25	1	32	28.7073
26	21	31	58.9882	26	23	34	12.1484	26	1	36	25.2608
27	21	35	55.5393	27	23	38	08.6980	27	1	40	21.8158
28	21	39	52.0893	28	23	42	05.2494	28	1	44	18.3715
29	21	43	48.6392	29	23	46	01.8026	29	1	48	14.9273
30	21	47	45.1901	30	23	49	58.3574	30	1	52	11.4825
31	21	51	41.7425	31	23	53	54.9134				

Październik		Listopad		Grudzień	
1	1 56 08.0364	1	3 58 21.1636	1	5 56 37.8176
2	2 00 04.5884	2	4 02 17.7121	2	6 00 34.3732
3	2 04 01.1384	3	4 06 14.2613	3	6 04 30.9325
4	2 07 57.6864	4	4 10 10.8126	4	6 08 27.4954
5	2 11 54.2331	5	4 14 07.3674	5	6 12 24.0605
6	2 15 50.7796	6	4 18 03.9257	6	6 16 20.6259
7	2 19 47.3275	7	4 22 00.4869	7	6 20 17.1893
8	2 23 43.8778	8	4 25 57.0493	8	6 24 13.7497
9	2 27 40.4315	9	4 29 53.6110	9	6 28 10.3066
10	2 31 36.9882	10	4 33 50.1706	10	6 32 06.8608
11	2 35 33.5469	11	4 37 46.7272	11	6 36 03.4132
12	2 39 30.1063	12	4 41 43.2808	12	6 39 59.9650
13	2 43 26.6646	13	4 45 39.8322	13	6 43 56.5174
14	2 47 23.2207	14	4 49 36.3822	14	6 47 53.0712
15	2 51 19.7740	15	4 53 32.9321	15	6 51 49.6269
16	2 55 16.3245	16	4 57 29.4828	16	6 55 46.1846
17	2 59 12.8729	17	5 01 26.0351	17	6 59 42.7441
18	3 03 09.4202	18	5 05 22.5895	18	7 03 39.3049
19	3 07 05.9677	19	5 09 19.1460	19	7 07 35.8665
20	3 11 02.5162	20	5 13 15.7042	20	7 11 32.4280
21	3 14 59.0664	21	5 17 12.2637	21	7 15 28.9887
22	3 18 55.6188	22	5 21 08.8238	22	7 19 25.5481
23	3 22 52.1732	23	5 25 05.3837	23	7 23 22.1056
24	3 26 48.7292	24	5 29 01.9428	24	7 27 18.6611
25	3 30 45.2863	25	5 32 58.5004	25	7 31 15.2148
26	3 34 41.8437	26	5 36 55.0562	26	7 35 11.7673
27	3 38 38.4007	27	5 40 51.6101	27	7 39 08.3193
28	3 42 34.9568	28	5 44 48.1623	28	7 43 04.8721
29	3 46 31.5113	29	5 48 44.7136	29	7 47 01.4269
30	3 50 28.0639	30	5 52 41.2649	30	7 50 57.9848
31	3 54 24.6145			31	7 54 54.5464

Część druga

(dydaktyczno–informacyjna)

Manewry kosmiczne w Rzepienniku.

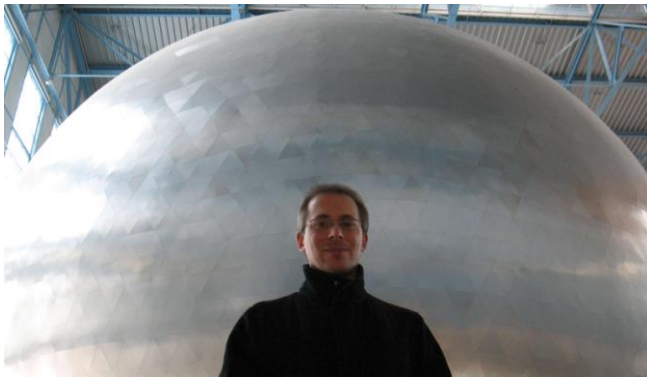
Kronika Astronomii Novej za rok 2016

Bogdan Wszołek[1,2,3]

[1]Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
[2]Stowarzyszenie Astronomia Nova
[3]Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Otwarcie planetarium w Łodzi

Dnia 23 stycznia 2016 w Łodzi odbyła się prezentacja dla środowisk naukowych świeżo powstałego tam nowoczesnego Planetarium, w ramach kompleksu o nazwie EC1. Kierownikiem planetarium jest mgr Tomasz Kisiel, astronom zrzeszony w AN, który wcześniej przez 7 lat obsługiwał planetarium cyfrowe w częstochowskiej AJD. W prezentacji wzięło udział kilkadziesiąt osób z całej Polski, w tym kilkoro członków AN. Planetarium EC1 Łódź jest najnowocześniejsze w Europie Środkowo-Wschodniej. Pod kopułą o średnicy 18 m znajduje się ekran sferyczny o średnicy 14 metrów. Planetarium może pomieścić na raz 110 osób, a rozdzielczość projekcji jest najwyższa w Polsce – 32 mln pikseli na całej kopule. (www.planetariumec1.pl)



Tomasz Kisiel na tle kopuły mniejszego planetarium w EC1 (z lewej) oraz Magdalena i Bogdan Wszołkowie na tle wierzchołka kopuły głównego planetarium (z prawej).

Benefis ks. prof. Michała Hellera

W sobotę 12 marca w gronie krewnych, przyjaciół i współpracowników na scenie krakowskiej PWST ks. prof. Michał Heller świętował jubileusz 80-tych urodzin. Wśród zaproszonych było też kilkoro członków AN. W programie artystycznym zatytułowanym "W 80 lat dookoła Wszechświata" wzięli udział Anna Dymna, Jacek Romanowski, Łukasz Tischner, Joachim Mencel. Benefis poprowadził Wojciech Bonowicz, zaś scenariusz i teksty przygotował Bartosz Brożek. Nagranie: https://www.youtube.com/watch?v=Uxb_QKlKdPs .
Szacowny Jubilat wysłuchał m.in. na swój temat rzekomo odnalezione teksty różnych filozofów, m.in. Platona, Tomasza z Akwinu i Izaaka Newtona. Sam też podzielił się z zebranymi licznymi anegdotami i własnymi przemyśleniami na temat czasu. Na zakończenie oficjalnej części uhonorowany został przez Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego złotym medalem "Plus ra-

tio quam vis". Od środowiska Tygodnika Powszechnego, Centrum Kopernika i wydawnictwa Znak jubilat odebrał swoją nowowydaną książkę "Wierzę, żeby rozumieć" i dodatek do Tygodnika Powszechnego "W 80 lat dookoła Wszechświata".

Ks. prof. Michał Heller w towarzystwie Magdaleny i Bogdana Wszołków.

Noc gagarinowska

12 kwietnia AN zorganizowała w OAKJ w Rzepienniku Biskupim uroczyste wspomnienie Jurija Gagarina. W trwającej kilka godzin imprezie wzięło udział kilkanaście członków AN i innych sympatyków podboju kosmosu. Wyświetlono filmy dokumentalne o tematyce kosmicznej, wygłoszono dwa wykłady i dyskutowano o najbliższych perspektywach w zakresie eksploracji kosmosu.

Ruszyły polskie stacje projektu LOFAR

Trzy polskie stacje LOFAR: w Bałdach (Uniwersytet Warmińsko Mazurski), Borówcu (Centrum Badań Kosmicznych PAN) i Łazach (Uniwersytet Jagielloński) rozpoczęły wiosną 2016 prace badawcze, w które angażuje się m.in. kilkoro astronomów zrzeszonych w AN. Przez najbliższe lata LOFAR(LOw Frequency ARray) będzie służył astronomom do badania Wszechświata na niskich częstotliwościach radiowych (15-240 MHz). Więcej na stronie: http://www.oa.uj.edu.pl/lofar/ .

Widok ogólny na stację LOFAR w Bałdach (14.04.2016).

Z wizytą w Olsztynie

W dniach 14-16 kwietnia Prezes AN gościł w Olsztyńskim Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym. Pierwszego dnia zwiedził stację LOFAR w Bałdach. W drugim wygłosił dwa wykłady: dla pracowników „Ekstynkcja międzygalaktyczna" oraz dla publiczności „Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi". Ostatni dzień przeznaczył na zwiedzanie miejsc pamięci o Mikołaju Koperniku i na spotkania z olsztyńskimi astronomami.

Magdalena Wszołek przy olsztyńskim pomniku Kopernika.

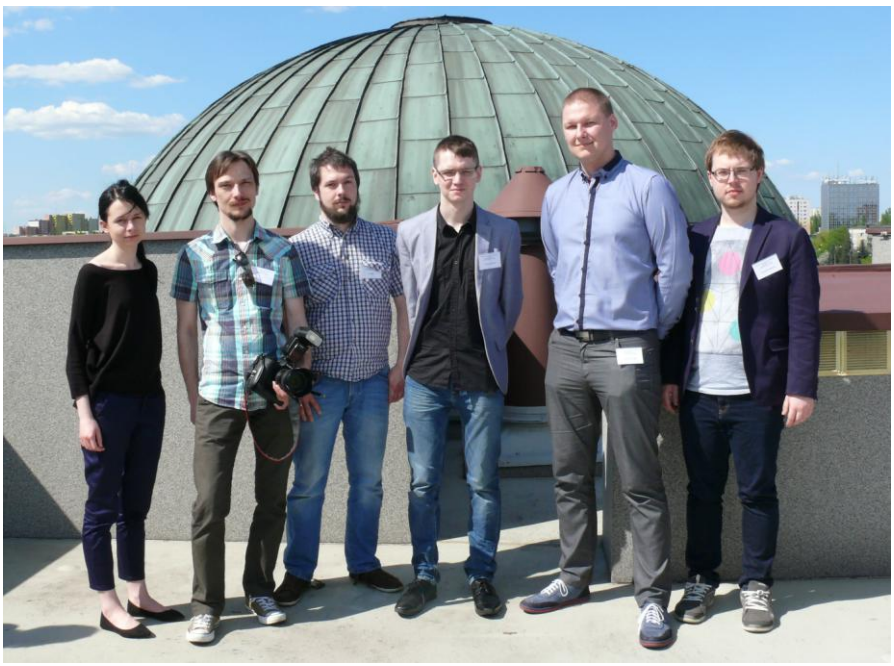
Tranzyt Merkurego

9 maja 2016 miało miejsce zjawisko tranzytu Merkurego na tle tarczy Słońca. Członkowie AN zorganizowali dwie publiczne akcje obserwacyjne: na tarasie Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie oraz w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Pomimo bardzo kapryśnej pogody tranzyt zaobserwowało w sumie kilkaset osób.

Obserwacje tranzytu w Rzepienniku. Użyto teleskopu słonecznego LUNT z filtrem Hα.

Konferencja Młodych

W dniach 6-7 maja odbyła się VIII Częstochowska Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova", zorganizowana przez AN przy wsparciu lokalowym Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie. W konferencji uczestniczyło kilkadziesiąt osób, z czego dwie z zagranicznych ośrodków naukowych. Koszty organizacyjne pokrył dr Bogdan Wszołek ze środków prywatnych.



Niektórzy uczestnicy konferencji na tarasie obserwacyjnym przy planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie.

Walne Zebranie AN

Dnia 7 maja odbyło się w Częstochowie Walne Zebranie AN. Zatwierdzono m.in. honorowe członkostwa AN dla ks. prof. Michała Hellera, prof. Bożeny Czerny i prof. Virginii Trimble. W szeregach AN jest aktualnie 90 osób, w tym czworo członków honorowych.

Honorowi członkowie AN. Od lewej: ks. prof. Michał Heller, prof. Virginia Trimble, prof. Bożena Czerny i gen. Mirosław Hermaszewski.

Astronomia - nauka i wiara

9 maja w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim (OAKJ) odbyła się trzecia konferencja z serii „Astronomia – nauka i wiara". Zorganizowano ją dla uczczenia ks. prof. Konrada Rudnickiego w roku jego dziewięćdziesiątych urodzin. Przybyło kilkadziesiąt osób z kraju i jedna zza granicy. Wykłady głosili: ks. prof. Tadeusz Pabian, prof. Krzysztof Maślanka, prof. Marek Jamrozy, dr hab. Piotr Homola oraz mgr Aleksander Kurek. Konferencji towarzyszyły wydarzenia specjalne: obserwacja tranzytu Merkurego, odpalenie rakiety oraz testowanie siły ciągu hybrydowego silnika

rakietowego. Przyczynki konferencyjne zamieszczono na stronach 191-320 niniejszego kalendarza. Koszty konferencji i towarzyszących jej wydarzeń pokryły wespół AN, OAKJ, Polskie Towarzystwo Rakietowe oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wykłady i obserwacje tranzytu Merkurego prowadzono naprzemiennie,
w miarę zmian aury.

Kacper Zieliński z Polskiego Towarzystwa Rakietowego (PTR) przygotowuje swoją rakietę do startu (z lewej) i radujące oczy pomyślne lądowanie elementów rakiety (z prawej).

Andrzej Chwastek i Kacper Zieliński z PTR mocują na hamowni silnik rakietowy w celu pomiaru siły jego ciągu.

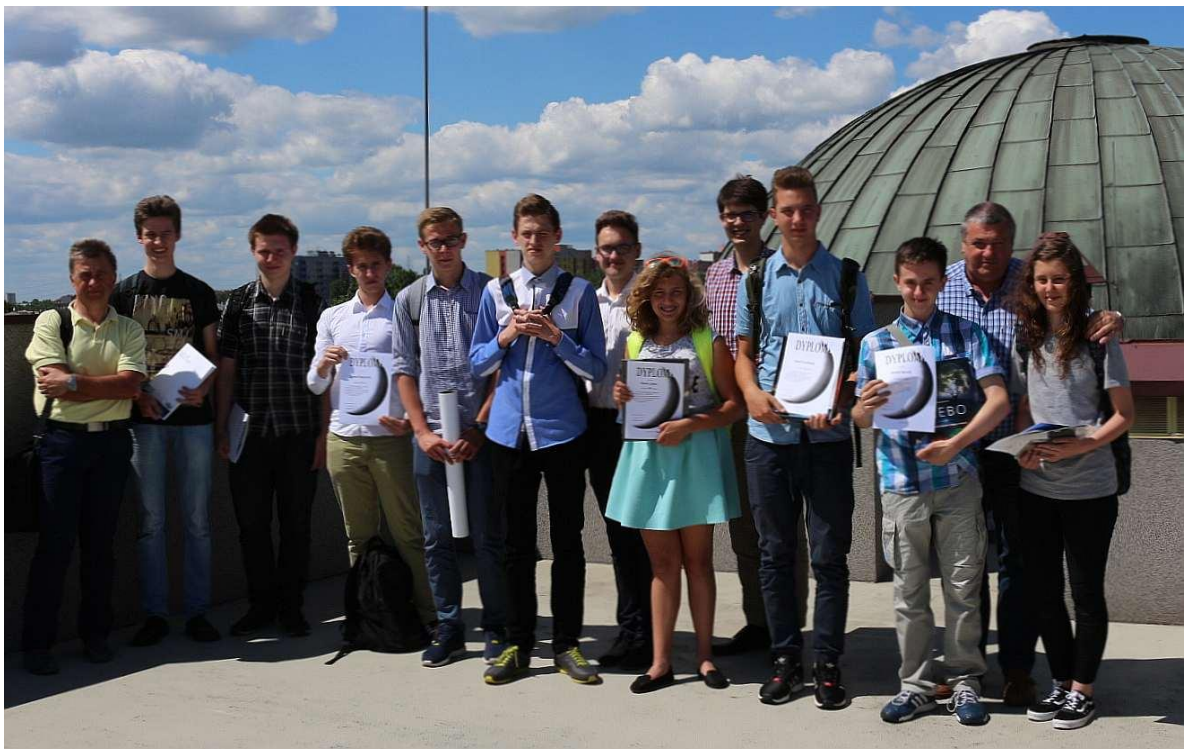
Pierwszy test silnika rakietowego na rzepiennickiej hamowni (9.05.2016).

Honorowi członkowie załogi OAKJ

Wiosną 2016 w skład zespołu naukowego OAKJ w Rzepienniku Biskupim weszło ze statusem „honorowy" kilkoro znamienitych osób, w tym również członkowie AN. Są to profesorowie: Bożena Czerny, ks. Michał Heller, Marek Jamrozy, Agnieszka Kryszczyńska, Krzysztof Maślanka, Agnieszka Pollo, Virginia Trimble oraz Edwin Wnuk. Właściciele OAKJ są wdzięczni za każdą pomoc, przede wszystkim intelektualną, pozwalającą szybciej wyprowadzić placówkę na poziom ich satysfakcjonujący oraz spełniający oczekiwania społeczne.

Konkurs Urania

Dnia 6 czerwca w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie przeprowadzono finał XIII Ogólnopolskiego Konkursu Astronomicznego „Urania". Do finałowego testu zakwalifikowało się w sumie 11 uczniów; 8 gimnazjalistów i 3 licealistów. W grupie młodszych triumfowali: Michał Borwik (I), Dawid Sodomski (II) i Marta Gabas (III). W grupie starszych: Maciej Bugaj (I), Jurand Prądzyński (II) i Krzysztof Musioł (II). Nagrody konkursowe ufundował Prezes AN ze swoich prywatnych środków. Ze względu na brak dofinansowania, mimo próśb adresowanych zarówno do MNiSW, jak i do władz powiatowych, rozmach konkursu był niewielki i obejmował w tym roku tylko województwa Śląskie i Łódzkie. Wobec niskiego zainteresowania konkursem, zwłaszcza przez środowiska, które powinny sprzyjać edukacji i popularyzacji nauki, Prezes AN zrezygnował z dalszego organizowania Konkursu Urania.



Zwycięzcy konkursu URANIA i ich opiekunowie.

Konkurs Ars Astronomica

W dniach 6 i 10 czerwca rozdano odpowiednio w Częstochowie (Planetarium IF AJD) i Rzepienniku Biskupim (OAKJ) dyplomy i nagrody dla uczestników VI Międzynarodowego Konkursu Artystycznego „Ars Astronomica". Nagrodzonych zostało 140 osób, spośród około tysiąca wszystkich uczestników. Wykaz wyróżnień zamieszczono na stronie www.astronomianova.org . AN zorganizowała konkurs i pokryła większość jego kosztów. Część nagród zostało zakupionych z dotacji Starostwa Częstochowskiego (400 zł.) oraz ze środków prywatnych prezesa AN (1500 zł.).

Rozdanie dyplomów i nagród w OAKJ w Rzepienniku Biskupim.

Nagroda – luneta astronomiczna – dla Przedszkola w Turzy.

M.A.R.S. – wbicie łopaty

20 czerwca rozpoczęto budowę laboratorium kosmicznego o nazwie M.A.R.S. (ang. Modular Analog Research Station). Marsjanum powstaje nieopodal OAKJ i ma stanowić jego integralną część. W organizację tego laboratorium angażują się OAKJ, AN oraz spółka Space Garden. Naczelnym koordynatorem budowy jest dr Agata Kołodziejczyk – córka właścicieli OAKJ, aktywna działaczka AN oraz uczona zatrudniona w Europejskiej Agencji Kosmicznej. Bliższe szczegóły zawarto w osobnych artykułach na stronach 71 i 121 tego kalendarza.

Słońce, w swoim najwyższym rocznym położeniu, towarzyszące wbijaniu łopaty.

Podczas ceremonii „wbicia łopaty”. Od lewej: Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz wraz z synami Michałem i Rafałem, Jakub Mielczarek, Leszek Orzechowski, Marcin Traple i Kamil Muzyka.

Budowa stacji M.A.R.S.

Dnia 20 czerwca rozpoczęto budowę marsjanum na pagórku Krzemieniec we wsi Turza (Góry) w gminie Rzepiennik Strzyżewski. Lokalnie budowę prowadził Bogdan Wszołek, a zdalnie (z Holandii) koordynowała sprawy Agata Kołodziejczyk. Szczegółowy raport z budowy zamieszczono na stronie 71 tego kalendarza.

Międzynarodowy workshop w OAKJ

Przed planowaną na sierpień analogową misją kosmiczną w Rzepienniku, AN zorganizowała w OAKJ 3-dniowy workshop w celu szczegółowego omówienia istotnych zagadnień i przeszkolenia pierwszej załogi analogowych kosmonautów oraz osób mających się podjąć zdalnej kontroli misji. W wydarzeniu wzięło udział kilkadziesiąt osób z kilku krajów europejskich

(Polska, Czechy, Niemcy, Holandia). Przeprowadzono specjalistyczne szkolenia z obsługi praktycznej łazika-robota, drukarki 3D, zestawu do analiz spektroskopowych próbek skalnych, zestawu do eksperymentów biologicznych w warunkach mikrograwitacji oraz wiele innych. Kilkanaście osób przeszkolono profesjonalnie w poszerzonym zakresie udzielania pierwszej pomocy. Program workshopu był wypełniony po brzegi, a czas 3 dni okazał się nie wystarczający. Głównym organizatorem workshopu była dr Agata Kołodziejczyk, niestrudzona propagatorka budowy marsjanum w Rzepienniku i przystosowania go do potrzeb analogowych misji kosmicznych. Podczas workshopu dokonano też ceremonii umieszczenia meteorytów w centrum budowli M.A.R.S. Meteoryty zostały podarowane przez Jaromira Króla. Koszty workshopu zostały pokryte przez Fundację for Sciencez oraz z prywatnych środków Agaty Kołodziejczyk oraz właścicieli OAKJ. Szczegółowa relacja z workshopu została zamieszczona na stronie 87 tego kalendarza.

Ceremonia umieszczania meteorytów (w zastępstwie tzw. kamienia węgielnego).
w centrum stacji. Działano podczas ulewnego deszczu w dniu 17 lipca.

Analogowa misja kosmiczna 2016

W dniach 15-21 sierpnia odbyła się pierwsza analogowa misja kosmiczna w Rzepienniku. Na potrzeby misji przystosowano obie kopuły w OAKJ i połączono je dużym namiotem tak, żeby całość tworzyła zwartą izolowaną przestrzeń mieszkalną dla astronautów. Sześcioro astronautów analogowych spędziło tam tydzień czasu wykonując przewidziane zadania. Szczegółowy opis misji znajduje się na stronie 87 tego kalendarza.

Wyraz radości analogowych astronautów po zakończeniu misji.

Konferencja jubileuszowa na Słowacji

Dyskutują Renata Kolivoskova (z prawej) i Magdalena Wszołek.

W dniach 8-9 września odbyła się w Stakcinie i Kolonickom Sedle na Słowacji międzynarodowa konferencja astronomiczna z okazji 30-lecia działalności

obserwatorium astronomicznego na Kolonickom Sedle. Omawiano nie tylko zagadnienia historyczne młodego obserwatorium, ale również stan astronomii na Słowacji, a w szczególności perspektywy rozwoju astronomii i turystyki astronomicznej w regionie słowackich połonin, przylegających bezpośrednio do polskich Bieszczad. Sporo uwagi poświęcono również bolidowi Turji-Remety (EN171101**)**, który 17 listopada 2001 roku przeleciał nad słowackimi połoninami i spadł w ukraińskiej części Karpat. Podnoszono temat Parku Ciemnego Nieba w regionie Karpat na pograniczu Polski, Słowacji i Ukrainy. Z ramienia AN uczestniczyli w konferencji Henryk Brancewicz oraz Magdalena i Bogdan Wszołkowie.

ERC w Rzeszowie

11 września w Jasionce pod Rzeszowem, w trakcie ERC - European Rover Challenge, odbyło się sympozjum zatytułowane „Astronaut Preparation for Long Duration Space Flights" poświęcone podsumowaniu pierwszej testowej misji księżycowej, która odbyła się w sierpniu w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Organizatorem spotkania była dr Agata Kołodziejczyk, reprezentująca AN, ESA oraz Spółkę Space Garden. Astronauci oraz osoby aktywne w centrach kontroli misji prezentowali wyniki własnej pracy. Sympozjum spotkało się z wielkim zainteresowaniem słuchaczy.

Uczestnicy pierwszej testowej misji księżycowej podczas sympozjum w Rzeszowie.

Jubileusz planetarium w Częstochowie

3 października minęła 10 rocznica uruchomienia planetarium w Instytucie Fizyki AJD w Częstochowie (www.planetarium.ajd.czest.pl). Uszanowano ten mały jubileusz zakupem pokazu planetaryjnego dla maluchów, pt. „Tajemnica Tekturowej Rakiety". Obowiązki prowadzenia planetarium powierzono mgr Agnieszce Dymarek, aktywnej członkini AN. Nowa kierowniczka zdobywała przez wiele lat wiedzę astronomiczną i techniczną (w zakresie obsługi systemu planetaryjnego) u boku Bogdana Wszołka i ku jego zadowoleniu, podobnie jak kilka lat wcześniej mgr Tomasz Kisiel, usamodzielniła się w zakresie kompleksowej obsługi planetarium. Można mieć nadzieję, że kompetentnie poprowadzi planetarium przez dalsze lata jego działalności.

Bogdan Wszołek i Agnieszka Dymarek - następstwo pokoleń
w częstochowskim planetarium.

Jubileuszowo w Parzymiechach

15 października Parzymiechy obchodziły 750. rocznicę zaistnienia. Pośród gości honorowych był dr Bogdan Wszołek – prezes AN, który zasłużył sobie na uznanie społeczności lokalnej pielęgnowaniem pamięci o ks. Bonawenturze Metlerze. Zabierając głos, powiedział:

750 lat to po ludzku spory przedział czasu. Początku Parzymiech nie pamięta tu już pewnie żadna żywa istota. Mimo to, można wskazać byty, które trwają tu niezmiennie od tysięcy lat – choćby kamienie, choćby ogólny kształt terenu, a nade wszystko to niebo rozgwieżdżone, ku któremu na tej ziemi wzdycha-

ły dawne pokolenia; i przypuszczam, że ze znacznie większą ufnością, niż to czynią dzisiejsi mieszkańcy Parzymiech.

80 lat temu żył pośród Was, co dobrze pamięta wiele drzew tu rosnących, a nawet najstarsi ludzie, człowiek niezwykły, ksiądz i astronom w jednej osobie, mąż opatrznościowy – Bonawentura Metler. Na plebanii w Parzymiechach znajdowało się dzięki niemu największe w Polsce „oko" do oglądania nieba, jakim był teleskop o średnicy 30 cm, zbudowany własnoręcznie przez Metlera. Tu, na tej ziemi, Bonawentura Metler ustawił wyraźnie drogowskaz ku niebu! Wśród Waszych przodków rozniecał święty ogień przyjaźni z niebem.

Jego ziemskie szczątki przechowujecie na tutejszym cmentarzu i słusznie szczycicie się tym. Trudniej z uszanowaniem dziedzictwa ducha! Życzę Wam, dzisiejszym mieszkańcom Parzymiech, byście to dziedzictwo szanowali, pielęgnowali i wzbogacali.

Małopolska Noc Naukowców w Tarnowie

30 września odbyła się dziesiąta edycja Małopolskiej Nocy Naukowców. Prezes wraz z kilkoma członkami reprezentowali AN w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Tarnowie. Kilkaset osób dowiedziało się o istnieniu i działalności AN oraz wysłuchało wykładów dr. Bogdana Wszołka o zdobyczach astronomii oraz o postępach w zakresie eksploracji kosmosu.

Z astronomią i astronautyką w stronę Bieszczad

Widok ze statku w stronę góry Jawor z widocznymi masztami radiowymi.

W dniach 7-8 października czworo członków AN, Magdalena i Bogdan Wszołkowie oraz Agnieszka i Artur Kuźmiczowie, przeprowadziło inspekcję terenów przyległych do Zalewu Solińskiego pod kątem ich przydatności dla projektów astronomicznych i astronautycznych. Ekspedycję zorganizował Wacław Potyrała z Tarnowa, który jest znawcą i miłośnikiem Bieszczad oraz orędownikiem ich ekologicznego zagospodarowania. Po rozeznaniu walorów

geograficznych oraz spraw własnościowych terenów, najbardziej obiecującym dla AN miejscem zdaje się być góra Jawor, u podnóża której znajduje się zapora i zalew soliński.

Wykład w PAU

17 października, w siedzibie Polskiej Akademii Umiejętności przy ul. Sławkowskiej 17 w Krakowie, prezes AN – dr Bogdan Wszołek wygłosił, w ramach Seminarium Komisji Filozofii Przyrody organizowanego przez ks. prof. Michała Hellera, inauguracyjny referat naukowy „Międzygwiazdowe pasma rozmyte". Uczestniczyło w seminarium siedmioro członków AN. Prelegent argumentował m.in., że żyjemy we Wszechświecie niejednorodnym i w dodatku mętnym. Uznał, że dopóki przezroczystość przestrzeni międzygwiazdowej i międzygalaktycznej nie zostanie sensownie określona, nie uczciwe jest lansowanie poglądów o przyspieszaniu Wszechświata i o tzw. ciemnej energii. W tym kontekście zwrócił uwagę, że Wszechświata raczej należy „słuchać" niż „dyktować" mu, jaki ma być. W głównym seminarium uczestniczyło ponad 20 osób, a w jego popularnym przedłużeniu w kawiarni De Revolutionibus, przy ul. Brackiej 14, dalszych kilkadziesiąt osób.

Bogdan Wszołek w trakcie wykładu. (*fot. K. Maślanka*)

Konferencja dydaktyczna

W dniach 21-23 października odbywała się IX Międzynarodowa Konferencja „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie" zorganizowana przez Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach. Ostatni dzień konferencji odbył się w OAKJ w Rzepienniku Biskupim. Uczestnicy wysłuchali tu dwóch wykładów Bogdana Wszołka oraz zwiedzili obserwatorium i budujące się w jego pobliżu laboratorium kosmiczne M.A.R.S. W konferencji wzięło udział kilkanaście członków AN.

Bogdan Wszołek objaśnia członkom AN z Odessy ideę marsjanum i hamowni silników rakietowych.

Wygląd zewnętrzny stacji M.A.R.S. na dzień 23 października 2016.

Praca naukowa w ESA

Advanced Concepts Team (ACT), to zmotywowana, interdyscyplinarna grupa młodych uczonych, do której należą doktorzy pracujący na 2-letnich stażach, magistrzy na stażach rocznych i stażyści realizujący projekty 3-miesięczne. (*fot. ESA*)

Europejska Agencja Kosmiczna (ESA), to międzynarodowa organizacja krajów europejskich utworzona na podobieństwo NASA w USA. Celem agencji jest eksploracja i wykorzystanie przestrzeni kosmicznej, ale również nauka. Wiele Polaków marzy, aby tam pracować. Tak było z członkinią AN - Agatą Kołodziejczyk, doktorem neurobiologii, która przeszukała w internecie ogłoszenia o pracy dla naukowca. Natrafiła na ogłoszenie naboru na postdoca

w dziedzinie biomimetyki w ESA. Po wysłaniu aplikacji i odbyciu wstępnej rozmowy kwalifikacyjnej na Skypie, trzeba było pojechać do ośrodka ESA w Holandii i zaprezentować własny pomysł na badania. Agata Kołodziejczyk przedstawiła projekt utworzenia fotosyntetycznych tkanin dla astronautów. Miała przy tym nadzieję, że nigdy nie będzie musiała naprawdę pracować nad tym projektem ze względu na świadomość poziomu skomplikowania proponowanego zagadnienia. Autorkę pomysłu przyjęto i zaakceptowano jej projekt do realizacji. W ten sposób zaczęła się dla neurobiologa niezwykła przygoda w ośrodku, w którym rozwijane i zarządzane są wszystkie typy misji naukowych, eksploracyjnych, telekomunikacyjnych, załogowych lotów kosmicznych, nawigacji satelitów i obserwacji okołoziemskich. Advanced Concepts Team (ACT) to zespół, składający się obecnie z 20 naukowców i inżynierów. Zadaniem ACT jest torowanie pionierskich kierunków rozwoju nauki i technologii oraz budowanie strategii planowania działalności Agencji w latach przyszłych. Owocem pracy zespołu są publikacje, konferencje, konkursy, ale również poważniejsza działalność, np. powołanie nowego działu ESA zajmującego się śmieciami kosmicznymi, a co za tym idzie, wieloma kontraktami z partnerami biznesowymi i uczelniami, a nawet tworzenie nowych miejsc pracy. Charakter pracy w ACT to zazwyczaj praca za biurkiem, ale są wyjątki – na przykład eksperymenty w warunkach mikrograwitacji czy biochemiczne badania laboratoryjne. ACT w szczególności nastawia się na współpracę z uczelniami w programie Ariadna, gdzie ESA może wnieść w projekt maksymalnie do 30 tys. EU. Nabory do ACT odbywają się corocznie w okresie zimowym. Więcej informacji dostępnych na stronie: www.esa.int/gsp/ACT/index.html.

Najlepszy eksperyment naukowy w stratosferze

Po raz drugi polska grupa naukowców i studentów wygrała międzynarodowy konkurs Global Space Balloon Challenge (GSBC). Tegoroczna misja o akronimie LEO_3 (Let's Explore Ozone), koordynowana przez dr Agatę Kołodziejczyk z AN, została ogłoszona najlepszym eksperymentem naukowym spośród 400 startujących w GSBC drużyn. W ramach misji LEO_3 polscy badacze i inżynierowie sprawdzali, jak organizmy żywe radzą sobie ze stresem w stratosferze wywołanym obecnością ozonu i trudnych warunków środowiskowych. Konkursowe eksperymenty przeprowadzono w dwóch misjach: 14 kwietnia i 3 maja 2016 roku. Doktorantka Paulina Kijak z Uniwersytetu Jagiellońskiego wysłała porosty z Arktyki, doktorantka Anna Fogtman z Państwowej Akademii Nauk w Warszawie przygotowała modelowe rośliny Arabidopsis oraz tytoń w specjalnie dostosowanej kapsule skonstruowanej przez studentów AGH Space Systems. Agata Kołodziejczyk wraz z Pawłem Kopciałem i Joanną Bobulą z Uniwersytetu Jagiellońskiego wysłali szczepy drożdży.

Konkurs organizowany jest co roku przez Stanford Space Initiative, organizację utworzoną przez studentów Uniwersytetu Stanforda. Uczestnicy konkursu mają za zadanie przygotować własny eksperyment, samodzielnie wysłać go do stratosfery w określonym terminie, następnie przesłać dokumentację stosowną do regulaminu konkursu i kategorii, w jakiej się startuje. Więcej informacji o konkursie można znaleźć na stronie: www.balloonchallenge.org.

Drużyna misji LEO_3: (od lewej): Anna Fogtman (PAN, Warszawa), Michał Gocyła (Neuronator), Filip Stachowicz (AGH), Tomasz Fuchs (AGH), Bartosz Moczała (AGH), Agata Kołodziejczyk (ACT ESA), Artur Schreiber (Copernicus Project), Ireneusz Kaczmara (AGH).

Publiczność w OAKJ

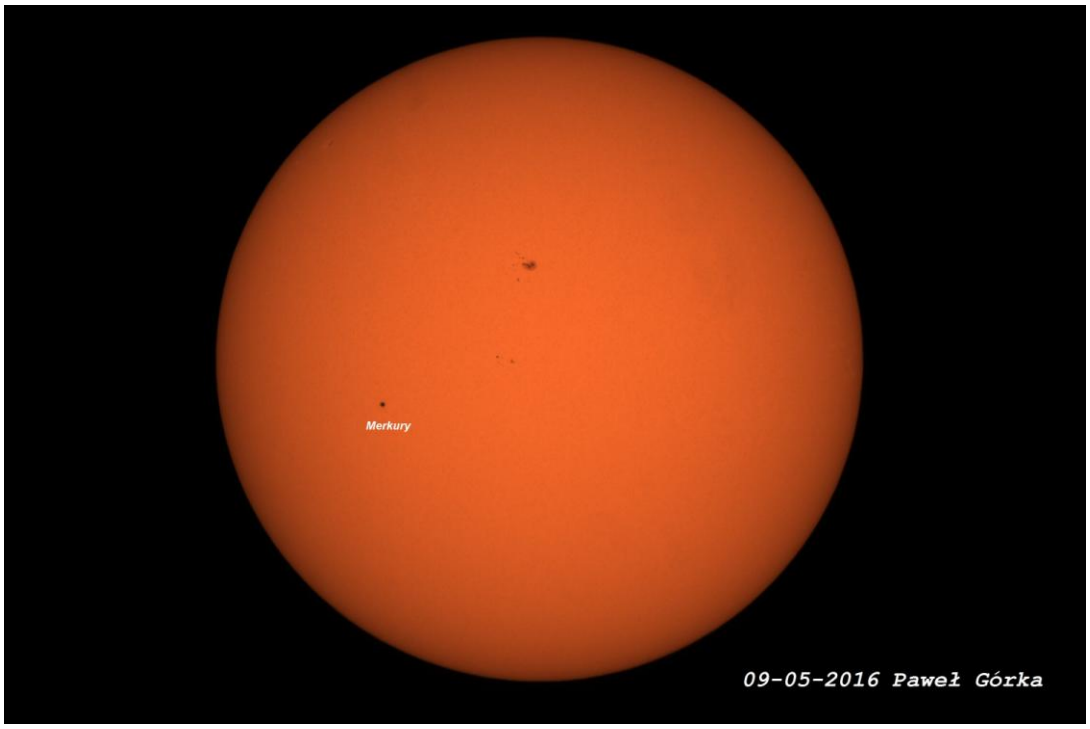
Przez cały rok 2016 OAKJ było odwiedzane przez gości, turystów oraz grupy szkolne. W wersji minimalistycznej odwiedzający samodzielnie zwiedzali teren obserwatorium, wykonywali zdjęcia, czytali plansze dydaktyczne. W wersji bardziej zaawansowanej astronom zrzeszony w AN oprowadzał grupę po obserwatorium, organizował obserwacje astronomiczne, oddziaływał dydaktycznie (pogadanka, prelekcja, wykład, prezentacja multimedialna, film) odpowiednio do zapotrzebowania, warunków pogodowych i możliwości instrumentalnych i kadrowych. Zorganizowano też cztery razy imprezy otwarte, z udziałem mediów: 1) teleskopowe obserwacje tranzytu Merkurego i plam słonecznych, 2) uroczystość „wbicia łopaty" pod bazę M.A.R.S., 3) uroczystość umieszczenia meteorytów w powstającej bazie M.A.R.S. oraz

4) uroczystość pożegnania analogowych astronautów udających się na misję. W sumie w roku 2016 odwiedziło OAKJ kilka tysięcy osób, z czego zdecydowaną większość stanowiła młodzież szkolna.

OAKJ – młodzież szkolna podczas obserwacji plam słonecznych.

Konkurs Astrofotograficzny

16 listopada w Planetarium Instytutu Fizyki AJD w Częstochowie odbył się finał V Ogólnopolskiego Konkursu Astrofotografii. Czołowe miejsca zajęli: Hubert Dróżdż, Paweł Górka i Agnieszka Kuźmicz.



Zdjęcie konkursowe przedstawiające tranzyt Merkurego z dnia 9 maja 2016. (*fot. P. Górka*)

Łowcy elfów

W dniu 27 listopada 2016 odbyła się misja stratosferyczna, mająca na celu m.in. zbadanie obecności ekstremalnie niskich częstotliwości (ELF – extremely low frequencies) w wyższych partiach atmosfery. O 9:18 kapsuła, skonstruowana przez studentów Politechniki Krakowskiej, uniosła aparaturę pomiarową na wysokość 30 339 m n.p.m.. Miejscem startu były Gliwice – posesja prywatna dyrektora lotu, Tomasza Brola, który odpowiedzialny był za bezpieczne wypuszczenie balonu, obsługę stacji naziemnej kontroli lotu i przekazywanie informacji grupie poszukiwawczej. Kapsuła wylądowała 135km od miejsca startu w okolicach Brzeska. Pomimo zaplątania się linek w spadochron i spowodowanego tym lądowania z prędkością 13 m/s, sprzętowi w kapsule nic się nie stało. Wyniki misji będą służyły do dalszych eksperymentów i poszerzania wiadomości na temat elfów. Projekt ELF organizowany był przez Politechnikę Krakowską we współpracy m.in. z AN. Równolegle do eksperymentu ELF zrealizowano dwa eksperymenty biologiczne przygotowane przez członków AN. Nad całością czuwała Agata Kołodziejczyk, która dla przeprowadzenia misji balonowej przyleciała specjalnie z ESA w Holandii. Czworo członków AN, wliczając Prezesa, wzięło udział w eksperymencie.

Agata Kołodziejczyk z check listą w gronie zaangażowanych osób (u góry) oraz graficzna prezentacja toru lotu balonu na tle mapy Polski (u dołu).

Budowa stacji M.A.R.S.

Bogdan Wszołek[1,2,3]

[1]Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
[2]Stowarzyszenie Astronomia Nova
[3]Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Malowniczo położony pagórek Krzemieniec, w paśmie gór dzielących Turzę od Rzepiennika Biskupiego, stał się pierwszego dnia lata 2016 zagadkowym dla wielu celem wycieczki. W poniedziałkowe upalne południe trzeba było tam zdążyć na Anioł Pański, poprzedzający dziwnie brzmiące wydarzenie „wbicia łopaty". Przybywający zastali wykoszony pagórek z powiewającą flagą. Zakomenderowano, że do ceremonii należy ustawić się wzdłuż wyznaczonego kręgu, okalającego flagę i w ciszy czekać na sygnał dzwonu kościelnego. Gdy oczekujący usłyszeli dźwięk dzwonu, ks. Maciej Igielski zainicjował wspólną modlitwę.

Na tle błękitu nieba łopotała na wietrze tajemnicza czerwono-zielono-granatowa flaga. Na maszcie widniała tabliczka z dużym czerwonym napisem MARS. Obok masztu stał czarny szpadel z widoczną biało czerwoną opaską przy rączce. Obok leżał czerwony kask z białym napisem CERN. Po zewnętrznej stronie kręgu były wbite kijki, podtrzymujące biało czerwoną taśmę. Gdzieś dalej czekała w milczeniu koparka.

Anioł Pański na Krzemieńcu (20.06.2016).

W czasie dzielącym błogosławieństwo od momentu górowania Słońca (12:37) nad Krzemieńcem głos zajął Bogdan Wszołek - organizator ceremonii i gospodarz miejsca. Najpierw odczytał list Agaty Kołodziejczyk, której obo-

wiązki zawodowe w Europejskiej Agencji Kosmicznej nie pozwoliły na przyjazd z Holandii dla wzięcia osobistego udziału w ceremonii. Pisała ona:

Szanowni Państwo, Przyjaciele Kosmosu!

W październiku 2015 roku na tej ziemi stanęło kilka osób - pionierów projektu bazy kosmicznej. Przez osiem miesięcy, aż do dziś, międzynarodowy zespół pasjonatów naukowców i inżynierów spotykał się i pracował nad upowszechnianiem informacji o projekcie, pozyskaniem funduszy i - co najważniejsze - zdobyciem niezbędnej wiedzy i doświadczenia. Cały nasz wysiłek intelektualny i organizacyjny wykonywany był oddolnie, wolontaryjnie, po godzinach pracy. W ten sposób doczekaliśmy chwili, kiedy z pełną odpowiedzialnością wbijamy łopatę, aby projekt bazy kosmicznej, zdawałoby się niemożliwy do realizacji w Polsce, zaistniał. Aby zaistniało laboratorium kosmiczne do symulacji misji kosmicznych i stało się jednym z najlepszych takich ośrodków na świecie. Mierzymy wysoko, co nie jest łatwe. Ale kto, jak nie Polacy powołani są do zadań trudnych? „Nie bój się - wypłyń na głębię" - te słowa Jana Pawła II wspierają nas w chwilach krytycznych.

Dlaczego zdecydowaliśmy się poświęcić tak bardzo ryzykownemu projektowi bazy kosmicznej? Dlaczego nie wykorzystaliśmy naszych talentów, wielu lat kształcenia i ciężkiej pracy do otwarcia fabryki, albo szkoły? Odpowiadając na to pytanie należy spojrzeć głębiej na działalność związaną z podbojem kosmosu, która materializuje się od lat pięćdziesiątych. Technologie kosmiczne służą nie tylko skomplikowanym misjom pozaziemskim. Są one głównym motorem poprawy dobrobytu na Ziemi oraz rozwoju świadomości o globalnym zdrowiu naszej planety. Działalność w sektorze kosmicznym wymaga międzynarodowej wymiany myśli, połączenia wszystkich krajów jedną polityką i nieustannym pielęgnowaniem globalnego pokoju. To dzięki technologiom kosmicznym świadomi jesteśmy jak zmienia się klimat, korzystamy na co dzień z nawigacji w telefonach komórkowych; nosimy polary i buty sportowe czy też korzystamy z telerobotycznych operacji w szpitalach, kiedy chirurg nie jest w stanie być obecny na miejscu i operuje z centrum konferencyjnego poza krajem. Kosmos inspiruje również do rozwoju zamkniętych ekosystemów, tak zwanych samowystarczalnych domów. Poprzez pełny recycling wody, powietrza, żywności i odpadów taki system jest w stanie znacząco zmniejszyć eksploatację surowców naturalnych czy nadprodukcji śmieci. Pozwoli on nie tylko zmniejszyć koszty życia, ale przede wszystkim pozwoli głębiej zrozumieć jak działa natura i poczuć jak bardzo jesteśmy dla niej ważni w obiegu materii. Samowystarczalne habitaty mają w przyszłości zapewnić rozwój populacji ludzkich na pustyniach czy oceanach naszej planety redukując problemy przeludnienia.

Baza, która w niedługim czasie tu powstanie, będzie rozwijała technologie biomedyczne, biotechnologiczne i telekomunikacyjne. Należy podkreślić, że przez to laboratorium kosmiczne Polska dołączy do nielicznego i elitarnego grona krajów, które posiadają habitaty. W ten sposób nasz kraj usytuuje się w czołówce badań dotyczących eksploracji i kolonizacji kosmosu. Osoby, które zechcą przybyć do bazy i osobiście wypróbować życie w habitacie, z pewnością znajdą inspiracje dla urządzenia własnych domów i być może bardziej docenią życie na naszej planecie. Organizowane będą pokazy, szkolenia oraz warsztaty dla młodzieży i firm. Miejsce będzie w szczególności udostępnione naukowcom i inżynierom do realizacji prac naukowych na najwyższym światowym poziomie.

Serdecznie dziękuję w imieniu całego zespołu za Waszą obecność tutaj w tak doniosłej chwili. Jest ona dla nas ogromnym wsparciem. Mamy nadzieję, że to, co zaczynamy materializować dzisiaj, przyniesie owoce dla każdego z nas w niedługim czasie. Już 15 sierpnia tego roku ruszamy z pierwszą symulowaną misją księżycową, gdzie sześcioro wybranych astronautów analogowych stanie przed wyzwaniem przetrwania warunków izolacji przez siedem dni. Kolejne osoby zaangażowane będą w pomoc astronautom w stacji kontroli misji, która będzie znajdowała się na terenie Kosmicznego Centrum Technologicznego Europejskiej Agencji Kosmicznej. W ten sposób odbędzie się pierwsza tego typu analogiczna misja kosmiczna na świecie.

Zapraszamy do współpracy ludzi z pasją. To, co nas wyróżnia na tle innych tego typu przedsięwzięć, to właśnie pasja - siła nieograniczona, jak kosmos!

Pozdrawiam z kosmiczną mocą i do dzieła!

Agata Kołodziejczyk, koordynator projektu M.A.R.S.

25 październik 2015 – podjęcie decyzji o budowie M.A.R.S. na Krzemieńcu.

Następnie gospodarz ceremonii dodał od siebie:

Ważne zdarzenia zwykły wyprzedzać wyobrażenia ogółu i na starcie trafiają do świadomości nielicznych. Nie dziwimy się więc, że jest nas tu dzisiaj na Krzemieńcu mało. Na tym krzemowym pagórku, który doczekał czasu, że staje się odskocznią ku niebu! Serdecznie dziękuję, że tu jesteście! Że wasze linie życia przecięły się dziś w tym szczególnym miejscu i kosmicznie wyróżnionym czasie – przy pełni Księżyca i przy Słońcu znajdującym się w swoim najwyższym możliwym w ciągu roku położeniu. Dziękuję przede wszystkim sprawdzonym oraz zadeklarowanym miłośnikom idei stworzenia tu kosmicznego laboratorium, które, dla niepoznaki, nazwaliśmy M.A.R.S. Dla niepoznaki, bo w tym przypadku M.A.R.S. nie oznacza planety tylko mobilną analogową stację badawczą. Dziękuję wszystkim, którzy tu jesteście ze szlachetnym zamiarem przyłożenia ręki do dzieła, które ma odmienić bieg czasu i wytyczyć zdecydowany kurs w stronę nieba!

Pozwólcie, że w kontekście tego co tu ma się dziać w najbliższym czasie przywołam trzy cytaty:

Za Dawidem Ben Gurionem, który m.in. pokazał swemu narodowi i światu, że pustynię da się odpowiednim wysiłkiem zamienić w tętniącą życiem krainę: (powiedział) „Kto nie wierzy w cuda, nie jest realistą”,

Za Johnem Fitzgeraldem Kennedym: „Zdecydowaliśmy się w ciągu nadchodzących dziesięciu lat polecieć na Księżyc i dokonać innych rzeczy nie dlatego, że są łatwe, ale właśnie dlatego, że są trudne, a przez to zmuszą nas do lepszej organizacji i wykorzystania wszystkich naszych umiejętności (…).

Za naszym bohaterem z czasu II wojny światowej, majorem Henrykiem Dobrzańskim o pseudonimie HUBAL, synem tej ziemi, bo rodem z pobliskiego Jasła. Zapytany, dlaczego stawia opór najeźdźcy w sytuacji tak beznadziejnej, odrzekł: Polsce trzeba przykładu, potrzeba wręcz DEMONSTRACJI!

Byśmy w tym, co tu zrobimy, byli dobrym przykładem do naśladowania przez innych; w Polsce, Europie i Świecie!

Gospodarz ceremonii podczas przemówienia na Krzemieńcu.

Po dalszych krótkich przemówieniach gości, gospodarz objaśnił jak będzie przebiegać wbijanie łopaty. Włączając utwór muzyczny Conquest of Paradise (Vangelis) wziął o 12:37 szpadel i, wypowiadając „W imię Boże zaczynajmy!”, pierwszy wbił go w Krzemieniec. Za jego przykładem zrobili to inni.

Po zakończeniu pokazowych przygód z łopatą, do dzieła przystąpił Łukasz Małopolski – operator koparki. Krzemieniec drgnął w posadach i rozpoczęła się budowa marsjanum!

Poniedziałek 20.06.2016 godz. 13:00 – rozpoczęcie budowy marsjanum w Turzy.

Zamysł budowy przy OAKJ laboratorium kosmicznego pojawił się latem 2015, zaraz po otwarciu obserwatorium, które z założenia miało być nie tylko miejscem dla uprawiania i upowszechniania czystej astronomii, ale też astronautyki i technologii ją wspomagających. Agata Kołodziejczyk, córka budowniczych OAKJ, mając za sobą już wstępne rozeznanie poziomu kultury kosmicznej w Polsce, zasugerowała budowę laboratorium w formie habitatu marsjańskiego. Przy rodzinnej akceptacji pomysłu i wstępnej propozycji lokalizacji laboratorium (nazwanego roboczo marsjanum) Agata podjęła niezwłocznie działania koncepcyjne. Mając wcześniejsze doświadczenie w pracy zespołowej na okoliczność balonowych eksperymentów stratosferycznych uznała, że pomysł budowy marsjanum rozpowszechni wśród zaprzyjaźnionych osób, które mniej lub bardziej są zorientowane kosmicznie w swoich młodzieńczych pasjach. Tym sposobem problem marsjanum zaczął zaprzątać umysły kilkudziesięciu młodych osób, rozrzuconych po Polsce i Europie, reprezentujących bardzo różne dziedziny i poziomy wtajemniczenia. Budowie miała więc towarzyszyć wysokich lotów dydaktyka i interdyscyplinarność. Jak się miało potem okazać, takie podejście miało zarówno pozytywne, jak i negatywne konsekwencje.

Z początku noszono się zamiarem finansowania marsjanum z własnych środków, podobnie jak to było i jest w przypadku budowy obserwatorium. Realizacja przedsięwzięcia miałaby więc rozciągnąć się na wiele lat. Że młodzi ludzie są niecierpliwi, taka długotrwała zabawa nie była dla nich atrakcyj-

na. Podjęli działania w stronę pozyskania środków w ramach akcji społecznościowej „Polak potrafi”. Na prędce projektowano i wizualizowano marsjanum na potrzeby medialne. Prasa, telewizja i portale internetowe niosły w świat informację, że Polacy chcą realnie zaistnieć w kosmosie poprzez budowę analogowych habitatów/laboratoriów. Wokół sprawy zrobił się głośny szum. Wiele osób z różnych pobudek zaczęło się interesować projektem. Jeszcze w listopadzie 2015 projekt zyskał oficjalną nazwę M.A.R.S. (Modular Analog Research Station). Stworzono jego stronę internetową (marshub.org), pozyskano w społeczeństwie wielu zwolenników, ale i przeciwników pomysłu. Coraz bardziej M.A.R.S. stawał się też bytem czysto wirtualnym i nie wiadomo gdzie i jak zakotwiczonym. Dziesiątkom ludzi rozrzuconym po świecie zaczęło się wkrótce wydawać, że to oni są jego autorami, bo np. zainwestowali swój intelekt w opracowanie logo czy w koncepcję wyglądu strony internetowej. Niektórym przestało zależeć na faktycznej budowie marsjanum. Zaczęli myśleć jak spieniężyć najlepiej samą ideę. Już akcja zbiórki pieniędzy w ramach „Polak potrafi” była obarczona sprzecznością autentycznych interesów poszczególnych osób ją nakręcających. Nastąpiło rozdwojenie interesów: pomysłodawcy budowy marsjanum chcieli z początkiem wiosny rozpocząć budowę, choćby wyłącznie za własne pieniądze, z drugiej strony, bliżej nie zidentyfikowana społeczność odwlekała sprawy rozpoczęcia budowy w nieskończoność, intensyfikując swoje działania w stronę pozyskania pieniędzy, nie koniecznie na budowę. W chwili, gdy zniecierpliwienie właścicieli OAKJ sięgnęło zenitu i byli bliscy kategorycznego odcięcia się od tego całego „bicia piany” wokół ich pomysłu oraz chcieli rozpoczynać wreszcie prace budowlane, pojawił się bogaty człowiek, który zadeklarował daleko idącą pomoc finansową dla realizacji projektu laboratorium kosmicznego. Nawiasem mówiąc, sama akcja „Polak Potrafi” zakończyłaby się fiaskiem, gdyby ten człowiek w ostatnim momencie nie wpłacił odpowiednio wysokiej brakującej kwoty.

Z trzymiesięcznym opóźnieniem, za to z pomocą finansową, przystąpiono do właściwej budowy 20 czerwca. Jej trud wziął na siebie piszący te słowa. Już pod koniec zimy wykarczował ogromne zalesione połacie działki. Teraz trzeba było odpowiednio ukształtować górę, co okazało się dodatkowo trudne, ze względu na skalną strukturę Krzemieńca. Po ścięciu dużego fragmentu góry uzyskano odpowiednio duży płaski teren, na którym można było rozpocząć budowę centralnego koloseum i porozmieszczać zakupione kontenery – elementy składowe bazy.

Projekt budowlany dojrzewał równolegle do samej budowy. Na potrzeby medialnego „bicia piany” sporządzono ładnie wyglądające wizje ogólne marsjanum. Nie przedstawiały one jednak realnej wartości na placu budowy. Budowniczy i właściciel terenu miał swoją wizję bazy i ją realizował. Architekt musiał odstąpić od swoich wcześniejszych planów i na bieżąco nadążać z projektem za rzeczami dziejącymi się w naturze. W tym celu część swoich wakacji spędził na budowie, nabywając przy okazji wielu sprawności,

a przede wszystkim zdrowego poczucia realiów budowlanych. Oprócz architekta odwiedzali budowę i inni wolontariusze. Wszystkim się zdawało, że pomagają, a w gruncie rzeczy swoją obecnością wprowadzali na budowie dysharmonię i spowalniali ją. Mieli możliwość przekonania się, że w sprawach zasadniczych jeszcze się do niczego nie nadają, a gospodarz nauczył się nowej modlitwy „Panie Boże uchowaj mnie od przypadkowych pomocników!”.

Na pierwszym etapie budowy wykonano konieczne prace ziemne, wylano fundament pod centralne koloseum, wykonano izolowaną termicznie od podłoża wylewkę, zbudowano koloseum z sześcioma symetrycznie rozłożonymi otworami w stronę kontenerów, sprowadzono kontenery i kopułę, zainstalowano kopułę na koloseum, wkopano zbiornik „szambo”, doprowadzono kablem ziemnym elektryczność, wykonano instalację elektryczną w marsjanum, doprowadzono wodę z odległej o 70 metrów studni, wkopano 700 metrów przewodów światłowodowych łączących w sieć marsjanum i pozostałe obiekty obserwatorium, w jednym z kontenerów urządzono sypialnię dla sześciu osób (astronautów analogowych), wykonano monitoring wewnętrzny i zewnętrzny, wykonano zewnętrzną elewację termoizolacyjną, otynkowano wnętrze koloseum, wykonano konieczne prace blacharskie i szereg pomniejszych czynności. Zamieszczona poniżej galeria fotografii przybliży czytelnikowi ten pierwszy etap „wojny z Marsem”.

Geodezyjne wspomaganie prac niwelacyjnych. Przy listwie Agnieszka Kuźmicz.

Prace ziemne: Na koparce Łukasz Małopolski, przy motyce autor.

Fundament. W działaniu Artur Kuźmicz, Piotr Beściak i autor.

Trudne operacje transportu i rozładunku kontenerów.

Początki budowy koloseum. W akcji Artur Kuźmicz i autor.

Artur Kuźmicz z synami w trakcie budowy koloseum.

Prace przy wylewce. Działają Artur Kuźmicz i autor.

Mury pną się do góry. Murarz – Artur Kuźmicz.

Skomplikowana operacja transportu, rozładunku i instalacji szamba.

Agata Kołodziejczyk przy montażu kopuły.

Operacja montażu i instalacji kopuły. Stałej załodze Kuźmicz-Wszołek asystuje tu ekipa pod przewodem Agaty Kołodziejczyk: Mateusz Harasymczuk, Leszek Orzechowski oraz Jędrzej Górski.

Agata Kołodziejczyk (z kombinezonami kosmicznymi na ramieniu) wydaje dyspozycje Leszkowi Orzechowskiemu i Jędrzejowi Górskiemu, którzy sprawdzają się w drobnych pracach ślusarskich przy polowym prowizorycznym warsztacie.

Pierwotnie zamierzano ukończyć budowę przed 15 sierpnia 2016, kiedy miała wystartować pierwsza próbna misja. Ze względu na różne perturbacje na poziomie koordynacji działań, prace budowlane postępowały wolniej niż oczekiwano. W dodatku dokuczliwe upały osłabiały budujących, a opady deszczu i stromizny terenu, połączone z brakiem utwardzonej drogi na plac budowy, skutecznie hamowały działania transportowe. 10 sierpnia zdecydowano, że misja odbędzie się w istniejących budynkach (kopułach) obserwatorium. Wszelkie siły skoncentrowano najpierw na adaptacji pomieszczeń, a potem na obsłudze misji. Proces budowy marsjanum wznowiono dopiero we wrześniu i kontynuowano go właściwie do ostatnich dni jesieni. Słotna jesień dawała się mocno we znaki budującym, a od 1 października na placu boju pozostał sam Artur Kuźmicz, wobec podjęcia przez autora obowiązków akademickich. Mimo trudności, stan surowy budowy bazy zakończono przed Bożym Narodzeniem 2016.

Kosmiczne lato u Królowej Jadwigi

Bogdan Wszołek[1,2,3]

[1]Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
[2]Stowarzyszenie Astronomia Nova
[3]Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Tegoroczne lato w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi (OAKJ) w Rzepienniku Biskupim było nadzwyczaj pracowite i zaowocowało wyjątkowymi zdarzeniami. Ich siłą napędową była zaplanowana kilka miesięcy wcześniej analogowa misja księżycowa, która miała się rozpocząć 15 sierpnia. Poczynając od 20 czerwca, należało zbudować od podstaw habitat/laboratorium, przygotować merytorycznie i prawnie samą misję, dokonać prawidłowej selekcji osób do wykonania misji oraz je odpowiednio przeszkolić. Zadanie obliczone na okres co najmniej dwóch lat, zdecydowano się wykonać w czasie 10-krotnie krótszym.

Baza M.A.R.S.

Wstępny zamysł zbudowania laboratorium kosmicznego w OAKJ został wypracowany wspólnie przez Agatę Kołodziejczyk i autora jeszcze latem 2015. Szczegółowiej dopracowany plan przedstawiono na forum III Konferencji Naukowo-Technologicznej „Meet The Space" (Kraków, 28-29 listopada 2015). Zgodnie z nim do 15 sierpnia 2016 ma stanąć przy OAKJ baza M.A.R.S. (Mobile Analog Research Station/mobilna analogowa stacja badawcza), zdolna przyjąć pierwszych astronautów/badaczy, realizujących tzw. misję księżycową. Tylko dwoje ludzi miało wtedy wiarę w możliwość dokonania tak wielkiego przedsięwzięcia i w tak krótkim czasie; Agata Kołodziejczyk i jej ojciec.

Dr Agata Kołodziejczyk z ojcem - w geście jednomyślnego przystąpienia do działania.

Córka brała na siebie koordynację działań projektowo-budowlanych, poszukiwanie koniecznych środków finansowych oraz przygotowanie misji. Zadaniem ojca było przygotować działkę (w tym dokonać rozległego karczowania drzew) zbudować na niej bazę i wyposażyć ją w konieczne media. Oboje byli przekonani, że z pomocą Królowej Jadwigi, uda się zrealizować plan. Termin 15 sierpnia traktowali, jako bezwzględnie obowiązujący.

Historię budowy marsjanum, a także niektóre okoliczności ją spowalniające, opisano w artykule na stronie 71 tego kalendarza. Tu wystarczy nadmienić, że równolegle do prac budowlanych, pierwotna koncepcja marsjanum była wzbogacana o wiele nowych i kosztownych elementów. W rezultacie, powstała stacja o wiele doskonalsza niż planowano pierwotnie.

Przygotowanie misji

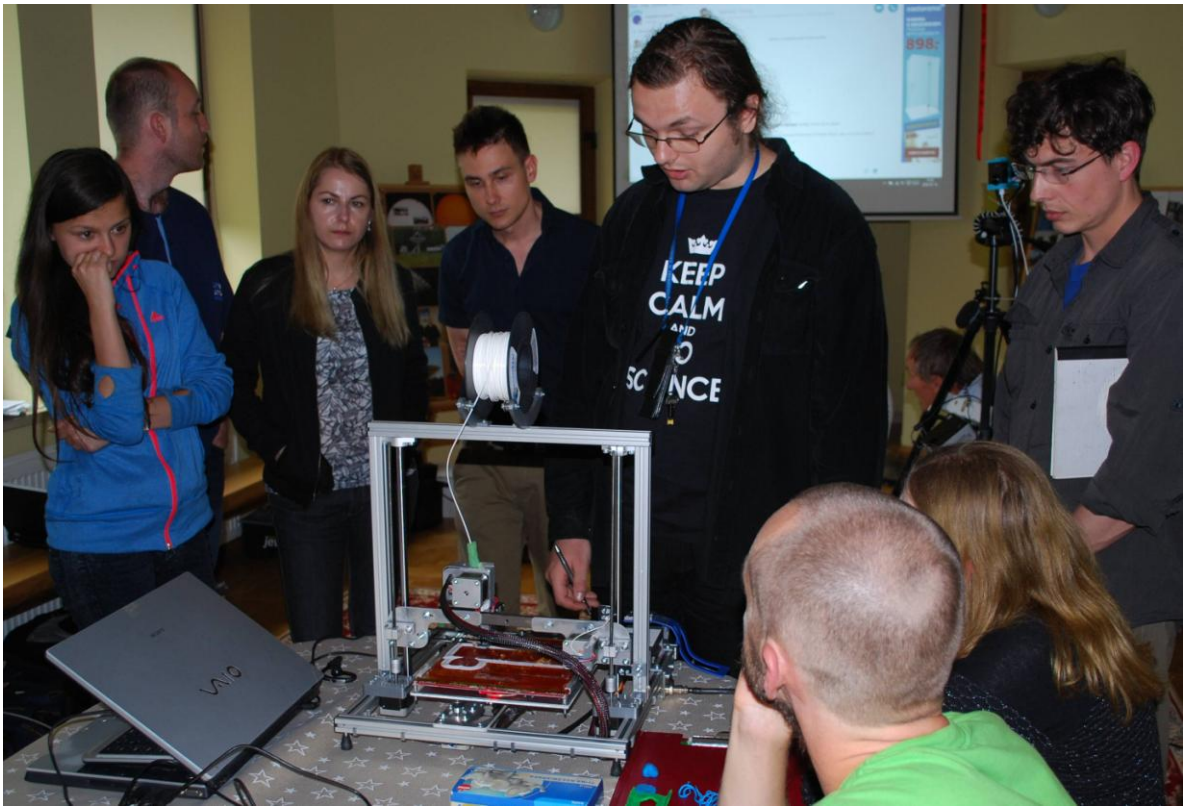
Agata Kołodziejczyk prezentuje realizowaną w OAKJ wersję marsjanum.

Zwieńczeniem I etapu działań przygotowujących misję był specjalny workshop, zorganizowany przez Agatę Kołodziejczyk w OAKJ w dniach 16-18 lipca 2016. Kilkadziesiąt młodych osób, z kilku krajów i reprezentujących najróżniejsze instytucje naukowe i biznesowe, zjechało z niedowierzaniem do Rzepiennika by się przekonać czy misja faktycznie jest do przeprowadzenia w przewidzianym terminie i miejscu. Bogaty program imprezy obejmował

wykłady, warsztaty, szkolenie astronautów analogowych i różnorakie dyskusje robocze.

Wykładowcy i przykłady ćwiczeń pierwszej pomocy.

Luźne dyskusje w przerwie między wykładami w międzynarodowym gronie.



Michał Gocyła z AN objaśnia działanie i sposób obsługi drukarki 3D.

Dla osób mających brać czynny udział w misji zorganizowano specjalistyczny kurs udzielania pierwszej pomocy. Astronautów zapoznano z niektórymi zadaniami do wykonania podczas misji i udzielono im odpowiednich instrukcji. Uprzedzono, że podczas misji mogą się zdarzyć sytuacje nieprzewidziane i oczekuje się od astronautów, że będą umieli sobie w takich sytuacjach radzić. Jednym z zadań miała być np. hodowla specjalnego gatunku karaluchów, które w warunkach kolonizacji Księżyca czy Marsa są rozważane, jako pokarm dla astronautów. Uczestnicy workshopu mieli okazję po-

kosztować specjalnych „kosmicznych” słodyczy. Omówiono również szczegóły dotyczące uprawy roślin w warunkach mikrograwitacji.

Kolonia karaluchów amerykańskich.

Specyfikę urządzenia pozwalającego imitować mikrograwitację objaśnili jego wytwórcy z AGH Space Systems. Astronautów przećwiczono również w zakresie zdalnego sterowania robotycznym łazikiem, którego na potrzebę misji użyczyli jego twórcy z Politechniki Częstochowskiej. Ogrom rzeczy do nauczenia i perspektywa ciężkiej pracy w warunkach o wiele bardziej spartańskich, niż sobie kandydaci na astronautów analogowych mogli wcześniej wyobrazić, spowodowały całkiem poważne nastroje wśród wcześniej psychologicznie wyselekcjonowanych śmiałków. Niektórzy nawet zrezygnowali z udziału w misji, ku radości mniej delikatnych rezerwowych.

Sam workshop przebiegał w warunkach też znacznie trudniejszych, niż typowe imprezy naukowe. Wyjątkowo odludne miejsce, i choć przyrodniczo malownicze, to podczas workshopu mniej atrakcyjne z tytułu paskudnej deszczowej pogody. Kilkadziesiąt osób, bez butów na nogach, przebywało ciągle pod dachem. Gospodarze serwowali wprawdzie napoje, słodycze i jakieś drobne posiłki, jednak wielu osobom marzyły się wystawne obiady. Słowem, sam workshop stał się swego rodzaju przedsmakiem mającej wnet rozpocząć się misji.

Właściwie jedyną atrakcją workshopu było uroczyste osadzenie kapsuły z meteorytami w centralnym miejscu marsjanum – odpowiednikiem „kamienia węgielnego”. Rzecz odbyła się 17 lipca w samo południe i w strugach ulewnego deszczu. Oprócz uczestników workshopu przybyli na uroczystość również zaproszeni goście, przedstawiciele władz lokalnych oraz dziennikarze. W szczególności przyjechał z Krakowa Jaromir Król, który podarował dla marsjanum wspomniane meteoryty. Prowadzący uroczystość, po krótkim przemówieniu, podkreślającym doniosłość wydarzenia, zarządził, że wstęp do budującego się koloseum, gdzie ma być złożona kapsuła, mają tylko ci, którzy zdejmą buty. W tej sytuacji wielu zrezygnowało, ale inni pozdejmowali buty,

a nawet wzorem gospodarza odłożyli parasole i deszczowce i już bez osłon przed ulewą skupili uwagę na ceremonii.

Autor w roli gospodarza ceremonii.

Wewnątrz koloseum w oczekiwaniu na meteoryty.

Jaromir Król, na bosaka i w ulewnym deszczu, przekazuje Agacie Kołodziejczyk meteoryty dla marsjanum i umieszcza je w kapsule.

Ustawieni wzdłuż okręgu koloseum podają sobie z rąk do rąk kapsułę i oglądają meteoryty.

W kulminacyjnym momencie ceremonii, Paweł Kołodziejczyk odegrał na trąbce utwór „What a Wonderful World" Louisa Armstronga. Meteoryty mające trafić pod posadzkę w koloseum zostały tymczasowo zawieszone u podstawy masztu z niewidoczną tu flagą czerwono-zielono-granatową (marsjańską).

Medialnie wydarzenie obsłużyła Katarzyna Roman. Reportaż został zamieszczony m.in. na stronie: http://pogorze24.pl/ruszyla-budowa-bazy-kosmicznej-w-turzy/78792/ . Zamieszczono w nim następujące wypowiedzi:
(Bogdan Wszołek) .... Weszliśmy do tego kręgu, do tego koloseum, boso. Ze względu na to, że w pamięci wielu uczestników ceremonii powinien być ten moment, kiedy pierwszy człowiek mający się udać w kosmos, Jurij Gagarin, wyróżnił się spośród innych kandydatów tym, że wchodząc próbnie do tego statku, którym ma ktoś polecieć, w odróżnieniu od innych, on przed wejściem zdjął buty. I mówią, że ten drobiazg .... ujął za serce komisję, która się temu wszystkiemu przyglądała, i on poleciał, jako pierwszy i wrócił szczęśliwie. Więc ten gest zdjęcia butów jest głęboki, a w szczególności należy go szanować wszędzie tam, gdzie mowa o podboju kosmosu, ze względu na tego pierwszego człowieka, któremu udało się tego kosmosu doświadczyć.
(Agata Kołodziejczyk) Już w sierpniu ruszy pierwsza testowa misja księżycowa, gdzie sześcioro astronautów analogowych będzie brało udział w różnych operacjach, sterowanych z Europejskiej Agencji Kosmicznej. I będą to różne zadania, zarówno na zewnątrz habitatu, z użyciem łazika, który będzie pobierał skały i badał spektrometrycznie ich skład, oraz wewnątrz, gdzie będą astronauci opiekować się bioreaktorami, uprawami hydroponicznymi, oraz testami mikrograwitacyjnymi. Całą akcję naboru astronautów rozpoczęliśmy w marcu 2016. Mamy teraz 2 dniowe warsztaty, właśnie astronauci kończą te warsztaty, gdzie uczą się podstaw tych wszystkich zadań, które mają wykonać w czasie misji ... No a przy okazji testujemy

jak sobie radzą, przy okazji się integrują, my wszyscy obserwujemy ich, czy rzeczywiście oni będą w stanie ze sobą żyć i zrealizować cele misji. .... Obecnie takich habitatów na świecie jest bardzo niewiele, dosłownie kilkanaście, budowanych jest jedenaście kolejnych, znowu jest to bardzo niewielka ilość, i to właśnie dlatego, że koszty są ogromne. Są to wyspecjalizowane laboratoria, które wymagają sprzętu, którego nie da się kupić w sklepie, który trzeba zaprojektować od początku do końca, i jeszcze, żeby działał. Należy też wyszkolić kadrę, która będzie umiała używać tego sprzętu. Np. drukarka 3D do biodruku; takich drukarek nie kupimy, musimy kupić normalną drukarkę 3D i dostosować ją do biodruku. Żeby mieć bioink, czyli tzw. medium, którym się drukuje, musimy mieć hodowle komórkowe, też specjalne, te komórki muszą być odporne na wysokie temperatury.....
(Dorota Budzyń – dowódca misji) .... Jest też takie poczucie odpowiedzialności; bo kandydatów trochę było, jak się zostało wybranym to trzeba dać radę, i w zespole trzeba jakoś reprezentować cały projekt, ale zespół jest bardzo mocny, i to nie tylko zespół astronautów, ale też całe wsparcie, kontrola misji. Myślę, że będzie bardzo dobrze i że misja będzie udana.

Podczas jednego z wykładów.

Kiedy uczestnicy workshopu się rozjechali, nastąpił okres wyjątkowo intensywnej pracy przygotowującej misję, Agata Kołodziejczyk, kosztem urlopu w ESA, działała bardziej niż na pełnych obrotach, w dodatku w warunkach maksymalnego stresu. Wiele osób deklarujących wcześniej pomoc nie zgłosiło się, a inne nie spełniły oczekiwań, co do efektywności i fachowości działań. W sumie tzw. pomocnicy więcej zaszkodzili niż pomogli. To była bardzo bolesna lekcja dla budowniczych marsjanum i organizatorów misji.

Uczestnicy workshopu na placu budowy marsjanum.

Trzeba było wszystko przygotować osobiście i jeszcze doglądać pałętających się wolontariuszy/obserwatorów. Przy nawale prac i doskwierająco krótkim czasie na ostateczne przygotowanie misji, wystąpiła jeszcze jedna nieoczekiwana okoliczność, drastycznie zwiększająca ilość pracy do wykonania przed misją. Rażąca opieszałość i niekompetencja niektórych zadeklarowanych wcześniej pomocników, a może nawet ich intencja zablokowania misji, doprowadziły ostatecznie do tego, że trzeba było misję organizować nie w powstającym habitacie, ale w pomieszczeniach OAKJ, które wymagały odpowiedniego przystosowania i uzupełnienia o duży namiot. Przy pogodzie w kratkę trzeba było gdzieś wywozić jedne rzeczy, inne skądś przywozić. W szczególności, przygotowane wcześniej w kontenerach marsjanum meble, gaśnice, artykuły żywnościowe i sanitarne należało pośpiesznie przetransportować do kopuł obserwatorium i tam od nowa je rozłożyć zgodnie z ustalonym porządkiem na potrzeby misji. Jednocześnie urządzano serwerownię, monitoring i łączność internetową ze światem. 14 sierpnia wieczorem, po nadludzkim wysiłku organizatorów, misja była przygotowana. Ustalono, że potrwa tydzień. Agata Kołodziejczyk musiała wracać do ESA-ESTEC w Holandii. Na miejscu pozostali gospodarze. Następnego dnia miała się rozpocząć misja. Było wiadomo, że lekko nie będzie. Podczas workshopu i zaraz po nim okazywało się, że wokół sprawy budowy habitatu i organizacji misji kręcą się ludzie, pozorni sojusznicy, którzy najwyraźniej nie mają czystych intencji, a nawet z jakichś powodów zależało im na zablokowaniu misji. To byli młodzi ludzie i pracowali dla bliżej nieokreślonych środowisk. Było to pokłosie zbytniego rozgłosu medialnego. W wyniku działań dywersyjnych dwoje astronautów zrezygnowało z udziału w misji. Na ich miejsce weszły wprawdzie osoby rezerwowe, ale wyczuwało się, że nawet u członków ostatecznej załogi nastroje były zewnętrznie manipulowane. Oprócz kontroli misji prowadzonej z ESTEC, przez Agatę Kołodziejczyk i jej zaufanych współpracowników, przewidziano ćwiczebną kontrolę lokalną. Kilkoro młodych ludzi miało kontrolować misję z prywatnego domku Agaty w Rzepienniku Strzyżewskim.

Zadaniem gospodarza i współorganizatora misji było czuwać nad całością, a przede wszystkim nad bezpieczeństwem astronautów przebywających na terenie obserwatorium. Nie znał ani astronautów, ani ludzi od kontroli misji. Nie miał pewności, że nie ma wśród nich dywersantów.

Agata Kołodziejczyk u kresu wyczerpania.
Kurier dostarczył kombinezony, trzeba je jeszcze dziś uzbroić w naszywki.

Misja

Według pierwotnych planów astronauci i kontrolerzy misji mieli się pojawić w obserwatorium w poniedziałek 15 sierpnia w południe. Z inicjatywy gospodarza zmieniono rozkład dnia i zwołano wszystkich na sumę dożynkową w kościele parafialnym w Rzepienniku Biskupim. Z władzami lokalnymi ustalono, że po sumie, podczas gminnych uroczystości dożynkowych, odbędzie się oficjalna prezentacja zespołu astronautów przed publicznością. Potem astronauci i kontrolerzy przemieścili się do obserwatorium, gdzie najpierw uczestniczyli w dorocznym zjeździe rodzinnym Wszołków, a dopiero późnym wieczorem, podczas górowania Księżyca, i żegnani przez kilkadziesiąt wcześniej zapoznanych osób, „odlecieli na Księżyc". Zabrali z sobą łazik, mapę Księżyca, Kalendarz Astronomiczny i czarnego kota o imieniu Aster. Ten siódmy „astronauta" nie był oficjalnie przewidziany. Miał stanowić jeden z elementów zaskoczenia dla astronautów.

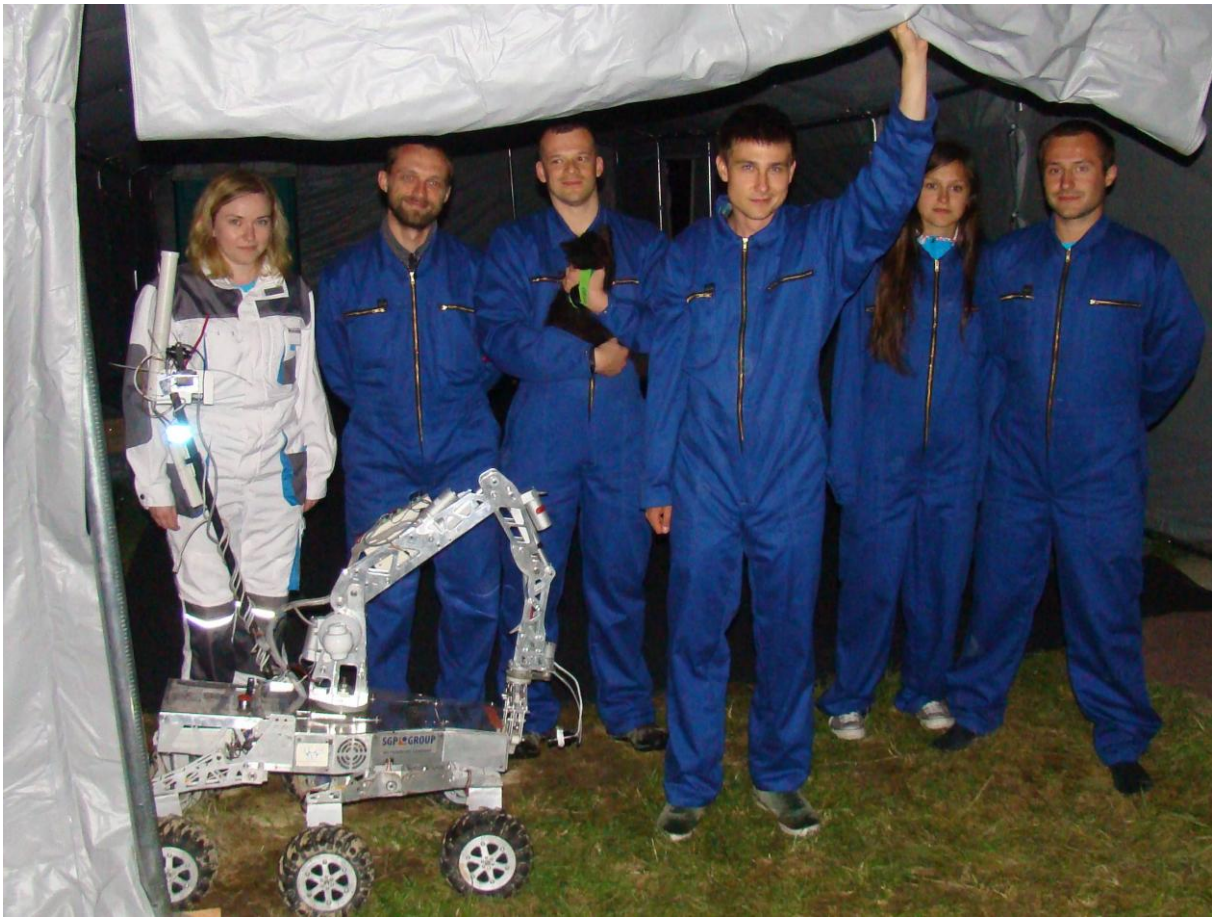
Po nabożeństwie dożynkowym na schodach kościelnych.

Oficjalna odsłona misji na forum dożynek gminnych.

Pojazd księżycowy przed „odlotem” cieszył się wielkim zainteresowaniem
na zjeździe rodzinnym Wszołków, zwłaszcza u najmłodszych,
z którymi ganiał po terenie obserwatorium.

Przy górującym Księżycu pod radioteleskopem. Za pięć minut „odlot”.
Astronauci z lewej, kontrola misji z prawej.

Żegnający astronautów przed „odlotem”. Nastrój słusznie poważny. Za chwilę flaga zostanie przymocowana do habitatu i przez cały tydzień będzie znaczyć miejsce odbywania się misji.

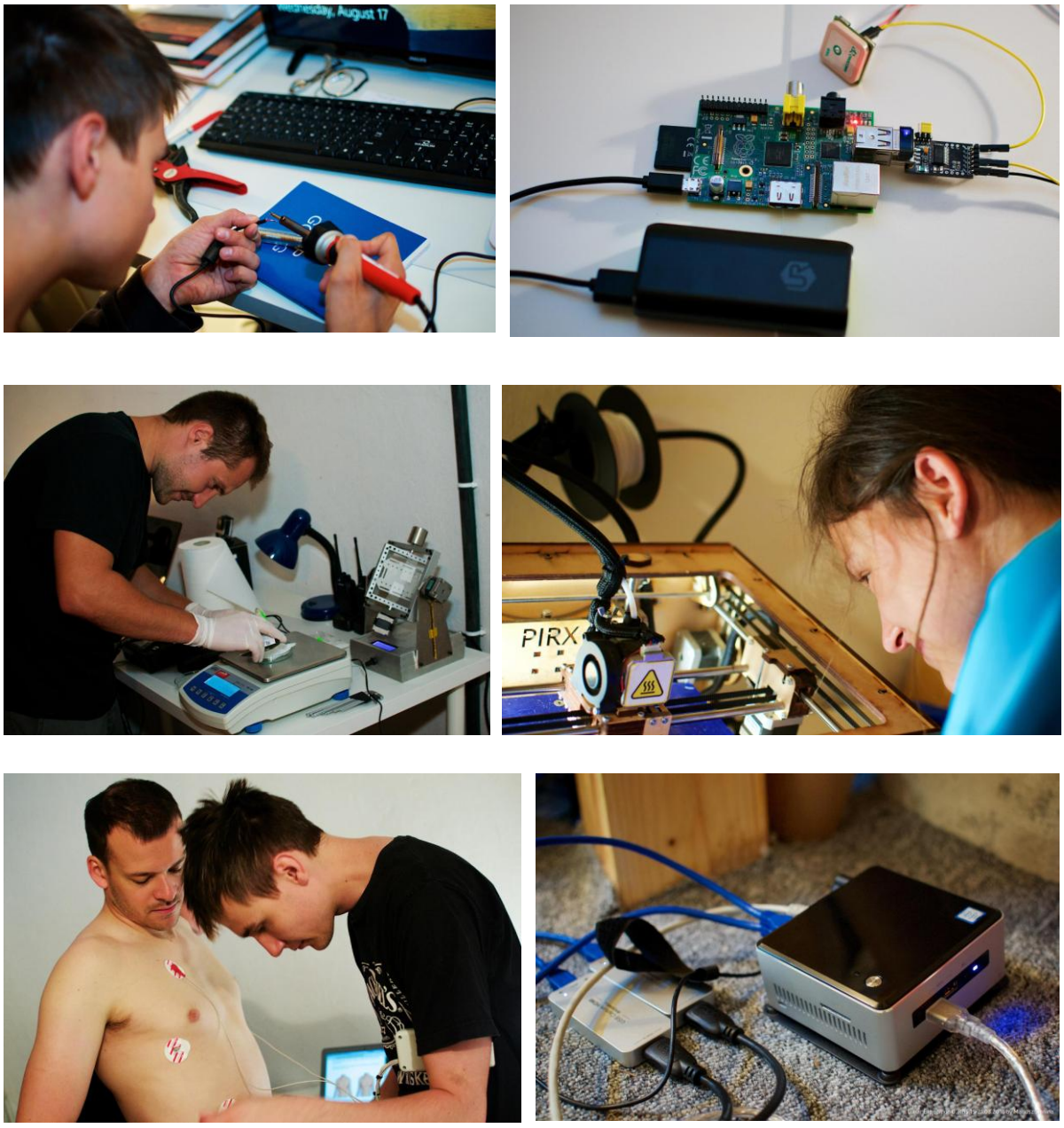


Odliczanie ostatnich sekund do „odlotu”. Do zobaczenia za tydzień!

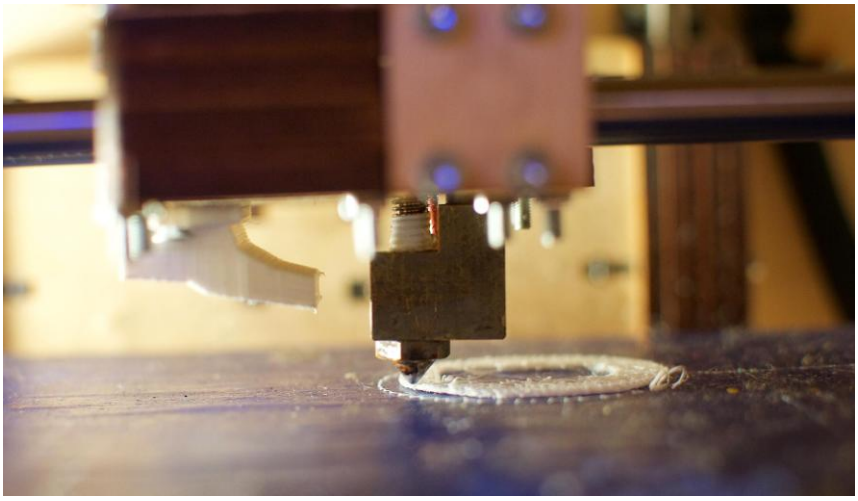
W habitacie na astronautów czekała aparatura badawcza, odczynniki chemiczne, toaleta typu Toi Toi, butelki z wodą, żywność, komputery i czynne

kamery, które przez cały czas trwania misji miały za zadanie monitorować wszelkie działania.

W pierwszym i drugim dniu misji doszło do niepokojących zdarzeń. Pod pretekstem wydumanej konieczności członkowie kontroli misji wraz z osobami trzecimi wchodzili do habitatu i przebywali tam długi czas. Stało to w jawnej sprzeczności z ideą misji. Dopiero próba kategorycznego przywołania do porządku niesfornych członków kontroli misji, zakończona w końcu ich dyscyplinarnym odwołaniem, przyniosła pożądany skutek i od środy misja przyjęła właściwy sobie charakter.



Podgląd działań w czasie misji.



Zarówno w dzień jak i w noc praca wre. Zadań dużo, czasu mało.

Gwiazdy na swoim miejscu, robot sprawny, roślinki kiełkują.

Pobieranie próbek skalnych podczas wyjścia na zewnątrz habitatu
oraz manifestacja radości i sprawności astronautów na wybiegu.

Zabawy księżycowe.

Na sygnał Agaty Kołodziejczyk z Holandii misja została zakończona w ustalonym terminie, tj. w niedzielne przedpołudnie 21 sierpnia. Na miejscu „lądowania”, astronautów przywitali gospodarze obserwatorium. Po krótkiej odprawie, połączonej z pamiątkowym wpisaniem się astronautów na mapie Księżyca, nastąpił poczęstunek. Na koniec jeszcze zrobiono sesję zdjęciową i astronauci odjechali.

Każdy z astronautów po ukończeniu misji zostawił swój ślad na Księżycu.

Astronauci, gospodarze i konstruktorzy łazika na tle RT-9 w OAKJ.

Astronauci na tle opuszczonego habitatu (kopuły połączone namiotem),
w którym spędzili tydzień czasu.

Odwiedziny marsjanum przed odjazdem do domów.

Formalnie, misja została przeprowadzona przez Stowarzyszenie Astronomia Nova we współpracy z OAKJ w Rzepienniku Biskupim i ze Spółką Space Garden. Wiadomość o odbytej misji poszła w świat, z którego spływają gratulacje i wyrazy podziwu. Tysiące ludzi uczy się wymawiać słowa „Rzepiennik" i „Turza". Choć dalsze misje oraz inne formy działalności czekają w kolejce do rzepiennickiej bazy, to pierwsza misja zapisuje się już złotymi głoskami w historii podkarpackiego zrywu w stronę Kosmosu.

Misja nie doszłaby do skutku gdyby nie zaangażowanie wielu osób. Wymieńmy tu najważniejsze z nich:

Agata Kołodziejczyk i Bogdan Wszołek (organizatorzy misji)

Grzegorz Ambroszkiewicz, Dorota Budzyń, Mateusz Harasymczuk, Piotr Konorski, Joanna Kuźma i Mariusz Słonina (astronauci)

Maciej Gawlak, Małgorzata Perycz, Bartosz Postulka, Agata Rudolf i Paweł Zagórski (lokalni kontrolerzy misji, zwolnieni przez Bogdana Wszołka w trakcie trwania misji w związku z niesubordynacją)

Lucie Davidova, Tomasz Noga, Efi Salteri i Mina Takla (kontrolerzy misji w ESA ESTEC, Noordwijk, Holandia)
Rolf Erdman, Bernard Foing, Jakub Mielczarek, Irene Schlacht, Marcin Traple (eksperci)
Szymek Drobniak, Jacek Garbuliński, Michał Gocyła, Jędrzej Górski, Filip Harasymiuk, Sebastian Hettrich, Tomasz Janowski, Michał Kracik, Jaromir Król, Agnieszka Kuźmicz, Artur Kuźmicz, Ola Ławrynowicz, Agata Mintus, Marcel Młyńczak, Bartosz Moczała, Tomasz Nisztuk, Leszek Orzechowski, Maciej Pierzgalski, Piotr Ptak, Adam Robaszyński-Janiec, Thibault Siruguet, Filip Stachowicz, Krzysztof Tyszecki, Jakub Urbański, Jerzy Walczyk, Aleksander Waśniowski, Magdalena Wszołek, Kacper Zieliński (inni zaangażowani).

Szczegółowy raport z przeprowadzonej misji przedstawiono podczas specjalnego sympozjum w Rzeszowie w dniu 11.09.2016.

PATRONATES

SPACE GARDEN

Space Garden Sp. z o.o.
Pl. Wolności 13/2
35-073 Rzeszów
Poland

www: space.garden

Astronomia Nova

www.astronomianova.org

SCHEDULE OF THE SYMPOSIUM

10:00 – 10:10 Warm welcome
10:10 – 10:30 Bernard Foing "Analog Missions for Space Agencies – Paving the Way for Space Exploration"
10:30 – 10:50 Sebastian Hettrich "Analogs in the World – State of the Art"
10:50 – 11:10 Bartosz Postulka "Habitat Systems Design – a Mechatronic Approach"
11:10 – 11:30 Agata Kołodziejczyk "The First Lunar Simulation Campaign in Poland"
11:30 – 12:30 Lunch
12:30 – 12:50 Pawel Zagórski, Tomasz Nisztuk, Agata Rudolf, Maciej Gawlak, Malgorzata Perycz, Agata Kołodziejczyk "Mission Control Centre"
12:50 – 13:10 Dorota Budzyń: "Commander"
13:10 – 13:30 Joanna Kuźma "Crew Astrobiologist"
13:30 – 13:50 Matt Harasymczuk " Flight Surgeon "
13:50 – 14:10 Piotr Konorski "Communication Specialist"
14:10 – 14:30 Grzegorz Ambroszkiewicz "Biomedical Engineer"
14:30 – 14:50 Mariusz Słonina "Vice-Commander"
14:50 – 15:10 Coffee Break
15:10 – 16:30 Panel discussion: Operational Lessons Learnt from the Testing Lunar Mission in Rzepiennik Biskupi 15th of August 2016
16:30 – 17:00 Wrap-up of the symposium

Z życia analogowego astronauty

Mateusz Harasymczuk

Stowarzyszenie Astronomia Nova

15 sierpnia 2016 roku zostaliśmy zamknięci w habitacie. Byliśmy pierwszą załogą, która miała wziąć udział w takim przedsięwzięciu w Polsce. Chociaż na kilka dni przed "wylotem" doszło do wielu zmian to jednak nastrój nam dopisywał i każdego z nas elektryzowała myśl o uczestnictwie. Być zamkniętym jako astronauta. Testować sprzęt naukowy i medyczny, korzystać z łazika i opracowywać procedury dla przyszłych misji. Osobiście miałem okazję brać udział w budowie habitatu i przygotowaniach przed misją i chyba bardziej niż pozostali, nie mogłem się doczekać godziny zero.

Matt Harasymczuk- astronauta analogowy

Z takim nastrojem ducha analogowi astronauci wchodzili do habitatu, w którym mieli odbyć pierwszą tego typu symulację w Polsce. Z perspektywy uczestnika tej misji muszę powiedzieć, że była to jedna z najciekawszych przygód w moim życiu. Budowa, przygotowanie, a później zamieszkanie na małej przestrzeni w całkowitej izolacji z pozostałymi pięcioma astronautami było naprawdę ciekawym przeżyciem. I choć nie każdego może interesować to, żeby w czasie wakacji codziennie jeść bardzo ubogie i schematyczne jedzenie, wstawać wcześnie rano, by przez cały dzień realizować założony plan, a na końcu dnia pisać raporty do późna w nocy; my byliśmy podnieceni tym faktem. Głównie dlatego, że w naszym zespole zebrały się jedne z najbardziej aktywnych osób związanych z przemysłem i nauką o kosmosie w kraju. Chemik, inżynier mechanik, astrofizyk, astronom, inżynier kosmiczny oraz pilot. Czterech mężczyzn i dwie kobiety.

Dzień świstaka

No może niekoniecznie dzień świstaka, bo każdego dnia mieliśmy bardzo zróżnicowane problemy i zadania. Jednakże schemat naszego postępowania: pobudka, badania medyczne, śniadanie, praca naukowa, obiad, praca naukowa, kolacja, badania medyczne, spanie; zdecydowanie przypominał w kółko powtarzający się dzień.

Byliśmy zadowoleni. Każdego poranka wstawaliśmy mniej lub bardziej szybko, ale za to z dużą chęcią do wykonywania czynności nadchodzącego dnia. Na pierwszy ogień szły badania medyczne. Jako lekarz załogi musiałem pojawić się na swoim stanowisku trochę wcześniej od pozostałych i przygotować urządzenia na nadchodzących pacjentów. Ciśnienie krwi, poziom nasycenia krwi tlenem, wskaźnik perfuzji, badanie EKG - rytmu serca, i krótka ankieta na temat jakości życia (ang. QOL - Quality of Life), snu, nastroju oraz stanu zdrowia.

Po mniej więcej godzinie wszyscy byli przebadani i zasiadaliśmy do śniadania. Naszym ulubionym dowcipem było: „co dziś do jedzenia? .... to samo...". Taki dialog nie brzmi śmiesznie dla tych, którzy tam nie byli. Jednak, różnorodność jedzenia to z pewnością jedna z rzeczy, które trzeba dopracować przed długotrwałymi misjami. Bardzo wpływa to na morale załogi. Jedzenie było zwykle bardzo proste. Kromka sucharka lub wafla ryżowego z tuńczykiem, puszka makreli w sosie pomi-

dorowym i herbata... herbata była dobra! Czasami odkrywaliśmy ukryte łakocie, takie jak Milkyway Stars, które mocno podnosiły nasze morale.

W pierwszych dniach po śniadaniu mieliśmy odprawę. Ze względu jednak na fakt, iż zajmowała strasznie dużo czasu, a niewiele wnosiła dla wszystkich członków załogi, postanowiliśmy, że w odprawie będzie brał udział jedynie dowódca załogi, który przekaże uwagi uczestników, a później poinformuje o odpowiedzi ze strony MCC (ang. Mission Control Center - centrum dowodzenia misją). Taka optymalizacja przyniosła nam zdecydowanie poprawę wydajności. Moim zdaniem należałoby jeszcze sprawdzić, jak to wpłynęło na pogorszenie komunikacji przed podjęciem decyzji dotyczących następnych misji. Uważam także, że formuła takiego spotkania powinna ulec skróceniu. Gdyby zastąpić je 15 minutowym szybkim przekazaniem statusu to można by utrzymać wysoki poziom doinformowania zespołu.

Po śniadaniu i odprawie następował czas głównego zadania. Każdy z członków dostawał przydział eksperymentów naukowych, w których miał brać udział. W czasie tego okienka przedobiedniego (10:00-13:00) zwykle odbywał się pierwszy tego dnia EVA (ang. Extravehicular Activity) - spacer kosmiczny. W wyjściu na zewnątrz habitatu uczestniczyło dwóch lub trzech astronautów. Pozostali w tym czasie zajmowali się wspieraniem wychodzących oraz swoimi eksperymentami. Jako lekarzowi pokładowemu przypadło mi w udziale uczestniczenie w kilku takich wyjściach, podczas których zbieraliśmy sygnał rytmu serca oraz oddechowy astronautów, ubranych w skafandry, jak również mierzyliśmy pozycję i aktywność za pomocą urządzenia GPS. Podczas EVA pobieraliśmy próbki gruntu i skał. Mapowaliśmy zasięg radiowej komunikacji wokół habitatu, mierzyliśmy wysiłek astronautów i prędkości poruszania się w zależności od terenu i przeszkód, na które napotykali na swojej drodze. Jedną z największych atrakcji był łazik. Ten zdalnie sterowany z habitatu robot na kołach, uczestniczył w symulacjach pobierania próbek skalnych i podnoszenia głazów. Podczas naszych wyjść testowaliśmy również sytuacje awaryjne jak np. utrata kamer łazika, sprowadzanie urządzenia do bazy na ślepo, problemy z komunikacją radiową oraz wymianę podzespołów robota. W tym ostatnim scenariuszu największym problemem były grube i obniżające zręczność rękawice. Oczywiście po wyjściu na spacer kosmiczny jego uczestnikom serwowałem badania medyczne i ankietę QOL. Dzięki zebraniu dużej ilości danych medycznych i informacji na temat wydajności i pozycji astronauty, mieliśmy wgląd w aktywność i produktywność danej osoby podczas misji.

Po obiedzie, który zwykle wyglądał bardzo podobnie (różne wariacje na temat klopsów, pulpetów i gołąbków z Biedronki z pieczywem razowym i sucharkami), zabieraliśmy się do sprzątania. Do zmywania naczyń najlepiej sprawdzały się chusteczki dla niemowlaków, z których również korzystaliśmy każdego poranka do mycia się. Po kilku dniach wszystkie nasze rzeczy, naczynia i pomieszczenia zaczęły pachnieć jak "pupcia niemowlaka", co również stanowiło temat bardzo wielu wewnętrznych żartów.

Jak tylko uporaliśmy się z czynnościami, następowało drugie okienko pracy (15:00 - 18:00), podczas którego uczestniczyliśmy w badaniach naukowych. W udziale przypadło mi zadanie hodowania roślin w mikrograwitacji, którą uzyskaliśmy dzięki urządzeniu RPM zaprojektowanemu i wykonanemu podczas przygotowania do misji. Pierwszego dnia, po przeliczeniu i sfotografowaniu pod mikroskopem, umieściłem nasiona rzeżuchy na szalce Petriego i przymocowałem do maszyny

RPM. Każdego dnia eksperymentu konieczne było nawadnianie oraz fotografowanie nasion w przybliżeniu. Pozostałym członkom załogi przydzielono eksperymenty związane z drukiem 3D, hodowlą karaczanów i ślimaków, otrzymywaniem spiruliny na moczniku pobranym z moczu astronautów, sporządzaniem atlasu meteorytów, wykonaniem spektrometrii skał pobranych podczas EVA itp. Na specjalną uwagę zasługuje rozmnażanie się karaczanów. Podczas misji udało nam się doprowadzićdo sytuacji gdzie samica karaczana "urodziła" kokon z jajami, z których wykluły się później młode. Proces ten został uwieczniony na filmie wykonanym kamerą wideo przy dużym zbliżeniu optycznym.

Przed kolacją ponowna porcja badań oraz pobranie moczu do analizy pH, koloru i klarowności. Dzięki tak skrupulatnym badaniom czwartego dnia misji udało się wykryć początki oznak odwodnienia. Dzięki szybkiej reakcji udało się przeciwdziałać objawom i szybko przywrócić załogę do pełni zdrowia. Co ciekawe, odwodnienie było spowodowane problemem w dostępie do wody. I chociaż może się to wydawać bardzo dziwne, jako że w habitacie mieliśmy do dyspozycji ponad czterdzieści pięciolitrowych butelek z pitną wodą. Główną przyczyną problemu była nieporęczność owych butelek przy wlewaniu z nich wody do lekkich plastikowych kubków, które służyły nam do picia. Z tego powodu, aby się napić, konieczne było zaangażowanie dwóch osób, a nikt nie chciał odrywać innych od ich zadań z błahego powodu picia. Spowodowało to zmniejszenie ilości przyjmowanych płynów każdego dnia. Astronauci po wykryciu problemu uzupełnili braki, aż wyniki badań moczu nie powróciły do normy. Ponadto, zaczęto projektować prosty aparat, przypominający ten z mydła w płynie, który umożliwiłby nalewanie wody bez konieczności wykorzystania pomocy innej osoby. Projekt miał zostać wykonany na komputerze w oprogramowaniu typu CAD, a później wydrukowany na drukarce 3D. Ten przypadek obrazuje inwencję astronautów oraz sposób radzenia sobie w uciążliwych sytuacjach.

Kolacja wyglądała bardzo podobnie do śniadania i oczywiście nie była pozbawiona żartów na temat posiłków. Patrząc teraz na to z perspektywy czasu muszę przyznać, że to właśnie te żarty spowodowały nasze szybkie zgranie zespołowe.

Po kolacji następowało tradycyjne pisanie raportów z eksperymentów dokonanych danego dnia oraz przygotowanie materiałów na dzień następny. Kilkukrotnie wychodziliśmy również na nocny spacer EVA, aby np. dokonać obserwacji astronomicznych za pomocą zmontowanego teleskopu lub zabezpieczyć anteny łazika przed szkodliwymi czynnikami atmosferycznymi. Przy wspomnianym scenariuszu związanym z astronomią, astronauta za pomocą poleceń przez radio z wnętrza habitatu rozkładał sprzęt do obserwacji nieba, łączył go z aparatem i kalibrował teleskop. Po wykonanych czynnościach następował czas na precyzyjną fotografię Księżyca. Problem utrudniała ograniczona widoczność przy wykorzystaniu niewielkich lamp oraz zaparowanego wizjera hełmu. Ponadto astronauci mieli skafandry i nieporęczne rękawice.

Zwykle przed snem astronauci szli na wieczorną herbatę i dyskutowali na temat dnia i jedzenia. Ze względu na dużą intensywność pracy raczej nie było dłuższych rozmów i każdy zasypiał, aby zregenerować siły przed następnym pełnym wrażeń dniem.

Z perspektywy czasu

Teraz, gdy piszę te słowa, mija kilka miesięcy od kiedy wziąłem udział w misji. Nie żałuję ani sekundy spędzonej w habitacie, a z załogą zaprzyjaźniliśmy się i widujemy się co jakiś czas; czy to we Wrocławiu czy w Warszawie, gdzie większość z nas mieszka.

Wiele osób zadaje pytania: jaki jest wynik misji, ile nauki z tego zrobiliście i jaka jest jej jakość? Uważam, że nauczyliśmy się bardzo dużo, a zdobyte doświadczenie pozwoli nam na robienie w przyszłości jeszcze lepszych symulacji, które będą wykorzystywały jeszcze lepszy sprzęt naukowy i z których dowiemy się jeszcze więcej na temat życia i pracy w izolacji.

Udział w misji oraz wcześniejsze zaangażowanie w budowę habitatu otworzyły mi możliwość współpracy naukowej z Europejską Agencją Kosmiczną. Próbuję tam obecnie wykorzystać swoje doświadczenie przy planowaniu powrotu człowieka na Księżyc w projekcie ESA o nazwie Moon Village.

Wyniki naszej pracy zostały opracowane i właśnie są przygotowywane do publikacji. Przeprowadzone eksperymenty pozwoliły zobaczyć, jak zespół astronautów wykona zadania w izolacji i przy ograniczonych zasobach. Chociaż wyniki są różne i czasami odbiegają od oczekiwanych, to i takie doświadczenie da nam sporo, np. w kwestii przygotowania procedur oraz badań w przyszłych misjach.

Czy warto dalej prowadzić badania i kontynuować kolejne misje? Tak. Właśnie dzięki tego typu misjom zdobywamy doświadczenie w planowaniu wielkich przedsięwzięć. Dzięki nim odkrywamy jak zachowują się ludzie w izolacji, jak dobierać im grafik dnia, czy planować dokładnie, czy uwzględniać bufor na wykonanie zadania, a może przejść w stronę określania zadań i deadlinów i zdania się na inwencję astronautów w planowaniu prac? Na chwilę obecną nie mamy odpowiedzi na te pytania. Harmonogram dnia astronauty na stacji ISS jest ściśle zaplanowany, ale co, gdyby dodać do tego 40 minutowe opóźnienie i wiele nieprzewidzianych sytuacji? W tej chwili MCC wykonuje bardzo dużo czynności związanych z utrzymaniem życia na stacji ISS. W przyszłości, np. na Marsie, takie zadania będą należały do astronautów i mocno zaburzą możliwość przewidywalnej pracy. Zdecydowanie lepiej i taniej nauczyć się tego tutaj na Ziemi niż tam, daleko w kosmosie, gdzie pierwsi odkrywcy będą zdani wyłącznie na siebie. Plany załogowych podróży kosmicznych domagają się odpowiedzialnych odpowiedzi na wiele trudnych pytań. Dlatego należy inwestować czas i pieniądze w tego rodzaju misje.

Wyrażam gorące podziękowania wszystkim organizatorom misji, a nade wszystko właścicielom Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim i ich córce, Agacie Kołodziejczyk.

Część trzecia

(artykuły popularnonaukowe)

Plejady. (*fot. P. Górka*)

PW-SAT2

Grzegorz Ambroszkiewicz

Politechnika Warszawska

Wprowadzenie

PW-SAT2 to projekt małego satelity, tworzony przez członków Studenckiego Koła Astronautycznego na Politechnice Warszawskiej. Wszystko zaczęło się w 2013 roku po pomyślnym wystrzeleniu poprzedniego CubeSat'a – PW-SAT. Kolejny satelita PW-SAT2, standardu CubeSat2, ma w planach przeprowadzić kilka innowacyjnych eksperymentów, takich jak duży żagiel deorbitacyjny, kompaktowy czujnik Słońca czy rozkładane panele słoneczne. Każdy z eksperymentów jest pomysłem członków projektu. W ramach satelity PW-SAT2 planowane są trzy główne eksperymenty i kilka innych małych projektów, które zostały opracowane przez studentów i zostaną przetestowane na orbicie.

Żagiel deorbitacyjny

Pierwszym z eksperymentów jest duży żagiel deorbitacyjny w kształcie kwadratu, który drastycznie zmniejsza czas życia satelity. Może to być w przyszłości rozwiązaniem problemu śmieci kosmicznych, który stał się ostatnio tematem gorących dyskusji o zaśmieceniu orbity okołoziemskiej. Szacuje się, że na orbicie znajduje się ponad 300 000 małych śmieci (części rakiet, martwe satelity, narzędzia astronautów itp). Większość z nich jest poważnym zagrożeniem dla Międzynarodowej Stacji Kosmicznej i aktywnych systemów satelitarnych. Żagiel ma szansę stać się kluczowym elementem przyszłych misji satelitarnych z powodu ustawodawstwa, które będzie narzucać deorbitację urządzenia w ciągu 25 lat po zakończeniu misji.

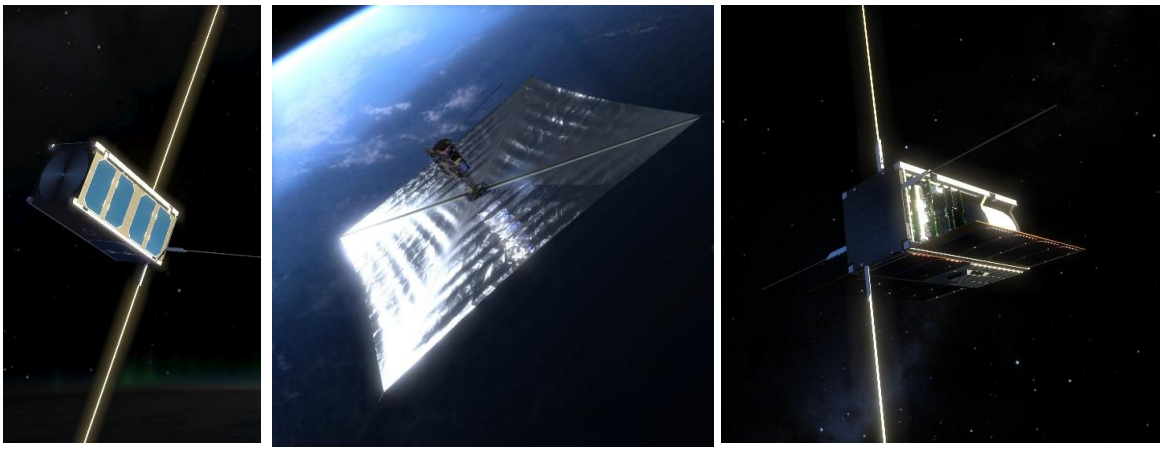
Czujnik Słońca

Pozycjonowanie urządzenia jest bardzo ważnym elementem każdej misji satelitarnej. Istnieją różne rozwiązania takie jak tracker gwiazd czy 3-osiowe kompasy. W ramach projektu PW-SAT2 rozwijany jest mały, stosunkowo tani i dokładny system określania położenia na podstawie pozycji Słońca. Urządzenie składa się z czterech cyfrowych sensorów światła ustawionych pod optymalnym kątem. Gdy Słońce świeci na satelitę, każdy z nich daje nieco różniące się odczyty. Łącząc te informacje z pozycją Ziemi w Układzie Słonecznym oraz przewidywanym położeniem satelity na orbicie, można łatwo określić przestrzenne położenie satelity. Takie urządzenie może być stosowane nie tylko w małych satelitach, takich jak CubeSaty, ale także w innych większych projektach.

Rozkładane panele słoneczne

W celu opracowania skutecznego, taniego i niezawodnego systemu mechanizm zawiasowy został zaprojektowany od podstaw w ramach pracy dyplo-

mowej. W przypadku prostych misji, które nie wymagają zamykania i ponownego otwierania paneli słonecznych, a jednocześnie muszą być jak najtańsze, takie rozwiązanie może być złotym środkiem.



Inne systemy

Na pokładzie PW-SAT2 planowanych jest kilka innych ciekawych instrumentów i rozwiązań. Będą to między innymi: mała kamera do obserwacji rozwinięcia żagla deorbitacyjnego, zasilacz w pełni opracowany przez członków zespołu, niestandardowe algorytmy determinacji postawy i kontroli, pojemnik żagla, software do kontroli wszystkich podsystemów. Każdy z nich jest zaawansowanym inżynierskim rozwiązaniem i może być stosowany w przedsięwzięciach komercyjnych.

Projekt stworzony i opracowany przez polskich studentów

Nie ma wątpliwości, że takie praktyczne doświadczenie jest niezwykle cenne dla studentów interesujących się astronautyką i technologiami kosmicznymi. Zwłaszcza, gdy sektor kosmiczny w Polsce zaczął się dopiero rozwijać. Wyszkoleni studenci i przyszli inżynierowie będą cennymi członkami zespołu w niemal każdej firmie związanej z przemysłem kosmicznym. Ważnym czynnikiem w rozwoju PW-SAT2 jest również fakt, że jest to jeden z pierwszych tego typu projektów w Polsce.

Wyniesienie na orbitę

Na początku 2016 roku projekt został dofinansowany o kwotę 180 000 € przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego RP. Podpisanie umowy z przedstawicielem Innovative Space Logistics B.V. odbyło się 26 października 2016 roku w Politechnice Warszawskiej. Jest to firma, która oferuje usługi wynoszenia systemów satelitarnych, dzięki której osiągnięto porozumienie dotyczące wystrzelenia satelity PW SAT2 na orbitę okołoziemską. Uruchomienie satelity planowane jest na IV kwartał 2017 roku (prawdopodobnie grudzień 2017).

150-rocznica urodzin Bonawentury Metlera

Grzegorz Czepiczek i Jagoda Grabowska

Częstochowski Oddział Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii
im. ks. Bonawentury Metlera

W roku 2016 minęła 150-rocznica urodzin ks. Bonawentury Metlera – kapłana, astronoma i patrioty, który odegrał bardzo ważną rolę w krzewieniu kultury na pozaborowej Ziemi Częstochowskiej. Niech przedstawione poniżej unikatowe wspomnienia będą skromnym urodzinowym hołdem częstochowskich miłośników astronomii dla swego patrona.

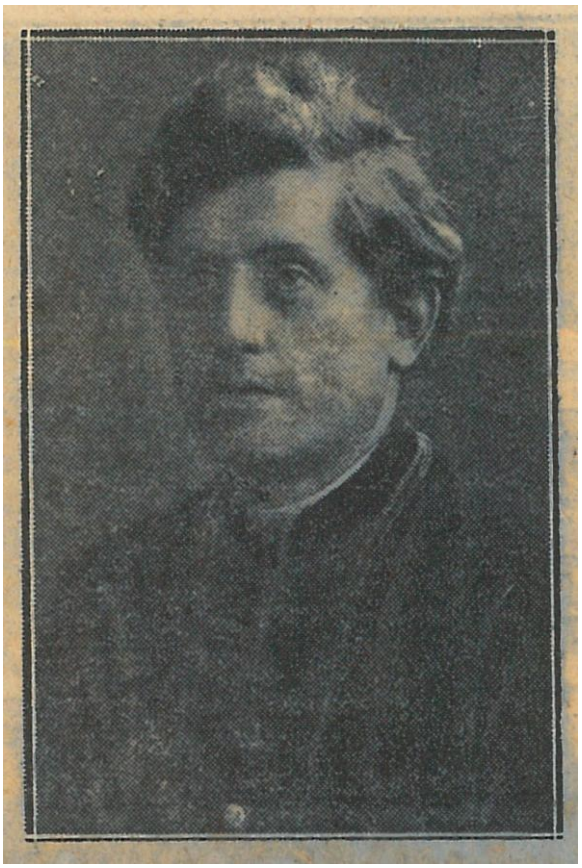
Medal przedstawiający Księdza Bonawenturę Metlera

W roku 1966 z okazji 100-lecia urodzin ks. Metlera został wybity medal. Medal został zaprojektowany przez Włodzimierza Ściegiennego (1921 – 1990) plastyka i architekta, który jest twórcą wielu medali, a także zaprojektował architektonicznie Rezerwat Archeologiczny Kultury Łużyckiej w Częstochowie.

Na awersie jest przedstawiona głowa ks. Metlera lewy profil. Wokół głowy napis BONAWENTURA METLER 1866 – 1939 i inicjały W.Ś. (inicjały projektanta medalu Włodzimierza Ściegiennego, medal jest sygnowany), a na rewersie jest przedstawiony budynek obserwatorium astronomicznego w Częstochowie. Po prawej stronie budynku napis: OBSERWATORIUM ASTROMICZNE PTMA w CZĘSTOCHOWIE. Pod budynkiem napis 1929-1966. Medal wykonany z brązu lanego. Średnica medalu wynosi 96 mm. Nakład 5 szt. Waga 222.5 gram. Jeden egzemplarz zdeponowany został w Muzeum Sztuki Medalierskiej (Oddział Muzeum Miejskiego Wrocławia).

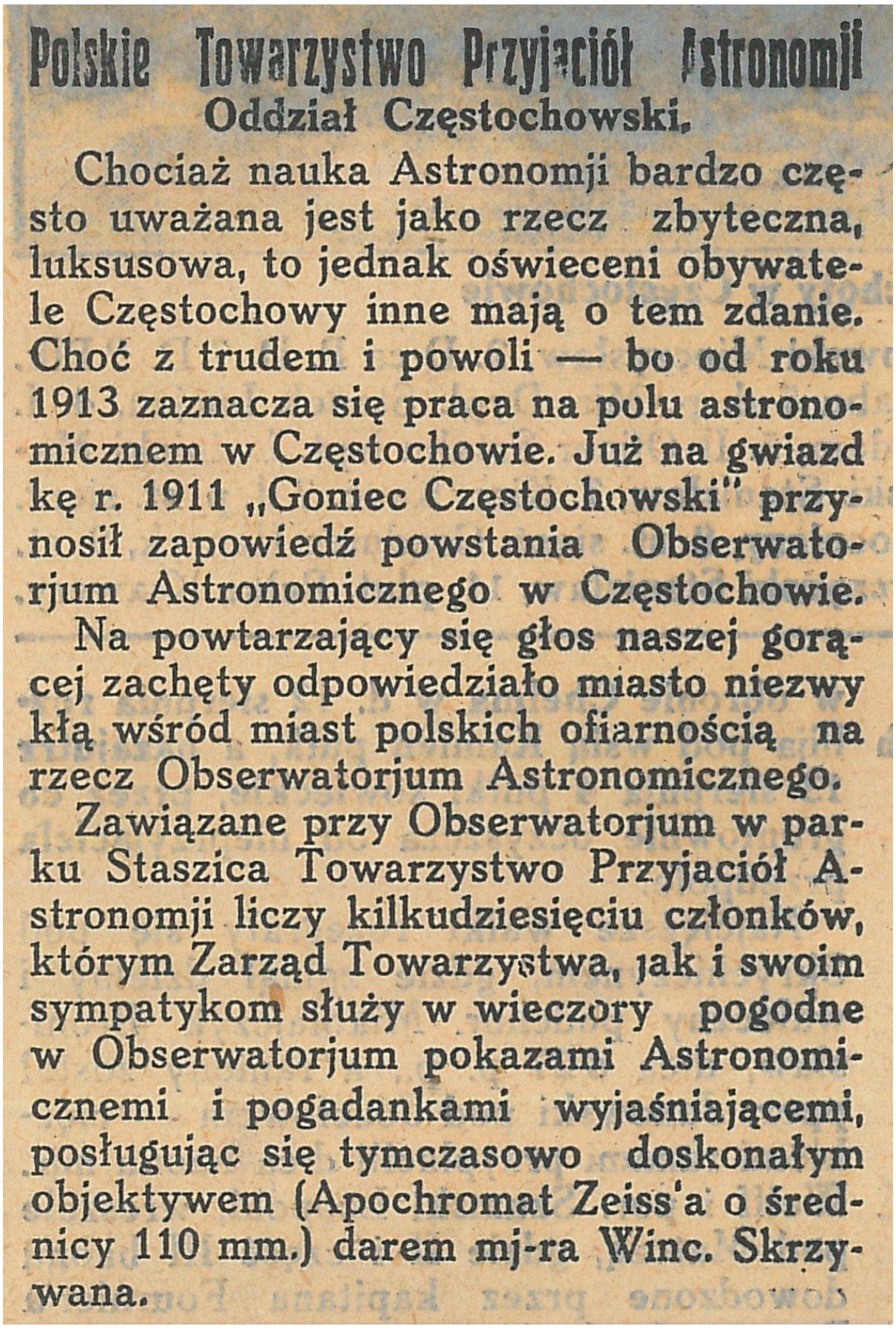
Astronomia Częstochowska w numerze jubileuszowym Gońca Częstochowskiego z 1 marca 1931 roku

W dniu 1 marca 1931 roku ukazał się numer jubileuszowy Gońca Częstochowskiego (GC). W tym dniu GC obchodził 25-lecie swojego istnienia. Gazeta została założona przez Franciszka Dionizego Wilkoszewskiego (1875-1941) w 1906 roku. Jej pierwszy numer ukazał się jako „Wiadomości Częstochowskie. Dziennik". Od 24 czerwca 1906 roku gazetę przemianowano na „Dziennik Częstochowski", a od 1 stycznia 1907 roku na „Goniec Częstochowski" i w tej formie z małą przerwą (od 5 sierpnia 1909 do 30 czerwca 1910 był wydawany, jako „Gazeta Częstochowska") ukazywała się do wybuchu II wojny światowej. Ostatni numer GC ukazał się 2 września 1939 roku i informował o wybuchu II wojny światowej. Gdy Niemcy zajęli miasto, wydawnictwo i zakłady drukarskie wznowiły działalność, a GC zaczął wychodzić, jako gazeta niemiecka z proniemieckim zespołem redakcyjnym, już od 14 września 1939 roku. Od 4 listopada 1939 roku gazeta była wydawana, jako Kurier Częstochowski. Kurier Częstochowski był wydawany do roku 1945.



Fotografia ks. kan. Bonawentury Metlera w GC z 1 marca 1931 roku.

W tym specjalnym numerze GC, na jego stronie 11, możemy przeczytać o działalności Polskiego Towarzystwa Przyjaciół Astronomii Oddział Częstochowski. Towarzystwo to istnieje do dzisiaj i działa pod nazwą Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Treść zapisu przedstawia rycina.



Polskie Towarzystwo Przyjaciół Astronomji

Oddział Częstochowski.

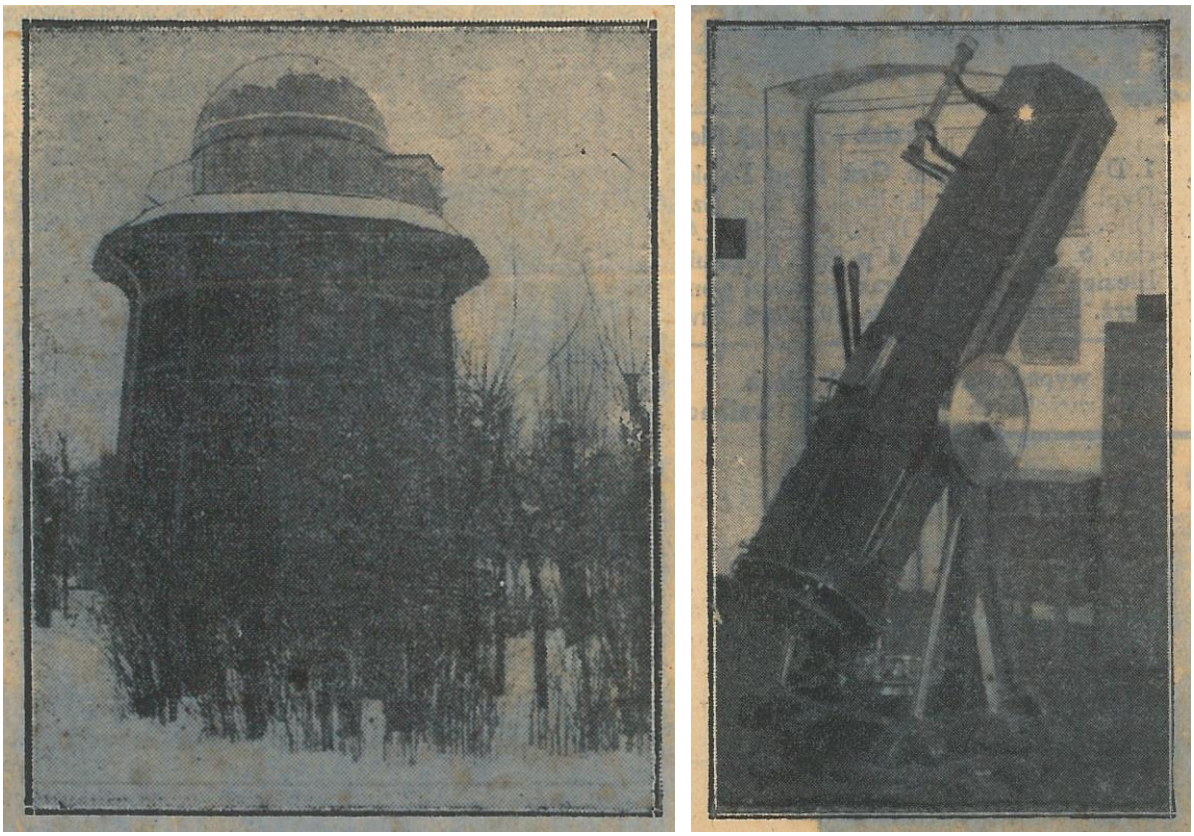
Chociaż nauka Astronomji bardzo często uważana jest jako rzecz zbyteczna, luksusowa, to jednak oświeceni obywatele Częstochowy inne mają o tem zdanie. Choć z trudem i powoli — bo od roku 1913 zaznacza się praca na polu astronomicznem w Częstochowie. Już na gwiazdkę r. 1911 „Goniec Częstochowski" przynosił zapowiedź powstania Obserwatorjum Astronomicznego w Częstochowie.

Na powtarzający się głos naszej gorącej zachęty odpowiedziało miasto niezwykłą wśród miast polskich ofiarnością na rzecz Obserwatorjum Astronomicznego.

Zawiązane przy Obserwatorjum w parku Staszica Towarzystwo Przyjaciół Astronomji liczy kilkudziesięciu członków, którym Zarząd Towarzystwa, jak i swoim sympatykom służy w wieczory pogodne w Obserwatorjum pokazami Astronomicznemi i pogadankami wyjaśniającemi, posługując się tymczasowo doskonałym objektywem (Apochromat Zeiss'a o średnicy 110 mm.) darem mj-ra Winc. Skrzywana.

Fragment strony 11 w GC z 1 marca 1931 roku.

Na tej samej stronie przestawiono fotografię ks. Bonawentury Metlera z podpisem I-szy prezes i założyciel Polskiego Popularnego Towarzystwa Astronomicznego w Częstochowie. Zamieszczono też zdjęcie Obserwatorium Astronomicznego w Parku Staszica w Częstochowie oraz zdjęcie teleskopu Metlera o średnicy zwierciadła 30 cm. W tym czasie ten teleskop znajdował się w urzędzie miar i wag w Magistracie m. Częstochowy przy ulicy Jasnej (obecnie ulica Waszyngtona).



Fotografie Obserwatorium w Parku Staszica oraz teleskopu Metlera o średnicy zwierciadła 30 cm. Teleskop ten, wtedy największy w Polsce, znajdował się w 1931 roku w sali biura mierniczego w Magistracie miasta Częstochowy. Pod kopułą obserwatorium znajdowała się wspomniana w gazecie luneta darowana przez majora Wincentego Skrzywana.

Podziękowanie

Zarówno medal jak i Goniec Częstochowski z 1 marca 1931 roku zostały udostępnione na potrzeby tego artykułu przez Pana Andrzeja Pasztę, prezesa Częstochowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Numizmatycznego, za co autorzy serdecznie mu dziękują.

Wokół idei projektu M.A.R.S.

Agata Kołodziejczyk[1,2]

[1] Advanced Concepts Team, Europejska Agencja Kosmiczna, Holandia
[2] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Logo M.A.R.S. zaprojektowane przez Adama Nawrota i Wojciecha Pilackiego.

Projekt M.A.R.S. (Modular Analog Research Station = Modułowa Analogowa Stacja Badawcza) to pierwszy w Polsce habitat dla przeprowadzania eksperymentów naukowych, służebnych dla szeroko pojmowanej eksploracji kosmosu. Habitat będzie (przynajmniej w znaczącej części), jednostką mobilną, modułową, rozbudowywaną analogicznie do aktualnych planów habitatu księżycowego. Habitat tworzony jest etapowo, z możliwością testowania wielu scenariuszy rozwoju wioski księżycowej, a tym samym zwiększenia szans na współpracę z Europejską Agencją Kosmiczną w latach przyszłych. W centrum bazy znajdować się będzie kopuła sferyczna – ekran dla projekcji planetaryjnych, poglądowych i rozrywkowych. Poza okresem badawczym habitat będzie udostępniany wycieczkom szkolnym na potrzeby edukacyjne.

Pragniemy na początek wyspecjalizować się w projektach księżycowych. W ciągu najbliższych lat Europa planuje budować wioskę właśnie na Srebrnym Globie. Autorka, koordynująca projekt M.A.R.S., ma zaszczyt pracować bezpośrednio przy projekcie Moon Village w Europejskiej Agencji Kosmicznej. Utworzenie wyspecjalizowanego ośrodka badawczego w naszym kraju umożliwiłoby Polsce zaistnieć w czołówce badań dotyczących testowania konceptów projektu Moon Village oraz załogowych misji pozaziemskich. Profesjonalna platforma wraz z terenem badawczym do przeprowadzania kampanii analogów misji planetarnych (asteroidowych, księżycowych i marsjańskich) powstaje na Podkarpaciu, na działce o powierzchni ponad 1 ha położonej w Turzy, w gminie Rzepiennik Strzyżewski. Tworzona baza ma stanowić inkubator innowacyjnych badań naukowych, rozwoju technologii, przekuwania *science fiction* w rzeczywistość, z możliwością realizacji prac inżynierskich, magisterskich i doktorskich. Zadania realizowane w ramach działalności habitatu, m. in. warsztaty i szkolenia, zapewnią zdobycie doświadczenia do pracy w sektorze kosmicznym. Będzie to również unikalne miejsce dla przeprowadzania warsztatów team-buildingu, optymalizacji komunikacji i radzenia sobie z rozwiązywaniem problemów. Rozwinięta będzie również szeroko pojęta edukacja kosmiczna i transhumanistyczna.

Naszym celem jest skupić się na interakcji człowiek-robot, na operacyjności misji i dynamice zachowań załogi. Człowiek w habitacie będzie miał wrażenie, że jest

daleko od Ziemi. Indukowane będą zaburzenia poczucia upływu czasu oraz ograniczenia przestrzenne, a to dlatego, że środowisko zewnętrzne będzie całkiem nowe i różne od tego, jakie znamy na co dzień. Będzie się symulować różne zagrożenia, np. podwyższenie poziomu radiacji, nadchodzenie burz piaskowych czy obniżenie zasobów energetycznych. Monitorowane będą parametry życiowe każdego z astronautów, np. puls, poziom cukru, hormonów, czy ilość snu. Szeroko rozbudowana będzie telemetria i telerobotyka. Bioreaktory będą produkowały niezbędne witaminy, mikroelementy i białka a jedzenie będzie liofilizowane lub przygotowywane przez załogę. Na zewnątrz bazy astronauci analogowi będą wychodzili w specjalnych kombinezonach – mierzących poziomy tlenu, dwutlenku węgla, ciśnienia i temperatury.

Projekt ma na celu rozbudować działalność kosmiczną w Polsce w zakresie:

Rozwoju technologii telerobotycznych, w szczególności badania wpływu czynnika ludzkiego na pomyślność misji. O ile maszyny są praktycznie niezawodne i prawidłowo wykonują zadania, o tyle ludzka kreatywność jest niezbędna w przypadku awarii lub innych zdarzeń losowych;

Optymalizacji pracy w środowiskach interdyscyplinarnych. Interdyscyplinarność i poziomy złożoności zadań operacyjnych wykonywanych w habitacie narzucają pracę grupową ludzi o różnych specjalizacjach, mówiących innymi językami operacyjnymi. Wyniki misji (m. in. poprawność i wydajność pracy), ściśle zależą od atmosfery w grupie, sposobu komunikacji, a nawet stanu zdrowotnego ich członków;

Rozwoju technologii związanych ze zdrowiem i bezpieczeństwem na terenach izolowanych od środowiska naturalnego. Zastosowane będą instrumenty telemetryczne, telemedyczne, monitoringowe i ostrzegawcze w celu zapewnienia bezpieczeństwa i utrzymania właściwych parametrów środowiskowych wewnątrz bazy (stężenia gazów, pary wodnej, temperatury, ciśnienia). Przebadana i zoptymalizowana zostanie symulacja światła naturalnego do regulacji zegara biologicznego przebywających w habitacie ludzi, a także produkcja zróżnicowanych gatunków sztucznej gleby na potrzeby uprawy jadalnych gatunków roślin;

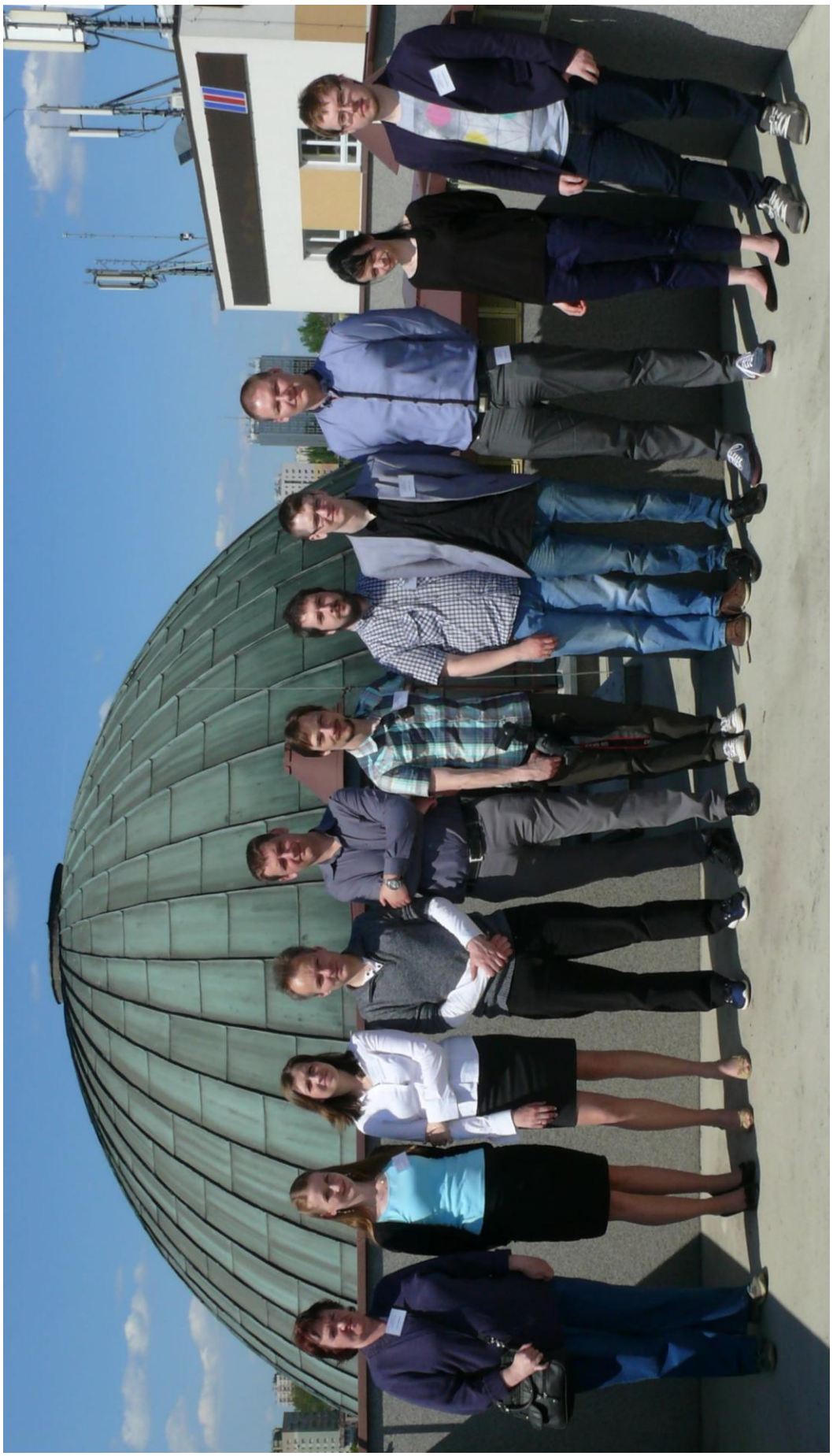
Ekologii: reutylizacji wody, ziemi i powietrza. Zastosowanie i optymalizacja bioreaktorów bakteryjnych, algowych, roślinnych i owadzich w habitacie umożliwi biorecycling odpadów i czynników niezbędnych do podtrzymania życia w układach izolowanych;

Edukacji: rozszerzenia możliwości edukacyjnych poprzez współpracę ze specjalistami z całego świata, opracowanie i organizowanie szkoleń i profesjonalnych warsztatów. Celem tych działań ma być umożliwienie zdobycia doświadczenia niezbędnego w znalezieniu pracy w sektorze kosmicznym oraz kreowanie przyszłej kadry nauczycieli akademickich;

Część czwarta

(przyczynki naukowe)

Wybrane materiały prezentowane podczas:
VIII Konferencji Naukowej Młodych „Astrophisica Nova”,
Częstochowa, 6-7 maja 2016
oraz
III Konferencji Naukowej „Astronomia – nauka i wiara”,
Rzepiennik Biskupi, 9 maja 2016



Uczestnicy VIII konferencji Astrophisica Nova.

Pewne uwagi do nowej metody badania orientacji galaktyk w gromadach

Włodzimierz Godłowski, Vladimir Stephanovich,
Paulina Pajowska, Joanna Popiela

Uniwersytet Opolski, Institute of Physics, ul. Oleska 48, 45-052 Opole, Poland

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

Zasadniczym celem naszego projektu badawczego jest wykorzystanie nowej metody teoretycznej (Stephanovich & Godłowski, 2015), która bierze pod uwagę wyliczony przez nas rozkład pól grawitacyjnych, działających w zespołach obiektów astronomicznych (czyli gwiazd, galaktyk i ich gromad), do weryfikacji sprawdzalności przewidywań współczesnych scenariuszy formowania galaktyk i ich gromad.

Zamierzeniem projektu jest opracowanie oraz przetestowanie na danych obserwacyjnych nowego modelu teoretycznego (Stephanovich, Godłowski 2015), który łączy funkcję rozkładu pól grawitacyjnych, pędów, momentów pędu i innych charakterystyk dynamicznych galaktyk i ich gromad (oraz mniejszych obiektów takich jak gwiazdy wewnątrz galaktyk) z charakterem oddziaływania pomiędzy pojedynczymi galaktykami lub gwiazdami. W ramach tego modelu, opartego o metodę Chandrasekhara (Chandrasekhar 1943) zostało pokazane (Stephanovich, Godłowski 2015), że funkcja rozkładu nie może być gaussowska, jeśli obiekty te oddziałują ze sobą przez daleko zasięgowe multipolowe (np. kwadrupolowe) potencjały grawitacyjne. Funkcja ta ma tak zwane długie ogony (patrz na przykład van Kampen 1981) i może doprowadzić do zupełnie innych wniosków o strukturze galaktyk, niż gaussowska. Oprócz tego, powyższa funkcja pozwala na uzyskanie równań samouzgodnionych (i rozwiązanie ich) dla funkcji rozkładu oraz wartości średnich wszystkich charakterystyk dynamicznych (takich jak pędy, momenty pędów

itd.) galaktyk i ich gromad. Z drugiej strony, funkcja ta pozwala na ulepszony opis statystyczny danych obserwacyjnych, gdyż wcześniejsze opisy były oparte o funkcję gaussowską (o wielu parametrach z uwzględnieniem korelacji oraz kowariancji i spokrewnionych funkcji, takich jak rozkład log normalny), co jest nie zawsze poprawne, gdyż obserwacje pokazują wolniejsze (niż gaussowskie) zanikanie funkcji rozkładu powyższych charakterystyk dynamicznych. Znajomość funkcji rozkładu pól grawitacyjnych z jednej strony pozwoli na bardziej dokładne wyliczenie wartości średnich charakterystyk dynamicznych galaktyk i ich gromad, a z drugiej strony na lepszą (w porównaniu z tą opartą o gaussowską funkcję rozkładu) metodę obróbki danych obserwacyjnych. Pozwoli to na doprowadzenie do jednoznacznej eliminacji niektórych scenariuszy formowania struktur galaktyk i przedstawianie nowych argumentów za innymi. W szczególności dokonana zostanie obserwacyjna weryfikacja przewidywań teorii powstawania struktur wielkoskalowych we Wszechświecie. Za pomocą wprowadzonego formalizmu (Stephanovich, Godłowski 2015) opartego o powyższą funkcję rozkładu pól grawitacyjnych, w projekcie zostaną porównane przewidywania grup scenariuszy opartych na modelu „hierarchicznego grupowania" i jego modyfikacji, którą stanowią modele „oddziaływań pływowych", „pierwotnych turbulencji", „naleśników" Zeldowicza oraz model Li (1998).

Nowatorski charakter niniejszego projektu dotyczy kilku kwestii. Po pierwsze zostanie opracowana metoda teoretyczna, pozwalająca, na podstawie potencjału oddziaływania pomiędzy galaktykami w gromadzie, wyliczyć funkcje rozkładu ich pól grawitacyjnych oraz innych obserwowalnych charakterystyk, np. momentów pędu. Metoda ta będzie zupełnie nowa i dotychczas nigdy nie była stosowana. Opracowana funkcja rozkładu, pozwoli na dokładniejsze wyznaczenie wartości średniej momentów pędu i innych charakterystyk dynamicznych galaktyk i ich gromad w zależności od ich masy, momentów kwadrupolowych i innych parametrów. Zastosowanie tej funkcji do modeli kosmologicznych typu ΛCDM pozwoli wyliczyć ewolucję czasową tej funkcji oraz wartości średnie pędu i momentów pędu. Z drugiej strony, uzyskana funkcja nie gaussowska, pozwoli na zwiększenie poprawności analizy danych obserwacyjnych, dotychczas opracowywanych wyłącznie przy użyciu funkcji gaussowskich. Metoda, zapoczątkowana w pracy (Stephanovich, Godłowski 2015) zostanie poszerzona zarówno o uwzględnienie halo ciemnej materii, jak i o realny tensorowy charakter oddziaływania multipolowego (kwadrupolowego, oktupolowego itd.) pomiędzy obiektami astronomicznymi. Po drugie, zostanie zastosowana nowa metoda wyznaczania funkcji korelacji, wykorzystująca wyniki symulacji numerycznych. Będzie to zrobione na podstawie zarówno gaussowskiej, jak i powyższej nie gaussowskiej, funkcji rozkładu. Ta nowa metoda badania orientacji galaktyk w gromadach, oparta o udoskonaloną już wcześniej metodę Hawleya i Peeblesa (Flin i Godłowski 1986, Godłowski 1993, Godłowski 1994, Godłowski i in. 2010, Godłowski 2011, Godłowski 2012), zostanie zmodyfikowana w ten sposób, żeby możliwe było jej

zastosowane nie tylko do analizy rozkładów kątów pozycyjnych, ale i dla nigdy w ten sposób nie analizowanych przestrzennych orientacji płaszczyzn galaktyk (wstępne wyniki patrz Panko i in. 2013). Łączne zbadanie wzajemnej orientacji gromad galaktyk (efekt Binggelego, Binggeli 1982), wzajemnej orientacji najjaśniejszej galaktyki struktury i innych jasnych galaktyk względem położenia dużej osi gromady czy też zbadanie zależności eliptyczności struktury od przesunięcia ku czerwieni, poprzez przeprowadzenie badań na znacznie większym materiale obserwacyjnym, obejmującym również mniej liczne gromady, pozwoli na znaczne zwiększenie naszej wiedzy o dynamicznej ewolucji bliskich struktur.

Niniejszy projekt pozwoli na obserwacyjne przetestowanie scenariuszy formowania galaktyk i ich struktur, co wydatnie wpłynie na wzrost naszej wiedzy na temat formowania i budowy Wszechświata. Weryfikacja teoretycznych scenariuszy formowania struktur we Wszechświecie zostanie przeprowadzona w oparciu o bogaty materiał obserwacyjny, znacząco zwiększając istotność statystyczną uzyskanych rezultatów. Poprzez rozszerzenie i poprawienie metod statystycznych służących do testowania orientacji galaktyk w gromadach, projekt przyczyni się do rozwoju narzędzi kosmologii obserwacyjnej i teoretycznej. Badanie soczewkowania grawitacyjnego pozwoli na zbadanie rozkładu masy w gromadach galaktyk, co ma kluczowe znaczenie dla badań nad rozkładem ciemnej materii w tych obiektach.

W niniejszym projekcie zostaną zastosowane metody opisane w pracach Godłowski i Flin (2010), Godłowski i in (2010) oraz Godłowski (2012), które jednak w czasie bieżących badań zostaną istotnie ulepszone, poprzez wprowadzenie nowej metody wyznaczania funkcji korelacji, tak by rezultaty były zgodne z wynikami symulacji numerycznych.

Metoda analizy orientacji galaktyk bazuje na analizie statystycznej rozkładu kątów pozycyjnych galaktyk zaproponowanej przez Hawleya i Peeblesa (1976), polegającej na użyciu do badania analizowanych kątów pozycyjnych testów χ^2, Fouriera i pierwszej autokorelacji. W dotychczasowych pracach ulepszono oryginalną metodę Hawleya i Peeblesa (1976) oraz pokazano, że nadaje się ona również do badania przestrzennej orientacji płaszczyzn galaktyk.

Nasza metoda analizy orientacji galaktyk, jest oparta na ulepszonej (Godłowski 2011, 2012) analizie statystycznej rozkładu kątów pozycyjnych galaktyk, pierwotnie zaproponowanej przez Hawleya i Peeblesa (1976), polegającej na użyciu do badania analizowanych kątów pozycyjnych testów χ^2, Fouriera i pierwszej autokorelacji. Ulepszenie testu pierwszej autokorelacji dotyczyło efektu nieznikającej kowariancji między ilościami galaktyk w sąsiednich przedziałach kątowych. Ulepszenie dotyczyło także sposobu obliczania błędu amplitudy Δ (mierzącej odchylenie od izotropii) przez uwzględnienie faktu, że stosowane powszechnie przybliżenie liniowe nie jest zadowalające. Omówione wyżej ulepszenia zostaną w niniejszym projekcie

rozszerzone na badania orientacji przestrzennej płaszczyzn galaktyk, co znacznie rozszerzy zakres uzyskiwanych z takich badań informacji.

Podstawowe badania są prowadzone w oparciu o dane pochodzące z katalogu struktur (Panko i Flin 2006), opracowanego w oparciu o Muenster Red Sky Survey (Ungruhe i in. 2003). Zawiera on 6188 struktur, liczących ponad 10 obiektów każda, otrzymanych techniką mozaiki Voronoia. Głównym elementem projektu jest badanie orientacji galaktyk w gromadach, liczących ponad 50 galaktyk. W ramach projektu będą badane eliptyczności obserwowanego kształtu galaktyk oraz ich kąty pozycyjne. Projekt przewiduje badanie orientacji galaktyk zarówno w strukturach jako takich, jak i zbadanie zależności orientacji galaktyk w gromadach od liczebności gromad, ich typu morfologicznego, dyspersji prędkości radialnych galaktyk w gromadzie oraz ich przesunięcia ku czerwieni. Zostanie również zbadana wzajemna orientacja gromad galaktyk, orientacje najjaśniejszej galaktyki struktury i innych jasnych galaktyk względem położenia dużej osi gromady oraz zależność eliptyczności struktury od przesunięcia ku czerwieni. Dodatkowo ważną kwestią jest zbadanie wzajemnego wpływu orientacji galaktyk i słabego soczewkowania grawitacyjnego na obserwowany kształt galaktyk.

Obecnie, gdy dostępne są dane obserwacyjne dotyczące dalekich obiektów, np. uzyskane przy użyciu Kosmicznego Teleskopu Hubble'a, staje się możliwe nie tylko zwiększenie wiarygodności uzyskanych rezultatów, ale także porównanie własności struktur bliskich i odległych. Uwzględnienie w badaniach odległych struktur galaktyk, których obserwacja stała się możliwa dzięki postępowi techniki w ostatnich latach, co umożliwi weryfikację efektów różnicujących zaprezentowane scenariusze. Nasze badania zostaną rozszerzone, poprzez uwzględnienie danych pochodzących z cyfrowych przeglądów nieba (SuperCosmos, SDSS). Dzięki dostępności danych obserwacyjnych dotyczących dalekich obiektów na przykład z Kosmicznego Teleskopu Hubble'a, stanie się także możliwe nie tylko zwiększenie wiarygodności uzyskanych rezultatów, ale także porównanie własności struktur bliskich i odległych.

Prace wykonane w ramach projektu umożliwią weryfikację przewidywań różnych scenariuszy powstawania galaktyk i ich struktur, a tym samym zweryfikują prawidłowość postulowanych przez kosmologów modeli powstania wielkoskalowych struktur we Wszechświecie. Wierzymy ze nowe teoretyczne metody zaproponowane w projekcie, umożliwią nie tylko wykluczenie niektórych błędnych scenariuszy, ale będą również stanowić inspirację do opracowania w przyszłości obserwacyjnie poprawnych modeli kosmologicznych, w szczególności dotyczących formowania galaktyk i ich struktur.

Bibliografia

Binggeli B., 1982, Astron. Astrophys. 107, 338
Chandrasekhar S. 1943, RvMP, 15, 1
Codis S., Pichon C., Devriendt J., Slyz A. et al., 2012, Mon. Not. R. Astr. Soc., 427, 3320
Efstathiou G.A., Silk J., 1983, The Formation of Galaxies, Fundamentals of Cosm.

Phys.9,1
Flin P., Godłowski W., 1986, Mon. Not. R. Astr. Soc. 222, 525
Godłowski W., 1993, Mon. Not. R. Astr. Soc. 265, 874
Godłowski W., 1994, Mon. Not. R. Astr. Soc. 271, 19
Godłowski W., Flin P., 2010, Astrophys. J. 708, 920
Godłowski W., 2011, Acta Physica Polonica B 42, 2323
Godłowski W., 2012, Astrophys. J. 747, 7
Godłowski W., Pajowska P., Popiela J. 2016, eds B. Wszołek i A. Kuźmicz, Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego Akademii im. Jana Długosza Częstochowa 2016, ISSN 1895-0787, p.223
Godłowski W., Piwowarska P., Panko E., Flin P., 2010, Astrophys. J. 723, 985
Hawley D.L., Peebles P.J.E., 1975, Astronom. J. 80, 477
Lee J., Penn U., 2002, Astrophys. J.567, L111
van Kampen N.G., 1981, Stochastic Processes in Physics and Chemistry (North-Holland, Amsterdam)
Li Li-Xin., 1998, Gen. Rel. Grav. 30, 497
Navarro J.F., Abadi M.G., Steinmetz M., 2004, Astrophys. J. 613, L41
Panko E., Flin P. 2006, Journal Astron. Data, 12, 1
Panko E., Piwowarska P., Godłowska J., Godłowski W., Flin P., 2013, Astrophysics 56, 322, (2013 Astrofizyka, 56, 349)
Peebles P.J.E., 1969, Astrophys. J. 155, 393
Romanowsky A.J.,. Fall S.M., 2012, Astrophys. J Suppl., 203, 17
Stephanovich V. A., Godłowski W., 2015, Astrophys. J. 810, 167
Ungruhe R., Saiter W.C., Durbeck H.W.., 2003, Journal Astronomical Data 9, 1
Varela J., Betancort-Rijo J., Trujillo I., Ricciardelli E. 2012, Astrophys. J. 744, 82
Zeldovich B.Ya., 1970, Astron. Astroph. 5, 84

***

Uczestnicy konferencji Astrophisica nova na tarasie obserwacyjnym.

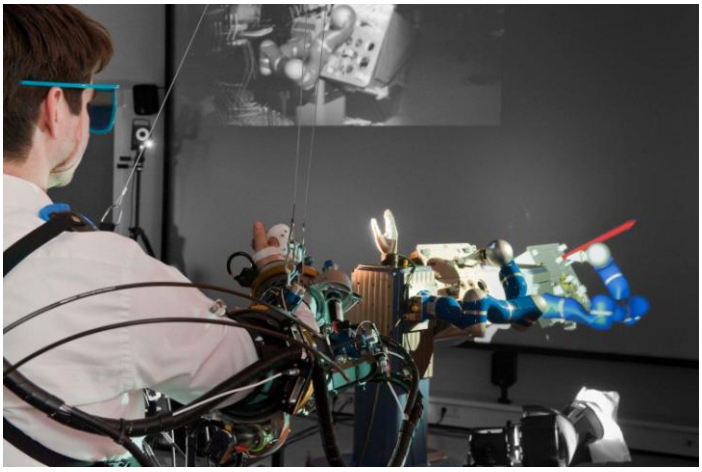
Od lewej: Joanna Popiela, Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz.

Dyskutują Joanna Popiela i Agnieszka Kuźmicz.

Telerobotyka i teleobecność w medycynie i chirurgii

Agata Kołodziejczyk[1,2]

[1] Advanced Concepts Team, Europejska Agencja Kosmiczna
[2] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim



W laboratorium telerobotyki w Centrum Nauki i Technologii Europejskiej Agencji Kosmicznej. http://www.esa-telerobotics.net/

Telemedycyna, czyli medycyna na odległość, to obecnie jedna z najszybciej rozwijających się dziedzin światowego przemysłu. Powstała już w latach sześćdziesiątych zeszłego stulecia wraz z satelitarną siecią telekomunikacyjną łączącą amerykańskie bazy wojskowe, rozrzucone na wszystkich kontynentach, ze specjalistycznymi ośrodkami medycznymi USA. Duży wkład informacji wniesiony został przez NASA i pozostałe agencje kosmiczne, w których opieka medyczna i monitorowanie stanu zdrowia astronautów muszą się odbywać z natury rzeczy na odległość. Rozwój telemedycyny w Polsce koncentruje się głównie na sprawnej organizacji baz danych i niezbędnych systemów kontroli dostępu oraz opracowywaniu i wdrażaniu systemów przesyłania sygnałów EKG i zdjęć medycznych przez telefon, Intranet lub Internet w celach konsultacyjnych. Od 2001 roku w naszym kraju działa Sekcja Telemedycyny Polskiego Towarzystwa Lekarskiego, mająca na celu krzewienie i rozwój tej interdyscyplinarnej dziedziny, łączącej medycynę z informatyką i telekomunikacją. Do Sekcji należą znani profesorowie, dyrektorzy szpitali i klinik, lekarze różnych specjalności. Sekcja zorganizowała kilka interaktywnych wideokonferencji naukowo-szkoleniowych oraz teleoperacji serca w Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie.

Jak donosi Forbes, przewidywana globalna wartość rynku telemedycyny w 2018 roku wyniesie 21.5 mld dolarów, a leczenie z wykorzystaniem robotów, urządzeń mobilnych i nowych technologii zacznie wypierać klasyczne metody świadczenia usług medycznych. Przewiduje się, że liczba pacjentów korzystających z usług telezdrowia wzrośnie od 350 tysięcy w 2013 roku do 7 milionów osób w 2018 roku. Prestiżowe ośrodki naukowe wspierają rozwój

technologii telemedycznych. W tegorocznej edycji konkursu ogłoszonego przez Massachusetts Institute of Technology innowatorką została Patrycja Wizińska-Socha. Polka stworzyła Pregnabit - prototyp urządzenia do monitorowania tętna płodu, tętna matki i innych parametrów przekazywanych bezprzewodowo do centrum monitoringu. Urządzenie to pozwala kobietom ciężarnym wykonanie podstawowych badań bez wychodzenia z domu, minimalizując czas, koszty i prawdopodobieństwo zarażenia patogenami w trakcie wizyt lekarskich. Osobom niewidomym stworzono przenośne urządzenie Matia, opisujące otaczający świat za pomocą bodźców stymulujących zmysły, m. in. przez słowa i muzykę. MySpiroo umożliwia zdalne monitorowanie pacjentów cierpiących na przewlekłe choroby układu oddechowego, np. astmy. Powstają nieinwazyjne urządzenia do pomiaru stężenia glukozy, hormonów i innych związków chemicznych we krwi, co sprawi, że kłucie żył, ku uciesze wielu, stanie się sporadycznym zabiegiem w naszym życiu. Telemedycyna to nie tylko rozwój nowych urządzeń, ale również modyfikacja powszechnie używanych urządzeń moblilnych. Telefony komórkowe stają się podręcznymi urządzeniami monitorującymi zdrowie, prywatnymi doradcami kontroli stylu życia. Interesującym przykładem jest tu Smartphone Brain Scanner mierzący bioelektryczną aktywność mózgu celem wykrywania ataków epileptycznych i pomiaru EEG w czasie rzeczywistym.

Poza mobilnymi analizatorami parametrów fizjologicznych, powstają urządzenia działające aktywnie na zmianę funkcji organizmu. Przykładowo, ból głowy można zredukować kontrolerem przyłożonym do policzka. Sam zaś kontroler zintegrowany jest ze stymulatorem wszczepionym w jamie ustnej nad zębami trzonowymi. Z kolei zastrzyk energii w postaci wypicia kawy można zastąpić stymulatorem przyklejanym do skroni, który wysyła impulsy elektryczne o wysokiej częstotliwości.

Co na to środowiska medyczne? Na ile zastosowanie telemedycyny postrzega się jako inspirację, eksperyment, ciekawostkę, czy nową formę biznesu, na ile faktycznie przydatną metodę w codziennym leczeniu pacjentów? Co na to pacjenci? Czy będą w stanie zaufać leczeniu na odległość?

Okazuje się, że dla obu stron, zarówno lekarzy, jak i pacjentów, telemedycyna oferuje niezaprzeczalne korzyści ekonomiczne związane z obniżeniem wydatków na opiekę medyczną i znaczącą oszczędnością coraz cenniejszego dla ludzkości czasu. Głównym celem telemedycyny jest umożliwienie monitorowania zdrowia pacjentów w domach, zapewniając obu stronom komfort psychiczny i szybką reakcję na problem medyczny. Monitorowanie to ma się odbywać za pośrednictwem powszechnie stosowanych urządzeń, jak telefony komórkowe, tablety czy komputery w powiązaniu z zaawansowanymi systemami komunikacyjnymi. Dzięki monitoringowi zmniejszy się częstotliwość i czas hospitalizacji oraz ilość wizyt lekarskich. Zmniejszy się prawdopodobieństwo zakażeń i rozprzestrzeniania patogennych wirusów i bakterii. Równomierny dostęp do usług telemedycznych zapewni podwyższenie jakości opieki zdrowotnej na prowincjach,a w przypadku nagłych wypadków, kata-

strof, wojen i ataków terrorystycznych, znacząco ułatwi dostęp do skutecznej pomocy medycznej. W przypadku ratownictwa medycznego pomocne okażą się interaktywne telekonsultacje celem szybkiego diagnozowania. Informacje o aktualnym stanie pacjenta sprzężone będą z utworzonymi elektronicznymi bazami danych (*EMR-electronic medical records*). Zawarte w bazach informacje będą dotyczyły pełnej historii leczenia, wyników badań CT, RTG, MRI, USG, przebytych chorób, zabiegów, stosowanych leków, obecności alergii, itd.. Usprawnione zostaną możliwości wygodniejszej i tańszej nauki, a szkolenia lekarzy i personelu medycznego będą łatwiejsze i bardziej wydajne.

Zaawansowane systemy telekomunikacyjne stanowią krytyczny element w zastosowaniach telemedycznych, a wyzwania nie należą do trywialnych. Jednym z podstawowych zadań telemedycyny jest diagnostyka obrazowa umożliwiająca przesyłanie, archiwizację, przegląd i opis zdjęć RTG, MRI, CT, USG. Przesyłany obraz musi być wysokiej jakości, o rozdzielczości nie mniejszej niż 2000×2000 pikseli, aby telekonsultant mógł prawidłowo ocenić informacje uzyskane ze zdjęcia. Co więcej, telekonsultant powinien mieć jednocześnie możliwość oceny szczegółów przez powiększanie obrazu, porównanie wielu skanów, powrotów do innych wyników, do historii choroby itp. Tak skomplikowaną platformę komunikacyjną umożliwia światowy standard DICOM dla cyfrowej techniki opracowywania, przesyłania i archiwizacji obrazów medycznych.

Zmieniona musi być również infrastruktura telekomunikacyjna. Wszechobecny bezprzewodowy Internet, z możliwością transferu dużej ilości danych, umożliwi dostęp wysokiej jakości usług medycznych w każdym zakątku świata. Ratownicze systemy alarmowe połączone będą liniami wideokomunikacyjnymi z regionalnymi ośrodkami medycznymi. W momencie zaistniałego wypadku ratownicy medyczni lub przeszkoleni policjanci czy strażacy, będą w stanie przesłać do szpitala informacje audiowizualne. Dostarczone lekarzom zapisy USG, EKG, zdjęcia oraz istotne sygnały życiowe rannego jeszcze przed przetransportowaniem pacjenta do szpitala sprawią, że skrócony zostanie czas przyjęcia poszkodowanego na oddział i czas przygotowania personelu do udzielenia właściwej pomocy. Dzięki interaktywnej wideokomunikacji będą możliwe również zdalne zabiegi chirurgiczne wykonane przez ratownika na miejscu wypadku w przypadkach zagrażających życiu pacjenta wraz z teleobecnym chirurgiem znajdującym się w regionalnym ośrodku medycznym.

Duże nadzieje wiąże się z rozwojem zdalnie sterowanych robotów chirurgicznych, które z niezwykłą dokładnością, niejednokrotnie większą niż ludzka, dokonują zabiegów wymagających precyzyjnych mikroruchów. W przypadku skomplikowanych operacji serca lub mózgu niewiele jest specjalistów kardiochirurgów lub neurochirurgów, którzy mają stosowne doświadczenie i są w stanie podjąć się takiego zadania. Wybitni specjaliści z reguły praktykują w klinikach wielkich aglomeracji miejskich, a stan zdrowia nie zawsze pozwala na przewiezienie pacjenta na dalekie odległości. Rozwiązaniem wtedy

jest teleoperacja wykonywana za pomocą zdalnie sterowanego robota chirurgicznego. Jeśli taki robot znajduje się na miejscu, miejscowy lekarz wraz z personelem medycznym przygotowuje salę i pacjenta do operacji, podłącza robota i nawiązuje łączność telekomunikacyjną z chirurgiem specjalistą przebywającym w innej części świata. Ten zajmuje miejsce przed monitorem, przejmuje kontrolę nad robotem i wykonuje precyzyjną operację. Dzięki interaktywnej audio- i wideokomunikacji asystujący miejscowi lekarze i personel medyczny wykonują polecenia zdalnie operującego chirurga w standardowy sposób. Powszechna obecność sterowanych robotów chirurgicznych ratowałaby w ten sposób setki istnień ludzkich. Niestety takie roboty są drogie i wymagają restrukturyzacji infrastruktury sal operacyjnych. Jednymi z bardziej znanych systemów teleoperacyjnych dostępnych na rynku są ZEUS ($975000) i da Vinci ($1 milion).

Operacja sterowana zdalnie. *(Credit: Amanda Sharkey et al., 2013., ISSN 0018-9162)*

W 2001 r. przeprowadzono "Operację Lindbergh" stanowiącą kamień milowy telerobotyki. Chirurgom z Nowego Jorku udało się wykonać operację woreczka żółciowego u pacjenta przebywającego we Francji w odległości 6230 km. Wykorzystano w tym celu pół-autonomiczny, zrobotyzowany system chirurgiczny ZEUS, składający się z kilku ramion kontrolowanych przez chirurga z konsoli głównej i systemu czujników przesyłających feedback do użytkownika. Ze względu na wciąż istniejące ograniczenia technologiczne i komunikacyjne, większość robotów jest obecnie kontrolowana przez chirurgów na miejscu w salach operacyjnych. Roboty te pomagają specjaliście zobrazować operowane miejsce oraz wykonać precyzyjnie minimalne cięcia redukując tym samym ból i czas gojenia tkanek. W celu przeprowadzenia teleoperacji manipulatory ulokowane są w wewnętrznych tkankach pacjenta np. w sercu, wątrobie, oku, itd. Chirurdzy manipulują tymi instrumentami a wykonywane ru-

chy weryfikują kamerami zlokalizowanymi nad miejscem pracy, np., w środku serca, wątroby, oka, itd.. Dzięki teleoperacjom, większość zabiegów chirurgicznych może być przeprowadzonych minimalnie inwazyjnymi technikami, gdzie niewielkie nacięcie wystarcza na wprowadzenie manipulatorów. Zmniejsza się poziom bólu pacjentów, trauma tkanek, proces regeneracji, wreszcie czas hospitalizacji. System ZEUS pozwala na przeprowadzenie minimalnie inwazyjnych operacji w chirurgii ogólnej i laparoskopowej, pod warunkiem, że sterujący nim chirurg przejdzie wymagane szkolenie. W przypadku systemu ZEUS jest to superkomputer posiadający wiele skomplikowanych funkcji, np. kontroli głosu, eliminacji drżenia rąk, adaptywnego filtrowania zakłóceń czy korekcji błędów. Dotychczas z systemami ZEUS przeprowadzono wiele udanych operacji, m. in. serca, prostaty i woreczka żółciowego. Poza tym systemem istnieją inne sterowane roboty chirurgiczne, np. systemy Da Vinci i Sokrates, wykonujące skomplikowane operacje na mózgu czy urologiczne zabiegi laparoskopowe.

Teleroboty są chętnie wykorzystywane do celów edukacyjnych na odległość. Ze względu na zwiększoną autonomię ośrodków medycznych i mniejsze przemieszczanie się lekarzy narasta potrzeba produkcji konkurencyjnych na rynku telerobotów. Również w Polsce powstają nowe, ulepszane, miniaturowe systemy, które sprawiają, że telechirurgia staje się sztuką coraz powszechniej stosowaną.

Wykorzystanie technologii telerobotycznych w medycynie i chirurgii zależy ściśle od badań i równoległego rozwoju w zakresie pięciu głównych obszarów: funkcjonalności, środowiska, ograniczeń fizycznych, komunikacji i bezpieczeństwa. Zastosowanie kliniczne zautomatyzowanej technologii w dziedzinie mikrochirurgii, chirurgii ortopedycznej i chirurgii małoinwazyjnej, wykazało obiecujące wyniki, motywując naukowców do dalszego rozwoju chirurgii komputerowej oraz systemów diagnostycznych i mikrorobotów. Telemanipulatory, technologie interfejsu, czujniki, systemy wizyjne, rzeczywistość wirtualna i integracja funkcji, narzucają przeprojektowywanie sal operacyjnych. Niezbędna jest tutaj niezawodność i precyzja maszyn wraz z bezbłędną, zsynchronizowaną w czasie, komunikacją.

Kontrola robotów odbywa się obecnie głównie przez sieci bezprzewodowe typu Wi-Fi, Bluetooth albo Deep Space Network. Problemy przekazu informacji wokalnej, wizualnej, tekstowej i liczbowej rozwiązywane za pośrednictwem komunikacji kablowej, satelitarnej lub transmisji laserowej. Bezpieczeństwo i poufność danych mają tu kluczowe znaczenie. Aspekt obrazowania 2D na monitorze może być problematyczny. Chirurg musi zmieniać kąt spojrzenia i na nowo rozumieć obraz monitora. Stwarza to opóźnienie reakcji operującego. Brak trójwymiarowej projekcji nie daje głębi, przez co chirurg nie jest w stanie prawidłowo zlokalizować manipulatorów. Dodatkowym problemem dla operującego jest koordynacja osi oko-ręka. Z rozwiązaniem przychodzi tu Head Mounted Display (HMD) - hełm ze sparowanymi wyświetleniami monitorów przed oczami, dający wrażenie trójwymiarowości obrazu.

Dopasowanie projekcji video, w powiązaniu z ręką chirurga skoordynowaną z manipulatorem, redukuje problem koordynacji ręka-oko. Ponieważ ciągłe używanie hełmu w trakcie wielogodzinnych operacji może być męczące, projektuje się hełmy z lekkich materiałów niwelujących napięcia mięśni, umożliwiające momentalne przejście do otaczającej przestrzeni, oraz eliminację kondensacji pary wodnej w polu widzenia.

Ze względu na ograniczenia w zakresie chirurgicznym, wymagana jest miniaturyzacja kamer i manipulatorów oparta na mikro-mechanice krzemowej, mikro-inżynierii powierzchniowej i technologii LIGA. Wdrażane są nanotechnologie, materiały inteligentne i super elastyczne. Na koniec dochodzi problem adaptacji pracy systemu robotycznego do dynamiki środowiska operacyjnego i koordynacji procesów w czasie rzeczywistym. Prosty interfejs do obsługi telerobota oparty na systemie MMK (monitor, mysz, klawiatura), wykorzystuje się do teleoperacji internetowych. Cenną modyfikacją MMK jest tu joystick zapewniający bardziej intuicyjny system nawigacji dla ruchów telerobota, natomiast przyszłe interfejsy będą w pełni scalone z wirtualną rzeczywistością.

Projekcja wewnętrznych organów pacjenta na ekranie pozwala uczestnikom operacji śledzenie jej przebiegu, co pomaga w podejmowaniu krytycznych decyzji, ułatwiając nagłą interwencję i konsultacje. Zarówno w sali operacyjnej jak i na zajęciach chirurgii, teleoperacje dają możliwość śledzenia procesu krok po kroku i powtarzania procedur, usprawniając jakość treningu przyszłych lekarzy.

Z wyjątkiem programu Apollo, większość operacji w przestrzeni kosmicznej jest przeprowadzana za pomocą telerobotycznych sond kosmicznych. Najbardziej rozwinięte i skomplikowane teleoperacje na świecie dotyczą obecnie astronomii kosmicznej, przy naprawach orbitujących teleskopów lub przy sterowaniu łazikami na Księżycu i Marsie. Europejska Agencja Kosmiczna rozwija nieprzerwanie telerobotyczne techniki pracy na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. W przygotowaniach do eksploracji Marsa i budowy wioski na Księżycu telerobotyka zdaje się być kluczową drogą do sukcesu, do bezpiecznej realizacji tych niezwykle trudnych misji w dziejach ludzkości.

Medycyna kosmiczna

Agata Kołodziejczyk[1,2]

[1] Advanced Concepts Team, Europejska Agencja Kosmiczna, Holandia
[2] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Medycyna kosmiczna to temat zdawałoby się fantastyczny, wprost z powieści Lema, dalece niedosięgły, niedotyczący spraw ziemskich. Jednak, coraz więcej centrów farmaceutycznych i medycznych zainteresowanych jest testowaniem swoich produktów w mikrograwitacji na orbicie. Przewidywana na rok 2023 komercjalizacja Międzynarodowej Stacji Kosmicznej otwiera szereg możliwości badawczo-rozwojowych dla sektora prywatnego i nasila konkurencję już dziś. Kto będzie miał pierwszeństwo, jakie prawa będą regulowały możliwości wykorzystywania poszczególnych części bazy? Kto będzie miał prawo przeprowadzać eksperymenty i analizy eksperckie na orbicie? Czy nadal warunki selekcji astronautów będą tak wymagające?

Od lat 60-tych ubiegłego stulecia ludzie latają w kosmos, a lekarze i naukowcy zdobywają cenną wiedzę i inspiracje do zapewnienia bezpieczeństwa załogi statku kosmicznego. Ponad 530 osób z ponad 38 krajów wyruszyło na podbój kosmosu, w tym ponad 60 kobiet. 24 osoby podróżowały poza orbitę okołoziemską, a 12 osób stanęło na Księżycu. Wszystkie te osoby były selekcjonowane, wszechstronnie badane medycznie przed, w trakcie i po powrocie z misji kosmicznych. Dane z tych badań stały się cennym źródłem wiedzy na temat zachowania organizmu człowieka w warunkach ekstremalnych, w szczególności zdolności jego transformacji na poziomach molekularnym, komórkowym, fizjologicznym i behawioralnym. Transformacje te, to nie tyle choroby wywołane niespotykanym dotąd środowiskiem, co adaptacje organizmu do nowych warunków. Ciekawym aspektem jest również ponowna adaptacja do warunków ziemskich. Przykładowo, w mikrograwitacji astronauci zatracają odruch ochrony głowy rękoma przed upadkiem. Po powrocie na ziemię muszą ponownie uczyć się ją osłaniać (prywatna rozmowa z kanadyjską astronautką - pierwszym neurobiologiem w kosmosie: Robertą Bondar).

Termin medycyna kosmiczna ukuty został już w 1948 roku przez kontrowersyjnego prof. Hubertusa Strugholda, jednego z twórców skafandra pierwszych amerykańskich astronautów, ale również eksperymentatora na więźniach obozu koncentracyjnego w Dachau. Kluczowym elementem rozwoju medycyny kosmicznej jest badanie, w jakim stanie i jak długo ludzie mogą przeżyć w ekstremalnych warunkach, a następnie jak szybko potrafią się ponownie zaadoptować do warunków ziemskich. W mikrograwitacji i przy zwiększonym natężeniu promieniowania kosmicznego następuje redukcja tkanek, płynów ustrojowych i organów, w tym również ich uszkodzenia. Katarakta czy redukcja masy tkanki kostnej są dobrze udokumentowanymi konsekwencjami pobytu poza Ziemią.

Bezwarunkowa potrzeba rozwoju

Żyjemy w czasach wychodzenia z kolebki rodzimej planety, kiedy zachodzi potrzeba, aby ludzie coraz dłużej mogli przebywać w kosmosie i podejmować wyzwania eksploracyjne. Kopalnie na asteroidach zdają się być realną przyszłością sektora wydobywania surowców naturalnych. Asteroidy i inne ciała niebieskie zdają się być bardziej bezpieczne i opłacalne w porównaniu do eksploracji surowców z naturalnych głębin naszej planety. Amerykanie planują niebawem wysłać pierwszych ludzi na Marsa, a Europa i Chiny chcą zbudować habitaty na Księżycu. Przedsięwzięcia te narzucają bezwarunkową potrzebę rozwoju medycyny kosmicznej.

Tematem podlegającym etycznej krytyce jest narażanie astronautów na szkodliwe warunki, które mają poważne konsekwencje w dalszym życiu. Na podstawie badań z łazika marsjańskiego Curiosity stwierdzono, że średnia dawka promieniowania w trakcie 180-dniowej podróży na Czerwoną Planetę to 300 mSv (milisiwertów) - równowartość 24 prześwietleń radiologicznych. Obecnie uważa się, że dawka ta wywoła przekroczenie limitów bezpieczeństwa, sprzyjając rozwojowi nowotworów. Napromieniowanie, to nie jedyne zagrożenie dla ludzi przebywających poza Ziemią. Aby umożliwić dłuższy pobyt człowieka w kosmosie (obecnie rekord nieprzerwanego pobytu na orbicie to 14 miesięcy), amerykańska agencja kosmiczna, NASA, zainwestowała w badania i aplikacje medycyny prewencyjnej, gdzie prewencja dotyczy nie tylko patologii, ale również traumy. Członek załogi kosmicznej jest zagrożony nie tylko z powodu stresu wywołanego misją, ale również świadomością braku możliwości zapewnienia pełnej opieki medycznej i leczenia na pokładzie statku. Wywołane tymi faktami psychologiczne obciążenie może doprowadzić do cięższych manifestacji chorób w kosmosie niż by to miało miejsce w warunkach ziemskich. Sytuacja jest potencjalnie niebezpieczna dla wszystkich członków załogi. Mały, zamknięty system ekologiczny sprzyja przenoszeniu patogenów. Nawet, jeśli choroba nie jest zakaźna, bezpieczeństwo załogi może być zagrożone przez utratę aktywności chorego członka zespołu. Astronauci muszą zastąpić chorego członka załogi obciążając się dodatkowo, zwłaszcza jeśli czynności operacyjne misji są trudne i wymagają pracy eksperta. Chory członek załogi może wywołać konieczność przedłużenia czasu misji, zwiększenia procedur operacyjnych i bardziej złożonych procesów. Nie tylko zdrowie i bezpieczeństwo misji są zagrożone poprzez chorobę w czasie lotu. Przerwanie misji i powrót na Ziemię ze względu na chorego, w innym czasie niż zaplanowany, wiąże się z konsekwencjami ekonomicznymi oraz zwiększonym ryzykiem wywołanym krótkim czasem na planowanie misji ewakuacyjnej. Na potrzeby minimalizacji tego typu zagrożenia, w trakcie załogowych lotów kosmicznych stworzono kompleksowy zestaw pomocy medycznej, zawierający dwa oddzielne podsystemy: MBK (Medications and Bandage Kit) oraz EMK (Emergency Medical Kit). MBK zawiera tabletki,

kapsułki i czopki, bandaże, leki działające miejscowo. EMK zawiera zestaw środków do wstrzykiwania, narzędzi do przeprowadzania prostych operacji chirurgicznych, środki diagnostyczne/terapeutyczne i testy mikrobiologiczne.

Poza ryzykiem choroby astronauci cierpią na standardowe zaburzenia i niedogodności, wynikające z pobytu w kosmosie. Do fizjologicznych zaburzeń zalicza się m. in. spadek odporności immunologicznej, co oznacza, że wirusy obecne w organizmie człowieka mogą się łatwiej uaktywniać. Białe krwinki, zwane limfocytami T, odpowiedzialne za odpowiedź immunologiczną, przestają się prawidłowo mnożyć w mikrograwitacji, a te, co istnieją, tracą swoją aktywność. Astronauci często odczuwają objawy przemęczenia, zaburzenia snu, czy nawet bezsenność. Desynchronizacja zegara biologicznego, w tym brak naturalnego cyklicznego oświetlenia wywołują problemy z rytmiką okołodobową procesów życiowych. Obecnie znanych jest kilka metod leczenia bezsenności. Powszechnie stosowanym środkiem jest melatonina albo stosunkowo niedawno odkryty lek Ramelteon - agonista receptora melatoniny. Badania nad wydajnością Ramelteonu i efektami ubocznymi tego leku nie są jeszcze zakończone. Alternatywnie sen regulowany może być barbituranami i benzodiazepinami, ale te mają efekty uboczne wpływające na osłabienie jakości pracy, zwłaszcza w godzinach porannych. Zolpidem i Zopliclone, znane jako: „Ambien" i „Lunesta", zdają się być jednymi ze skuteczniejszych leków dla astronautów, w szczególności, że nie posiadają znaczących skutków ubocznych. Poza leczeniem bezsenności Modafinil stosowany jest w celu eliminacji zmęczenia, zwłaszcza w trakcie krytycznych prac, sytuacji wysokiego ryzyka, gdzie astronauci muszą być szczególnie skupieni. W mikrograwitacji astronauci tracą ok. 22 % objętości krwi, co wywołuje atrofię serca i niskie ciśnienie, wywołujące zaburzenia z dotlenieniem mózgu, objawiające się zawrotami głowy i złym samopoczuciem. Dla zapobiegania zawrotom głowy powstał lek Milodrine, który czasowo zwiększa ciśnienie krwi poprawiając samopoczucie.

O ile problemy z równowagą w mikrograwitacji mijają stosunkowo szybko (po około 3 dniach) ze względu na adaptację błędnika i centrów lokomocyjnych mózgu (aczkolwiek u różnych osób adaptacja ta inaczej zachodzi), poważniejszym problemem jest utrata tkanki kostnej, zwana osteopenią. 3-4 miesięczny pobyt w mikrograwitacji wymaga około 2-3 lat regeneracji ubytków w kościach. Nowe technologie pozwalają skrócić ten okres, a są nimi odpowiednia dieta, bogata w witaminę D i wapń, ćwiczenia oraz terapia wibracyjna do stymulacji wzrostu kości. Wiedza ta znalazła zastosowanie w leczeniu osteoporozy. Jeśli chodzi o atrofię mięśni, astronauci pracujący w Międzynarodowej Stacji Kosmicznej muszą trenować 2 godziny dziennie, wzbogacając się dodatkowo w suplementy hormonalne (hGH), aby po wylądowaniu na Ziemi być w stanie się poruszać o własnych siłach. Przenikające promieniowanie kosmiczne prowadzi do niszczenia białek soczewki oka zwanych krystalinami. Proces ten wywołuje zaćmę (kataraktę) w latach późniejszych. Badania nad kataraktą astronautów znacznie

przyczyniły się do rozwoju implantów soczewek i leczenia tego schorzenia. W wyniku przebywania w środowisku kosmicznym osoby narażone są również na utratę zdolności umysłowych i zwiększone ryzyko Choroby Alzheimera, co może znacząco zagrażać realizowanym misjom. Wciąż stoimy przed wyzwaniem opracowania optymalnie działających leków.

Badania nad zdrowiem astronautów na orbicie prowadzą do poznania procesów fizjologicznych i rozwoju medycyny celem poprawienia komfortu życia na ziemi. Do pozytywnych rozwiązań zalicza się m. in. walkę z osteoporozą, bezsennością, odpornością, mdłościami i procesami starzenia. Środowisko kosmiczne nie zawsze musi się kojarzyć ze stresem i niedogodnościami. Ma ono również swoje profity. Okazuje się, że przebywanie w warunkach obniżonego ciążenia może przedłużać życie. Naukowcy z Uniwersytetu Nottingham, badając przyczyny utraty tkanki mięśniowej przez nicienie *C. elegans,* zaobserwowali w ich mięśniach redukcję białek odpowiedzialnych za procesy starzenia. Jeden z siedmiu wyciszanych w mikrograwitacji genów odpowiedzialny jest za produkcję insuliny. Co ciekawe, hormon ten ma istotny wpływ na długość życia nicieni, muszek owocowych i myszy. Insulina, jak również inne białka, przebadana została w kosmosie pod względem krystalizacji. Powszechnie wiadome jest, że kryształy rosną bardziej regularne, kiedy pozbawione są zaburzeń mechanicznych ze środowiska zewnętrznego. Mikrograwitacja to idealne środowisko do wzrostu kryształów. Rosną one większe i bardziej regularne, co pozwala na wykonanie precyzyjnych badań krystalograficznych celem dokładnego określenia ich budowy molekularnej. Kosmiczna insulina jest dodatkowo bardziej przyswajalna przez organizm niż ta wyprodukowana na ziemi. Również hodowle komórkowe i tkankowe w mikrograwitacji rosną podobnie jak to ma miejsce w naturze, nie rozpłaszczają się na medium odżywczym, nie sedymentują, przez co nie zmieniają swoich naturalnych kształtów. Tworzone tak w przyszłości biomateriały będą bardziej przyswajalne w transplantologii.

Medycyna kosmiczna źródłem innowacji i postępu

Rozwój technologii kosmicznych to nie tylko zapewnienie bezpieczeństwa astronautów, ale również tu na ziemi wiąże się z wdrażaniem ułatwionej opieki zdrowotnej, między innymi seniorów. Ułatwienia te to coraz mniej inwazyjne systemy telemetryczne, zdalna komunikacja z pacjentem, e-diagnostyka, czy przyjazne urządzenia do rehabilitacji.

Niestandardowość środowiska na orbicie inspiruje do globalnego rozwoju medycyny światowej. Jest to niezaprzeczalny fakt, jako że nowe potrzeby samoistnie generują innowacje i postęp technologiczny. W dziedzinie onkologii rozwijana jest neutronowa terapia napromieniowania zmian rakowych. NASA opracowała przenośne, składane, mieszczące się w bagażniku samochodowym i łatwe do opanowania, chodziki i wózki

inwalidzkie dla niepełnosprawnych. Rozwój syntezatorów mowy dla pilotów umożliwił wzbogacenie wózków inwalidzkich w funkcję mowy dla osób sparaliżowanych, mających trudności z mówieniem. Rozwijana terapia nieważkości pozwala osobom z ograniczoną mobilnością na ziemi na swobodę ruchów. Znany fizyk Stephen Hawking doświadczył nieważkości w locie paraboidalnym w 2007 r. Ten udany eksperyment doprowadził do rozwoju antygrawitacyjnego urządzenia do rehabilitacji o nazwie anti-gravity treadmill. Z kolei pianka amortyzująca wykorzystywana przez astronautów w czasie przeciążeń znalazła zastosowanie w produkowanych komercyjnie poduszkach i materacach do domów opieki i szpitali. Ich stosowanie zapobiega powstawaniu odparzeń. Pianka z frakcji ciekłokrystalicznej nie tylko odciąża organizm ale również wpływa na lepszy sen.

Opracowywane są indywidualne systemy alarmowania czyli urządzenia awaryjne noszone przez osoby, które mogą wymagać pomocy medycznej w nagłych wypadkach. Po wciśnięciu przycisku urządzenie wysyła zdalnie sygnał o pomoc. System komunikacyjny urządzenia opiera się na telemetrii opracowanej przez NASA. Komunikatory EMS (Environmental Managment Systems), wykorzystywane w telemetrycznej komunikacji pomiędzy ziemią i statkiem kosmicznym do monitoringu zdrowia astronautów z kontrolnych baz naziemnych, znalazły zastosowanie w karetkach pogotowia. Monitoring pacjentów transportowanych do szpitala pozwala na przyspieszenie czasu oceny stanu ich zdrowia. Bardziej zindywidualizowanym przykładem monitoringu są implanty rozruszników serca bazujące na technologiach satelitarnych. Rozrusznik przesyła zdalnie informacje odnośnie aktywności i czasu życia baterii. Podobnie, implanty defibrylatora nieustannie monitorują aktywność serca a w razie potrzeby stymulują elektrycznie celem przywrócenia prawidłowej akcji serca.

Nieinwazyjne metody obrazowania ludzkiego ciała, jak tomografia komputerowa i rezonans magnetyczny, są powszechnie wykorzystywane przez szpitale. Rozwój tych urządzeń nie byłby możliwy bez technologii dostarczonych przez NASA po tym, jak wynaleziono metodę fotografowania Księżyca z większą rozdzielczością. Kolejną kosmiczną inspiracją mającą zastosowanie na Ziemi to elektryczny stymulator mięśni czyli urządzenie wykorzystywane w rehabilitacji. Używanie stymulatora przez pół godziny dziennie pozwala zapobiec zanikowi mięśni u osób sparaliżowanych. Zabieg stymulatorem równoważy pracę mięśni przy joggingu 3 mil tygodniowo. Powstają zautomatyzowane urządzenia ortopedyczne do utrzymywania właściwej postawy. Sprzęt do oceny postawy, zaburzeń równowagi i chodu opracowany został przez centra medyczne NASA. Użycie wibracji w tym systemie pozwoliło na nieinwazyjny pomiar elastyczności kości. Opracowany został również nieinwazyjny monitoring cukrzycy poprzez rozwój techniki mapowania stopy cukrzycowej. Zaawansowane diagnostyczne USG w mikrograwitacji, zdalnie sterowane przez ludzi z kontrolnej stacji naziemnej, potencjalnie może diagnozować setki medycznych przypadków.

Szerokie możliwości zastosowań techniki USG realizowane są również na Ziemi poprzez profesjonalną diagnozę urazów w czasie sportów olimpijskich. Badania nad utylizacją śmieci w zamkniętych ekosystemach udoskonaliły aparaturę do dializy nerek w funkcje przetwarzania i usuwania toksyn z płynu dializacyjnego.

Ambitne wyzwania

Spadek masy ciała, kości, mięśni, problemy utrzymania równowagi, zaburzenia snu, zmiany kardiowaskularne, osłabiona aktywność układu odpornościowego - wszystkie te problemy zdrowotne astronautów mają ludzie starsi, zatem badania zdrowia w kosmosie bezpośrednio związane są z eliminacją procesów starzenia. Może nie każdy zdaje sobie sprawę, ale w chwili obecnej stajemy się świadkami intensywnych badań nad nieśmiertelnością, którą nieustannie trzeba utrzymywać w zamkniętych ekosystemach statków kosmicznych i w przyszłych habitatach na Księżycu i Marsie. Gorącym problemem opracowywanym w agencjach kosmicznych i firmach prywatnych jest również hibernacja i kontrolowana regulacja metabolizmu. W szczególności ten ostatni proces mógłby znacząco ułatwić podróż astronautów na Marsa. Dowiedziono bowiem, że organizm w czasie obniżonego metabolizmu jest mniej podatny na uszkodzenia wywołane radiacją, zużywa mniej energii i generuje mniej produktów przemiany materii.

Obecnie coraz więcej ośrodków naukowo badawczych zainteresowanych jest rozwojem w stronę medycyny kosmicznej. Możliwość testowania leków na stacji orbitalnej oraz w wyspecjalizowanych laboratoriach naziemnych, symulujących warunki kosmiczne, otwiera szerokie możliwości dla firm farmaceutycznych, uniwersytetów i klinik medycznych.

Budowana obecnie, w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, analogowa stacja kosmiczna M.A.R.S. (Modular Analog Research Station) ma uwzględniać w swoich zadaniach badawczych m.in. tematykę telemedycyny i telemetrii.

Biological stress in the stratosphere

Agata Kołodziejczyk[3], Robert Betka[1], Joanna Bobula[2], Joao Cunha[3], Anna Fogtman[4], Tomasz Fuchs[1], Michał Gocyła[2], Jędrzej Górski[5], Maciej Jakimiec[6], Daniel Kaczmara[6], Paulina Kijak[2], Bartosz Moczała[1], Rocarda Schroeder[3], Filip Stachowicz[1]

[1] AGH Space Systems
[2] Jagiellonian University
[3] Advanced Concepts Team (ESA) and Queen Jadwiga Astronomical Observatory
[4] Polish Academy of Sciences
[5] Wrocław University of Technology
[6] Copernicus Project Foundation and West Pomeranian University in Szczecin

Abstract

Stratospheric flight enables detection of multiple early stress responses in living organisms, which can be detected in laboratories using microscopy, biochemical and molecular analysis. In changing climate, rapid environmental changes appear more often, what might influence productivity, product quality and competitive ability of agricultural plants. Understanding the basic mechanisms underlying survival behavior would help to bioengineer new types of resistant plants. Harsh environmental conditions affecting all Eucaryotes are high daily temperature variations, limited water access and exposure to elevated ozone's or other harsh chemicals' concentration. Multiple stress responses appear after exposure to harsh environmental factors. The first stress signal comes from transcription factors upregulating expression of other stress genes. Early stress response genes are very conservative among species. In this study we aimed to analyze dynamics of stress responsivity among yeasts, algae, Antarctic lichens, and plants including model plant *Arabidopsis thaliana* and ozone bioindicator *Nicotiana sp*. The aim of this study was to investigate molecular changes in biological organisms in response to stratospheric stress.

Introduction

Although many stress studies have been performed in laboratory conditions, stratospheric flight provides unique continuous cyclic changes of combined environmental factors such radiation, pressure, temperature, wind and vibrations. Such changes resemble more natural environmental conditions, than these obtained in laboratory. The main aim of our work was to select appropriate species living on the Earth, with different stress responses in the stratosphere. Biological experiments represent probably one of the most tricky part of our project, because it is hard to control all variables in such complex living systems. The challenge is not only for biologists, who had to carefully prepare samples, transport them, and just after the mission go back to the lab for analysis. Also engineers had to face technological problems in design of small laboratory on board of the payload. Mass and volume restrictions imposed simple and economical solutions, which were never tested before. This study was the first attempt to screen early stress molecular and morphological changes in various organisms flying to the second major layer of Earth's atmosphere.

Materials and methods

Biological material

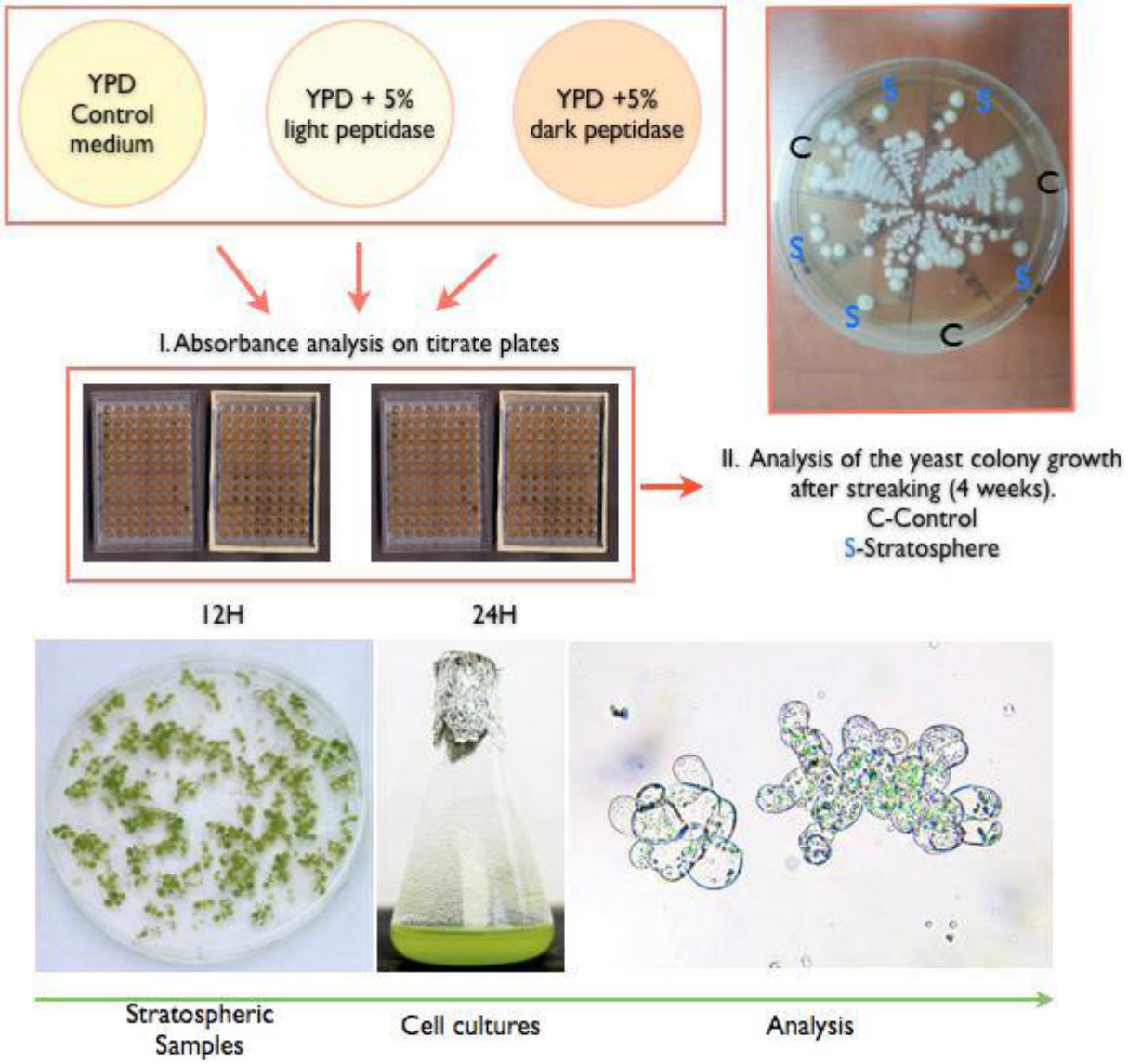


Fig.1. Methods used to analyze stress in tested yeasts (top) and in plants (bottom).

Two yeast strains of *S. cerevisiae*: W303 (W) i S228C (C) were launched in perforated eppenforf vials to the stratosphere and then cultured in two different types of media: synthetic complete (SC) and standard broth YPD (Y) (Sigma). Two different peptidase enzymes were added to the media: 5% of enzyme xxlAG (dark-D) and 5% of enzyme Yield Mash (light-L). The absorbance was measured on titrate plates after 12h and 24h using Infinite® 200 PRO NanoQuant (TEKAN) absorbance reader (bandwidth 9nm, wavelength 600nm). Simultaneously tested and control yeast samples were streaked and grown colonies were analyzed (Fig.1.).

Samples of Antarctic organisms: green algae *Prasiola crispa* and its lichenized form *Turgidosculum complicatulum* were collected in the vicinity of Arctowski Polar Station, King George Island, Maritime Antarctic in February 2015 and were stored at room temperature with the hydration level $\Delta m/m0 = 0.008$, where $m0$ is the dry mass of the sample and Δm is the mass of water taken up from gaseous phase. Five days before experiment samples were placed into 1.5 ml ependorf vials. Part of samples (two per species) were then hydrated from the gaseous phase over a water surface (p/p0=100%) at room temperature. All samples were divided into control and experimental groups. 1H-NMR spectra were collected on Bruker Avance III 300, Bruker Biospin spectrometer (transmitter power 400W; pulse length $\pi/2$ 2.2 μs; bandwidths 300 kHz). Proton Free Induction Decays (FIDs) were recorded at 30 MHz on a high power relaxometer WNS HB 65, Waterloo NMR Spectrometers (pulse lengths $\pi/2 = 1.5$ μs, transmitter power 400 W). The data were processed using commercially available fitting software OriginPro 9.1. Cellular cultures of plant *Arabidopsis thaliana* and 2 week seedlings of *Nicotiana tabacum* were selected for the launch. Experimental vials and Petri plates were attached to the balloon. All control vials were kept on the ground and were coded for further analysis. After the mission, samples were stored either in liquid nitrogen or in RT and kept all under the same conditions and transported back to the laboratory (another 24 hours) for further experiments and analysis.

Balloon mission

Samples were launched to the stratosphere on 16th of April 2016 on specially designed for the mission capsules (general construction from extruded polystyrene foam), from Toruń, Poland (53°46'26.42" N 17°31'36.63" E). Balloon has reached the stratosphere at maximal altitude 34 km. The mission took about 2.5h, 120 min of ascent and 35 min of descent. Temperature varied from 23°C to -58°C. UVA intensity varied from 7-14mW/cm2. After landing, capsules were collected by the members of the stratospheric mission (about 15 min. after landing). Balloon position was tracked using the flight tracker service at www.spacenear.us. Commercially available devices were used for telemetry and monitoring: (1) UV sensors: ML8511 and GUVA-S12SD; (2) The main technological problem of this experiment was to sustain positive temperature of cellular cultures during the flight.

Two One Wire Digital Temperature Sensors - DS18B20 were be applied for monitoring one sensor located inside Petri dish, one outside the capsule. 2×3cm non-isolated Petri dishes and 2×3cm isolated Petri dishes were attached to the upper surface of the capsule. Dishes were thermally stabilized by a metal heater mounted in the upper part of the capsule. (3). Video: 2 MOBIUS Cameras, @ GoPro Cameras; (4) Tracking systems: Habduino Raspberry Pi version Pi-in-The-Sky emiting in RTTY 70cm/APRS 2m., SP1EXB, GPS/GSM Tracker, (5) Power: lithium batteries.

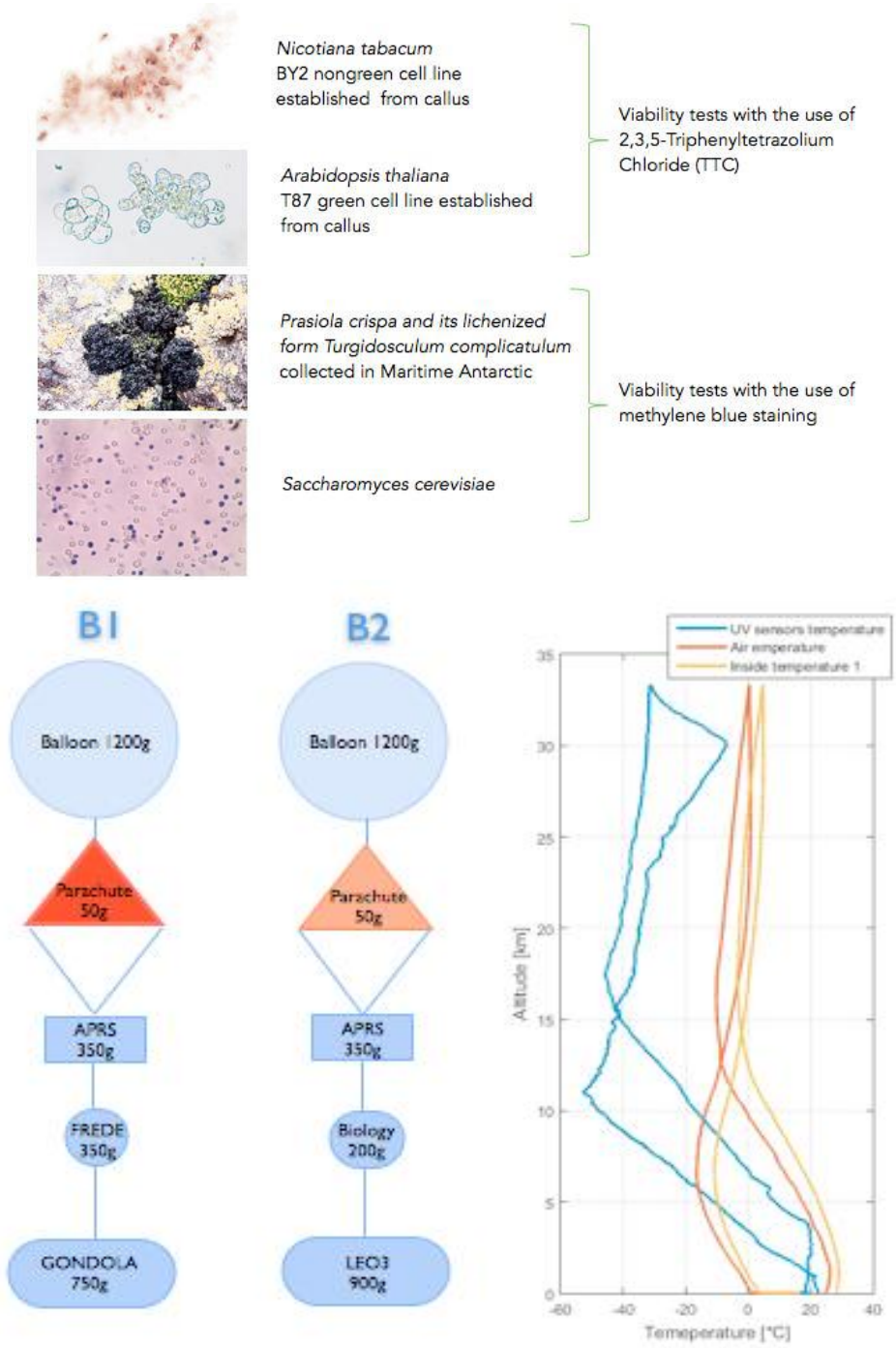


Fig.2. Schematic drawing revealing viability methods used in the study (top). The scheme of balloon assemblies launched one after another from Toruń, and the basic graphs from the Pt1000 temperature sensors recordings during the balloon flight (bottom).

Results

Cell imaging

Viability is strictly related with stress. Depending on the level of stress, cells may undergo none, weak, minor, or hard biochemical transformations including death. Yeast and plant cells were stained for viability just after the balloon recovery and were detected under the bright light Nicon Microphot EPI-

FL313682 microscope (10x objective). We observed no differences in yeasts and lichens survival rates, however detailed studies in yeasts suggest difference in survival dynamics since we could observe not only dead cells but also dying ones grouped as „others" (Fig.3. right).

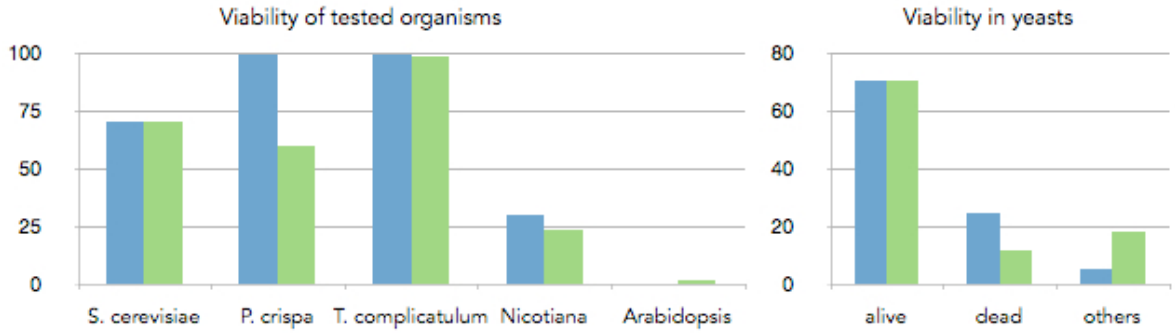


Fig.3. Different organisms react differently to the stratospheric conditions. In yeasts and lichen no differences were observed. (blue – stratosphere, green – control)

Yeast cultures

Temporary stress may affect reproductive mechanisms of treated organisms, which can be seen in next generations of cellular lines. In order to check out this hypothesis, two strains of yeasts were tested on different peptidase media (Fig.4.). Some yeasts grow fast (foggy holes), some very slow (transparent holes). No significant absorbance differences were seen during first 24H growth. Yeast cultures analysis was made regarding growth morphology. No visible mutations have been detected, but difference in yeasts behavior was observed. Yeasts seeded from stratospheric samples (S) revealed less tendency for group cooperation, were more rigid and dry comparing to controls.

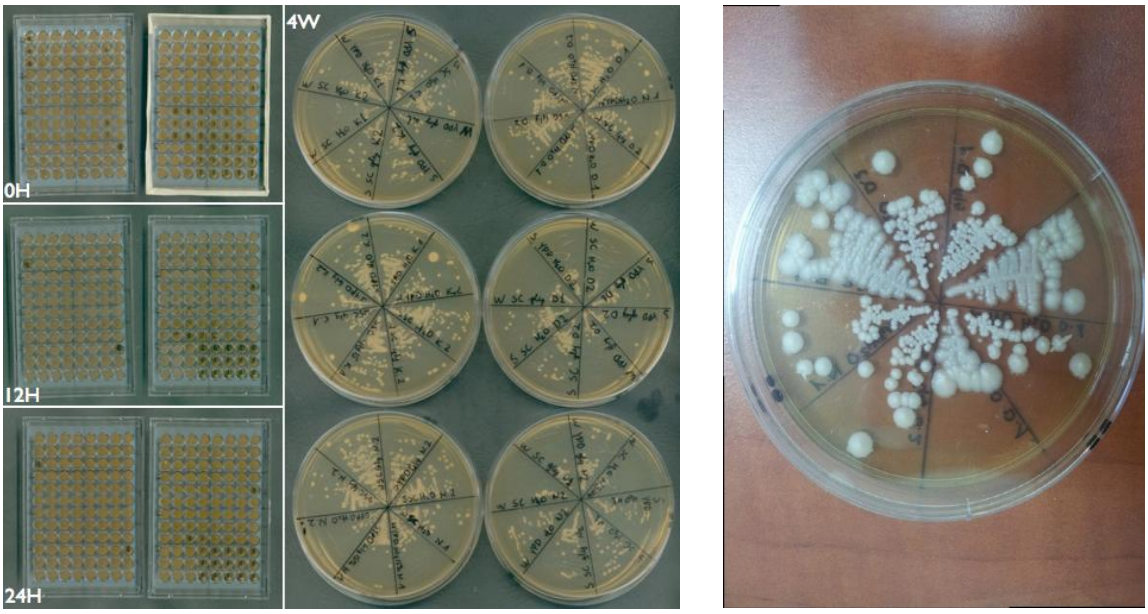


Fig. 4. Multiple yeast samples were analyzed on titrate plates and Petri dishes. Transparent holes are control solutions without yeasts. After 4 weeks new yeast generations revealed morphological differences in growth. Control samples (C) grown more compact in communes, where more humid and dispersed, comparing to the stratospheric ones (S).

NMR studies reveal molecular changes in lichens

NMR spectrometry reveals molecular structure of tested samples. H-NMR spectra were fitted well by superposition of a Gaussian component coming from protons of solid matrix of thallus and one averaged Lorentzian component coming from protons of all water fractions in different motional states:

$$y = y_0 + \frac{S_G}{\Delta f_G \sqrt{\pi/2}} \exp\left(-2\ln 4 \left(\frac{f-f_G}{\Delta f_G}\right)^2\right) + \frac{2S_L}{\pi}\left(\frac{\Delta f_L}{4(f-\Delta f_L)^2}\right) \qquad (1)$$

where: Δf_G, Δf_L - half width of Gaussian, Lorentzian ; f_G, f_L - position of the peak of Gaussian, Lorentzian; S_G, S_L – area under Gaussian, Lorentzian lines (Equation 1).

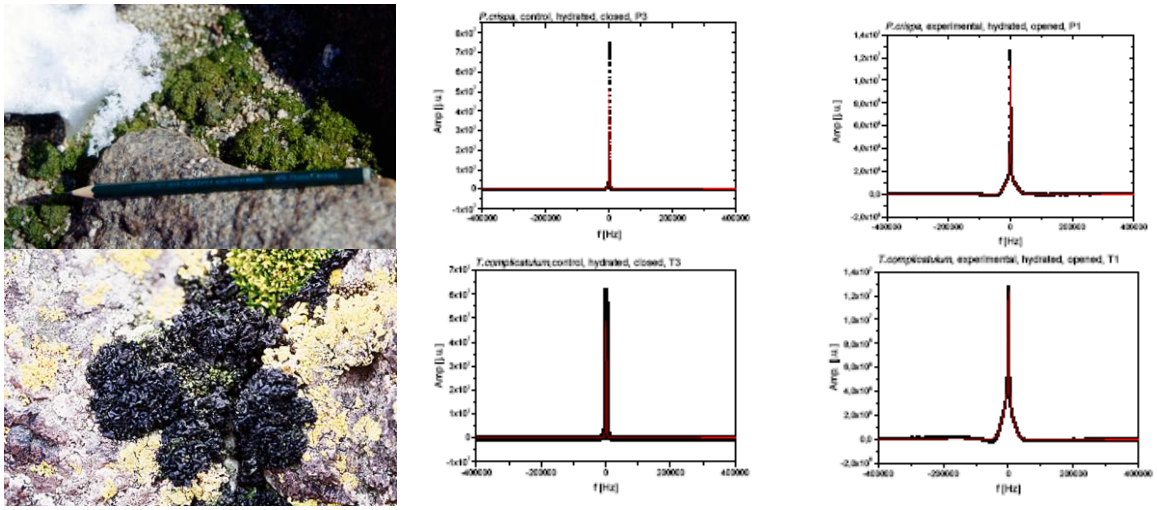


Fig. 5. 1H-NMR spectra recorded for *P. crispa* and *T. complicatulum* samples. The red, continuous line is a superposition of Gaussian and Lorentzian (see Equation 1).

Proton Free Induction Decays

Proton free induction decays were fitted well by superposition of a Gaussian component coming from protons of solid matrix of thallus and exponentially relaxing mobile signal component:

$$FID(t) = S \exp\left(-\left(\frac{t}{T_{2G}^*}\right)^2\right) + L_1 \exp\left(-\frac{t}{T_{2L}^*}\right) \qquad (2)$$

where: S is the amplitude of the Gaussian component; T_{2G}^* is the 1/e – decay time for Gaussian decay; L1 is the amplitude of exponential component and is relaxation time for the exponential component (Equation 2).

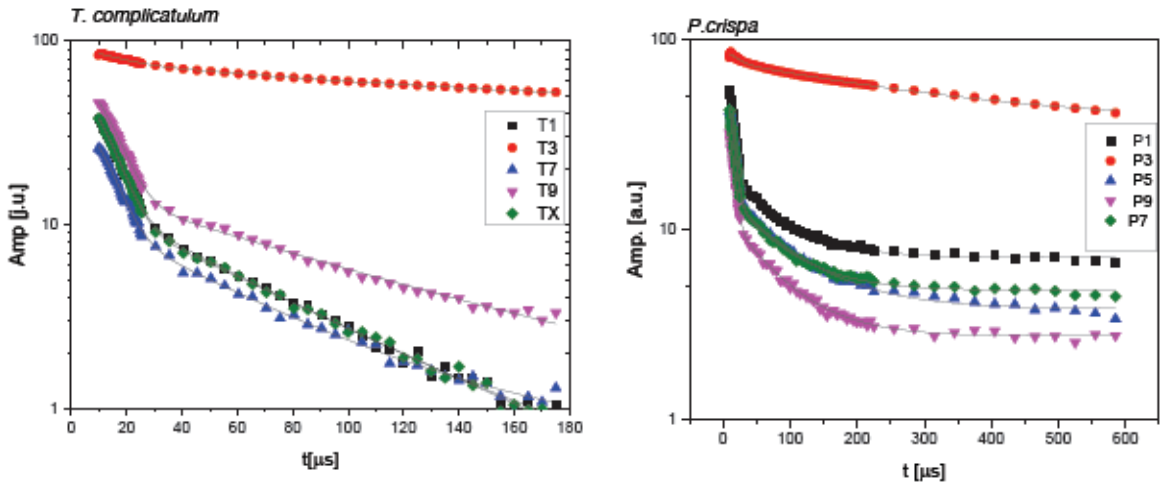


Fig.6. Proton free induction decays recorded for *T. complicatulum* samples and *P. crispa* samples. The continuous line is a superposition of a Gaussian and an exponential function (see Equation 2.) T1, T9 - T. *complicatulum* stratospheric samples, TX, T3,T7 - controls; P1, P5, P9 - *P. crispa* stratospheric samples, P3, P7 control.

Conclusions

In this study we tried to screen traces of stress in selected Eucaryote species after exposure to stratospheric conditions. We looked at viability, cell culture's morphology, cell growth, new generations, and molecular changes using nuclear magnetic resonance technique. Among selected species, the most resistant organisms were yeasts and lichens. Since no differences were observed for vitality tests, we hoped to detect mild stress reactions in this species. As expected, NMR analysis revealed differences in obtained spectra. More studies need to be performed for better understanding of this phenomenon. We already started molecular studies using histone modification labeling and RT-PCR techniques to detect early response stress genes. Since these genes are conservative among plant species, we compare results from *Arabidopsis* with *Nicotiana* and lichen. Our genes of interest are transcription factors up regulating expression of stress genes. Particularly we are now looking at DREB family of genes and master regulatory gene COR15A. In contrary to yeasts and lichens, plants were very sensitive to the flight conditions. Interestingly, *Nicotiana tabacum* cells were more viable after the flight then control cells what means, that fast protective mechanisms might be activated inside the stressed cells. No deleterious ozone effect on *Nicotiana* was observed suggesting that short exposure to elevated ozone concentration might not affect chlorophyll degradation. To summarize, we believe that stratosphere is a very good environment to study stress in living organisms. It is also important to run such studies as soon as possible to understand putative advantages and disadvantages of exploring stratosphere by living organisms, since soon we will fly to stratosphere in person. Thales Company plans to build the first Stratobus Prototype Flight Model in 2019. After flight testing, certification and authorization to fly, the product is expected to be commercialized around 2020!

We also believe, that our work will inspire people to expand their horizons of scientific interest and look up to the stratosphere. Organized educational Near Space Conference in Toruń (http://nearspace.pl/), attracted more than 200 people from

different specialities. We presented the topic of our mission for a national television and two types of radio channels. More than 20 school students were involved in data analysis of yeasts, more than 20 students learned about the organized mission and helped to make it real. Our activity significantly enhanced the interest of near space project in Poland, what we see in obtaining several offers for collaboration.

Acknowledgements

We would like to thank all cooperating institutes and universities, which enabled access to the professional scientific apparatus and shared methodological know-how experience (Henryk Arctowski Polish Antarctic Station, Polish Academy of Sciences, Jagiellonian University and European Space Agency). We thank Copernicus Project Foundation for overall support in the logistics of the mission, particularly we would like to thank Artur Schreiber for managing the T&R Team, Ireneusz Kaczmara for car driving, and students of AGH Space Systems for the selfless help. We thank journalists, and all, who supported us.

Literature

Bandurska et al., 2009, Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica 51/2, 37
Booker et al., 2009, Journal of Integrative Plant Biology
Tarhanen et al., 1997, Annals of Botany 80, 611

***

Earth view from the stratospheric baloon.

The model parameters of the mean light curves of the variable red giant stars in the near infrared colour-bands

Larisa S. Kudashkina

Odessa National Maritime University

Abstract

The observational data of the near infrared bands (H and K) have been used for the modeling mean light curves. Also the visual observational data have been fitted the same.

The infrared and visual mean light curves were compared. All parameters and Fourier-coefficients of the mean light curves were obtained. The periodogram analysis of the variation of the brightness have been carried out.

The observational data of the near infrared bands (H and K) from the article by Whitelock P.A., Marang F., Feast M. «Infrared colours for Mira-like long-period variables found in the Hipparcos catalogue» (2000) were used. 10 stars were processed. Its list in the table 1.

Table 1. The list of the stars.

Star	Number of observations	Type	*Spectral type*	Distance, kpc	Period, d
o Cet	104	Mira	M5e-M9e	0.12	331
R Leo	53	Mira	M6e-M9.5e	0.11	309
S Car	34	Mira	M2-M3e	0.51	149
U Her	20	Mira	M6.5e-M9.5e	0.38	406
X Oph	29	Mira	K1IIIv comp	0.24	328
R Aql	45	Mira	M5e-M9e	0.24	284
RR Aql	29	Mira	M6e-M9	0.54	394
S Ori	101	Mira	M6.5e-M9.5e	0.43	414
S Scl	122	Mira	M7-M8IIIe	0.47	362
L_2 Pup	77	SRb	M5e	-	140

The period is from General Catalogue of Variable Stars (GCVS) in this table. For the analysis we have used the program by Andronov (1994, 2003) which allows the use of a trigonometric polynomial fit:

$$m(t) = a_0 - \sum_{k=1}^{s} r_k \cos(2\pi k\,(t-t_k)/P) \quad ,$$

were r_k are semi amplitudes and t_k are initial epochs for the brightness maximum (minimum magnitude) of the wave with a period $P_k=P/k$.

The preliminary value of the period was corrected by using the method of differential corrections for each order *s* of the trigonometric polynomial. Next, the r.m.s. residuals from the fit were analyzed using Fischer's criterion, and the value of *s* corresponding to the statistical significance of the last harmonic (≥ 0.99) was determined.

All computed parameters of light curves are subdivided into three groups: first, fundamental (period P, amplitude $\Delta m = m_{min} - m_{max}$, asymmetry $f = \varphi_{max} - \varphi_{min}$, degree of the trigonometric polynomial *s*); second, parameters of the extreme slope of the light curve; third, additional (parameters of harmonics).

T_{0max} and T_{0min} – epoch extreme; m_i and m_d – the maximal slope of the incline for ascending and descending branches; t_i and t_d – the characteristic time of the increase of brightness by 1^m for ascending and descending branches; φ_k – is the phase of the maximum of this wave; and φ_m is the phase of maximum of the composite fit. Thus $\varphi_3 - 3\varphi_1$ is the phase of maximum of the second harmonic in respect to the main wave; m_{is} and m_{ds} – the ratio of the maximal slope to that obtained for a pure sinusoid of the same period P and amplitude Δm for ascending and descending branches.

The results are given in the tables 2 and 3. For the most stars, the values of the periods are close to GCVS-data. The main light curves are showed in the pictures.

The light curves of almost all stars in H- and K-band are symmetrical, that is the one sinusoidal wave (*s*=1). The exceptions are the light curves of the next stars: R Leo, R Aql in K-band and S Ori, S Scl in both bands (*s*=2). These curves are wide minimum or the hump near minimum. But the error in these phases is sufficiently large because of deficit of the observations in the minimum of the brightness. Contrary, to the similar parameters in the visual region fashion very asymmetrical light curves.

Table 2.1. The model parameters and the Fourier-coefficients for the mean light curves in the H-band.

Star	O Cet	R Aql	R Leo	RR Aql	S Car
P, d	333.52±.37	280.01±.43	312.79±.06	390.89±1.70	149.94±.11
Δm	1.055±.025	.657±.035	.677±.032	1.199±.047	.578±.040
$T_{0\,max}$	7895±2	6871±3	7983±4	4209±5	6338±3
$T_{0\,min}$	8061±2	6731±3	7827±4	4404±5	6263±3
m_{max}	-2.60±.03	-.57±.03	-2.38±.03	.48±.06	1.77±.04
m_{min}	-1.55±.03	.09±.04	-1.70±.03	1.68±.04	2.35±.04
s	1	1	1	1	1
m_i	-.0099±.0004	-.0074±.0007	-.0068±.0005	-.0096±.0006	-.0121±.0014
m_d	.0099±.0004	.0074±.0007	.0068±.0005	.0096±.0006	.0121±.0014
t_i	-101±4	-136±12	-147±11	-104±6	-83±9
t_d	101±4	136±12	147±11	104±6	83±9
m_{is}	1.00±.04	1.00±.09	1.00±.08	1.00±.07	1.00±.04
m_{ds}	1.00±.04	1.00±.09	1.00±.08	1.00±.07	1.00±.04
r_1	.53±.02	.33±.03	.34±.03	.60±.04	.29±.03
$\varphi_{max}\,(r_1)$	-.05±.01	.18±.01	.03±.01	-.05±.01	.05±.02

Table 2.1 (continued).

Star	L_2 Pup	U Her	S Ori	S Scl	X Oph
P, d	137.14±.19	407.00±.67	414.33±.50	367.03±.25	332.56±.74
Δm	.353±.028	.959±.029	.496±.020	.886±.016	.466±.022
$T_{0\ max}$	7974±3	8320±5	7335±3	6795±3	7465±6
$T_{0\ min}$	7905±3	8523±5	7086±11	6921±6	7631±6
m_{max}	-2.11±.03	-.20±.04	.10±.02	.29±.02	-.81±.04
m_{min}	-1.75±.03	.76±.05	.59±.02	1.17±.06	-.35±.02
s	1	1	2	2	1
m_i	-.0081 ±.0011	-.0074±.0005	-.0045±.0004	-.0093 ±.0005	-.0044±.0005
m_d	.0081 ±.0011	.0074±.0005	.0051±.0004	.0114 ±.0010	.0044±.0005
t_i	-124 ±16	-135±9	-224±19	-108 ±6	-227±24
t_d	124 ±16	135±9	197±16	87 ±8	227±24
m_{is}	1.00±.13	1.00±.07	1.19±.10	1.22 ±.07	1.00±.11
m_{ds}	1.00±.13	1.00±.07	1.35±.11	1.51 ±.14	1.00±.11
r_1	.18±.02	.48±.03	.24±.01	.38 ±.01	.23±.03
$\varphi_{max}\ (r_1)$	.31±.02	-.45±.01	.19±.01	.49 ±.02	-.04±.02
r_2			.06 ±.01	.16 ±.02	
$\varphi_k(r_2) - 2\varphi_k(r_1)$			.44 ±.03	.07 ±.02	

Table 2.2. The model parameters and the Fourier-coefficients for the mean light curves in the K-band.

Star	O Cet	R Aql	R Leo	RR Aql	S Car
P, d	333.79±.39	280.60±.34	311.03±.83	390.67±1.74	146.77±.13
Δm	.819±.020	.555±.034	.503±.029	.945±.038	.490±.037
$T_{0\ max}$	7897±2	6871±4	7993±5	4210±5	6273±3
$T_{0\ min}$	8064±2	6765±9	8121±21	4405±5	6346±3
m_{max}	-2.95±.02	-1.04±.03	-2.87±.03	.01±.05	1.55±.04
m_{min}	-2.13±.02	-.49±.04	-2.37±.03	.95±.03	2.04±.04
s	1	2	2	1	1
m_i	-.0077±.0003	-.0087±.0011	-.0069±.0008	-.0076±.0005	-.0105±.0014
m_d	.0077±.0003	.0073±.0010	.0070±.0008	.0076±.0005	.0105±.0014
t_i	-130±6	-115±15	-144±17	-132±8	-95±12
t_d	130±6	137±19	144±16	132±8	95±12
m_{is}	1.00±.04	1.40±.18	1.37±.16	1.00±.06	1.00±.06
m_{ds}	1.00±.04	1.17±.17	1.37±.15	1.00±.06	1.00±.06
r_1	.41±.02	.26±.02	.25±.02	.47±.03	.25±.03
$\varphi_{max}\ (r_1)$	-.02±.01	.20±.01	.06±.01	-.04±.01	-.40± .02
r_2		.08 ±.02	.07 ±.02		
$\varphi_k(r_2) - 2\varphi_k(r_1)$		.32 ±.05	.12 ±.05		

Table 2.2 (continued). The model parameters and the Fourier-coefficients for the mean light curves in the K-band.

Star	L_2 Pup	U Her	S Ori	S Scl	X Oph
P, d	137.19 ±.18	406.87±.74	414.00±.50	366.95±.28	332.80±.76
Δm	.290 ±.022	.748±.028	.408±.018	.702±.015	.400±.020
$T_{0\ max}$	7974 ±3	8325±6	7341±4	6798±4	7474±7
$T_{0\ min}$	8043 ±3	8529±6	7171±18	6922±8	7641±7
m_{max}	-2.48 ±.03	-.64±.04	-.32±.02	-.06±.02	-1.20±.03
m_{min}	-2.19 ±.02	.11±.04	.09±.02	.64±.06	-.80±.02
s	1	1	2	2	1
m_i	-.0066±.0009	-.0058±.0005	-.0042±.0004	-.0082±.0005	-.0038±.0004
m_d	.0066±.0009	.0058±.0005	.0041±.0004	.0092±.0010	.0038±.0004
t_i	-151±19	-173±14	-238±20	-122±7	-265±29
t_d	151±19	173±14	246±22	108±12	265±29
m_{is}	1.00±.13	1.00±.08	1.36±.11	1.36±.08	1.00±.10
m_{ds}	1.00±.13	1.00±.08	1.31±.12	1.54±17	1.00±.10
r_1	.14±.02	.37±.03	.20±.01	.30±.01	.20±.02
$\varphi_{max}\ (r_1)$	-.18±.02	-.44±.02	.23±.01	-.49±.02	-.012±.02
r_2			.06 ±.01	.14 ±.02	
$\varphi_k(r_2) - 2\varphi_k(r_1)$			.44 ±.03	.07 ±.02	

Table 3. The model parameters and the Fourier-coefficients for the visual mean light curves.

Star	O Cet	R Aql	R Leo	RR Aql	S Car
P, d	333.33±.02	280.84±.01	314.16±.02	391.7±.4	150.05±.01
Δm	5.41±.02	4.54±.02	4.08±.01	5.09±.06	2.80±.01
$T_{0\ max}$	6500.2±.7	6546.4±.7	6367.3±.5	3754±2	6467.2±.8
$T_{0\ min}$	6382±2	6428.8±.9	6230±3	3582±6	6392.5±.3
m_{max}	3.64±.01	6.48±.01	5.81±.01	8.92±.05	5.91±.01
m_{min}	9.05±.02	11.02±.02	9.89±.02	14.0±.1	8.71±.02
s	6	9	8	4	4
m_i	-.1072±.0011	-.062±.002	-.061±.001	-.086±.003	-.077±.002
m_d	.0453±.0010	.046±.002	.035±.001	.040±.005	.062±.002
t_i	-9.3±.1	-16.0±.6	-16.5±.3	-11.6±.4	-13.0±.3
t_d	22.1±.5	22±1	29±1	25±3	16.0±.4
m_{is}	2.10±.02	1.23±.05	1.49±.03	2.11±.08	1.31±.03
m_{ds}	.89±.02	.90±.04	.85±.03	1.0±.1	1.07±.03
r_1	2.64±.01	2.14±.01	1.867±.005	2.65±.5	1.28±.01
$\varphi_{max}\ (r_1)$	.3289±.0004	.4433±.0004	.2446±.0004	.121±.003	.272±.001
r_2	.63±.01	.15±.01	.241±.005	.42±.06	.26±.01
$\varphi_k(r_2) - 2\varphi_k(r_1)$	.491±.002	-.382±.006	.380±.003	.03±.02	.013±.004

Table 3. (continued).

Star	L_2 Pup	U Her	S Ori	S Scl	X Oph
P, d	137.16±.02	407.06±.02	414.46±.06	367.86±.04	332.37±.04
Δm	.97±.01	4.77±.01	4.52±.04	6.02±.04	1.53±.01
$T_{0\ max}$	6590.1±.6	6623.3±.4	6861.5±.7	7112.6±.6	6733.6±.6
$T_{0\ min}$	6654±1	6857±1	6640±3	7308±6	6897±2
m_{max}	4.34±.01	7.69±.01	8.40±.02	6.75±.02	7.15±.01
m_{min}	5.31±.01	12.46±.02	12.92±.04	12.78±.07	8.68±.01
s	2	7	4	5	5
m_i	-.0212±.0008	-.0748±.0009	-.0366±.0009	-.066±.001	-.0143±.0005
m_d	.0252±.0008	.0286±.0009	.035±.001	.046±.002	.0167±.0005
t_i	-47±2	-13.4±.2	-27.3±.7	-15.2±.3	-70±2
t_d	40±1	35±1	28±1	22±1	60±2
m_{is}	.95±.04	2.03±.03	1.07±.03	1.28±.03	.99±.03
m_{ds}	1.14±.04	.78±.02	1.03±.03	.90±.05	1.15±.03
r_1	.48±.01	2.05±.01	2.00±.01	2.75±.04	.716±.004
φ_{max} (r_1)	-.316±.003	-.0242±.0005	.089±.001	-.376±.002	-.343±.001
r_2	.05±.01	.39±.01	.31±.01	.20±.03	.130±.004
$\varphi_k(r_2) - 2\varphi_k(r_1)$	.46±.03	-.163±.003	.450±.007	.20±.03	.338±.004

The dependence of the semi amplitude of the main wave (r_1) of the light curve versus the minimal value of the spectral type (visual) is given in the fig. 3. The data for r_1 (visual) for 48 stars were used from the article by Kudashkina & Andronov (1996).

The periodogram analysis detects the several frequencies, which are multiple of main. The results are tabulated in the table 4. The example of the periodograms is shown on the fig. 4. *S(f)* – height of peak at the periodogram, which is a square of the correlation coefficient between the observations and the sine fit.

Table 4. The results of the periodogram analysis.

P, d	O Cet	R Aql	R Leo	RR Aql	S Car	L_2 Pup	U Her	S Ori	S Scl	X Oph
P(H)	333.52	280.01	312.79	390.89	149.94	137.14	407.00	414.33	367.03	332.56
P(K)	333.79	280.60	311.03	390.67	146.77	137.19	406.87	414.00	366.95	332.80
P(vis)	333.33	280.84	314.16	391.7	150.05	137.16	407.06	414.46	367.86	332.37
P/5									73.51	
P/3				129.85			135.79	138.53	122.52	
P/2	166.62		156.73	180.27	74.99		203.56	206.58		166.15
~P, ~1.5P	532.83					134.45		394.5	649	316.8
2P		582.76	626.43							
~3P					425.8		1263			
~4P	1420		1146	1579						
>10P		5461				5511				

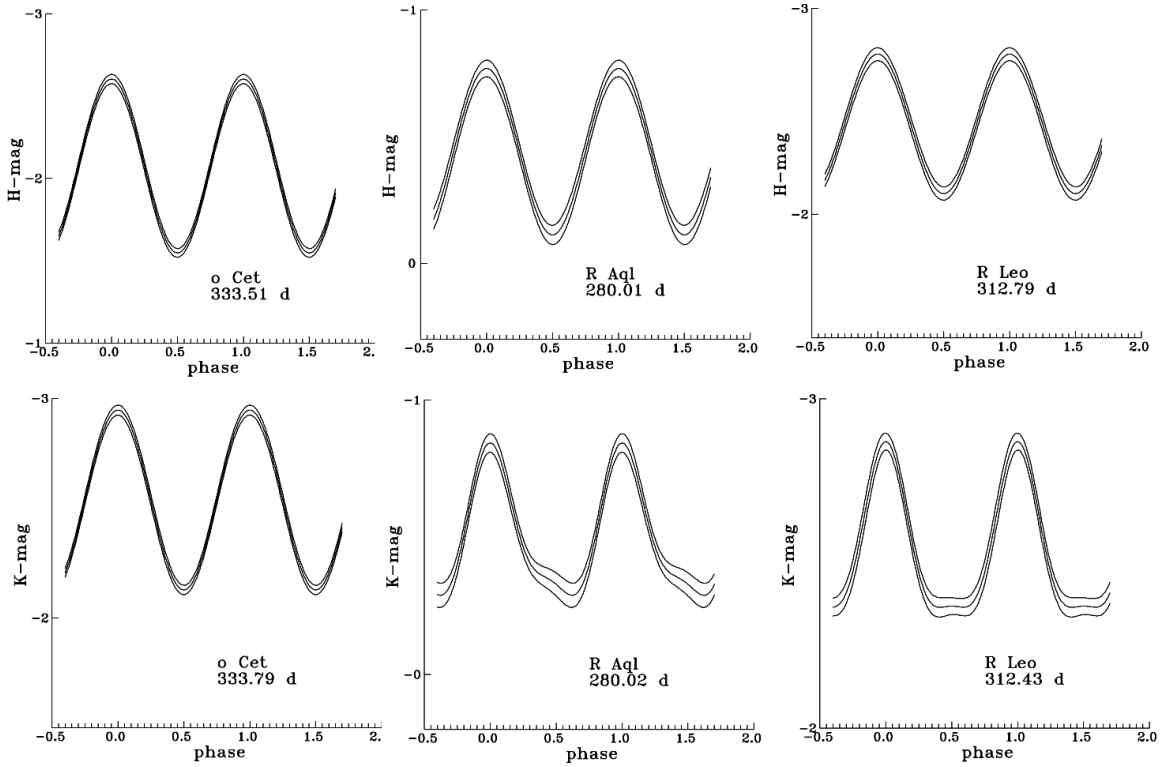


Fig. 1. The example of mean light curves of the Mira-type stars in H and K bands. There are fit line and ±1σ in the figure.

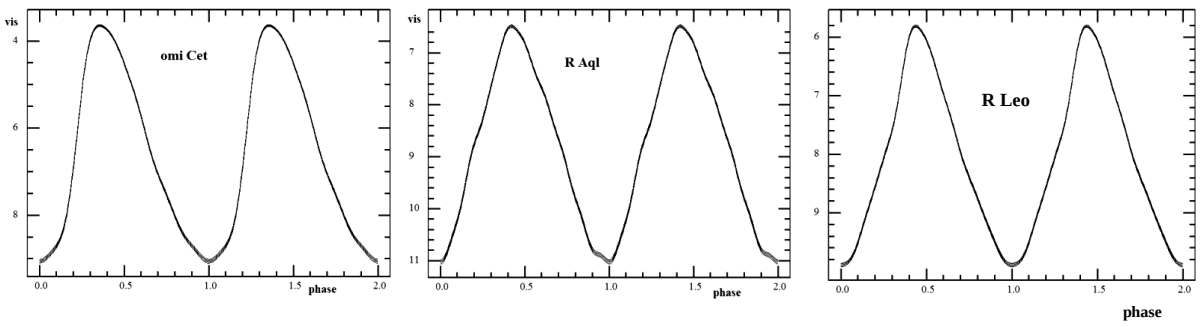


Fig. 2. The same for the visual light curves.

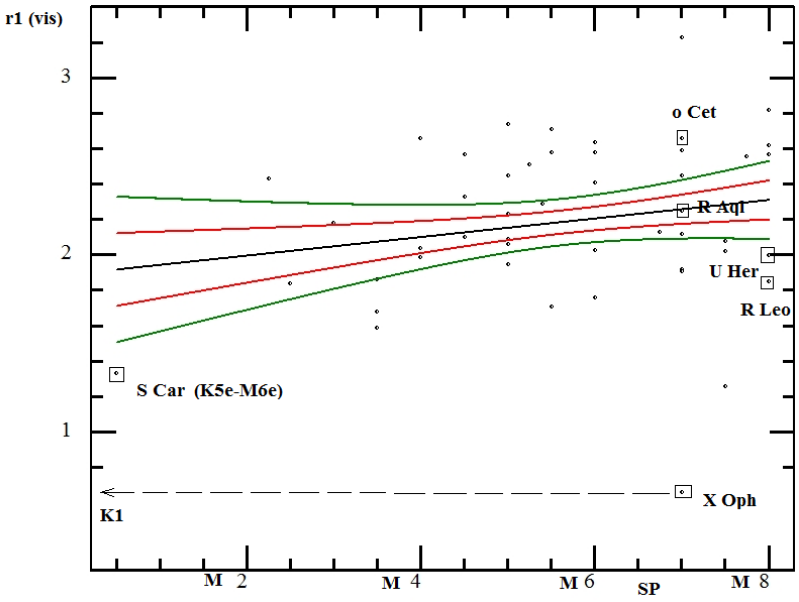


Fig. 3. The spectral types are from GCVS (the average values). The several individual stars are point. If for the star X Oph to take on the value from table 1, than the location of this star shifts along the pointer. The linear approximation have been performed using the program MCV (Andronov & Baklanov, 2004). The line regression coefficients are not statistically significant and are not listed here.

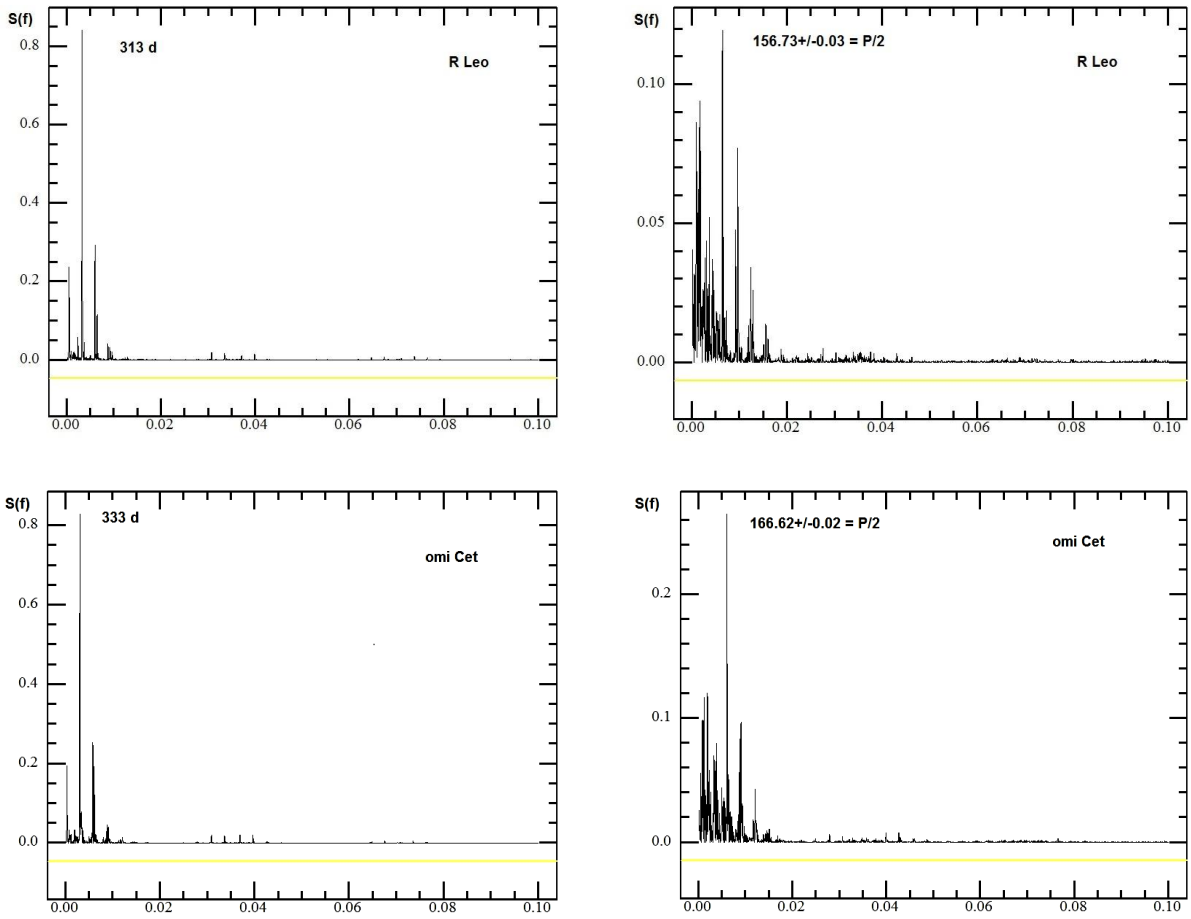


Fig. 4. The examples of the results of the periodogram analysis:
test function S(f) vs frequency f=1/P.

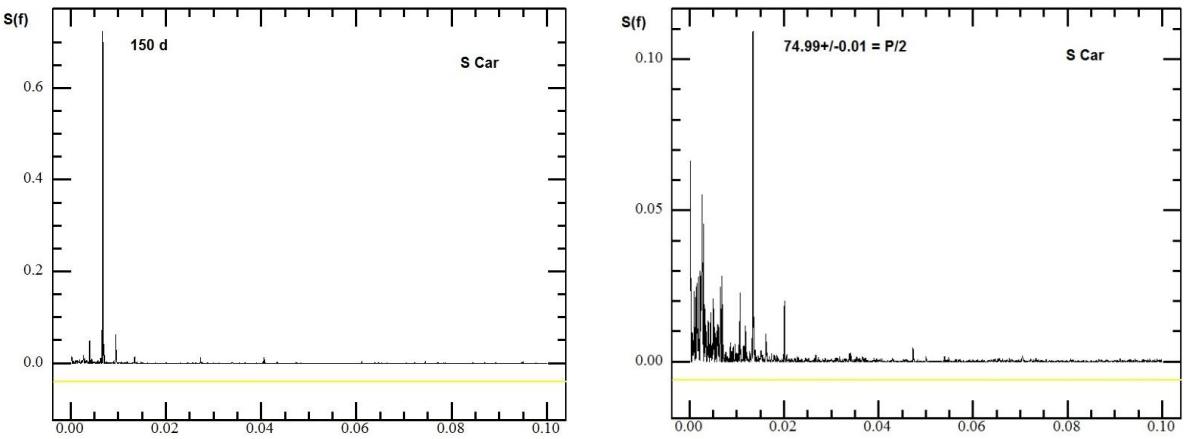


Fig. 4. (continued)

References

Andronov I.L., 2003, ASP Conf. Ser. 292, 391
Andronov I.L., Odessa Astronomical Publications, 1994, v.7, 49
Andronov I.L., Baklanov A.V. Astronomical School's Report, 2004, 5, 264
Kudashkina L.S., Andronov I.L. 1996: Odessa Astron. Publ., 9, 108
Kudashkina L.S., Andronov I.L., Proc. IAU Symp. № 180 "Planetary Nebulae", Groningen (The Netherlands). – 1996, p. 353
Whitelock P.A., Marang F., Feast M. Mon. Not. R. Astron. Soc., 2000, 319, 728

***

Larisa Kudashkina i Bogdan Wszołek.

Sztuczki kwantowe w obrazowaniu astronomicznym

Aleksander Kurek[1], Adam Popowicz[2]

[1] Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego
[2] Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej

Niniejszy artykuł stanowi przegląd przedsięwzięć z pograniczna mechaniki kwantowej i optyki kwantowej, które mogą w niedalekiej przyszłości doprowadzić do otwarcia przed astronomią możliwości obrazowania obiektów kosmicznych z niespotykaną dotąd rozdzielczością kątową.

Wstęp

Rozdzielczość kątowa (w poruszanym tutaj kontekście popularnie zwana „ostrością zdjęcia") obrazowania astronomicznego, a raczej jej zwiększanie za wszelką cenę, to temat nienowy. W [1] przedstawiono pokrótce przegląd możliwości, jakie otwierają się przed astronomią w następnych dekadach na zwiększenie rozdzielczości w pasmach: UV, optycznym, podczerwonym oraz radiowym. Wyższa rozdzielczość kątowa oznacza w istocie tyle, że udało nam się dokładniej odczytać informację o kierunku, z którego dotarło światło emitowane przez obiekt astrofizyczny. Zwykle do tej pory rejestrowało się duże lub też bardzo duże ilości kwantów światła – fotonów – jednocześnie. Metody kwantowe natomiast zwykle stawiają sobie za cel jak najlepsze odczytywanie informacji nawet z pojedynczych fotonów.

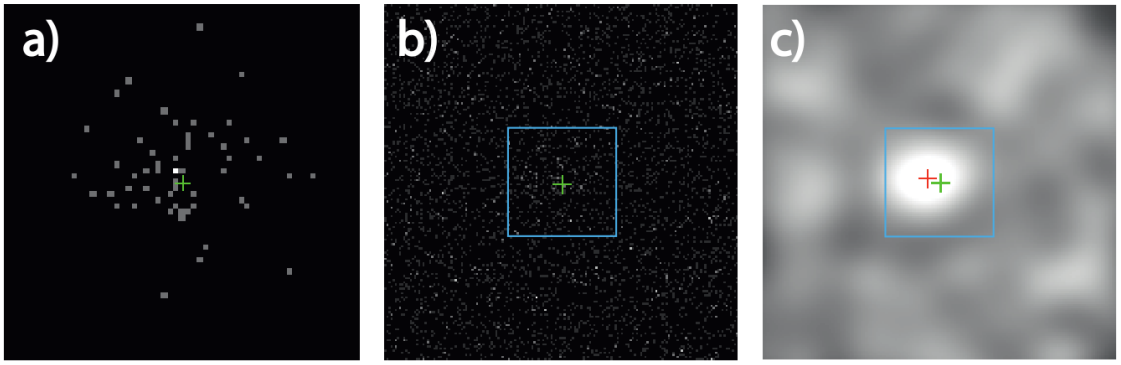
Zastosowanie parametrycznego wzmacniania światła w astronomii

Pierwszą metodą, którą w tym celu rozważano, jest tzw. wzmacnianie parametryczne światła (OPA, *Optical Light Amplification*) [2, 3], popularnie, choć nie do końca poprawnie, zwane „klonowaniem kwantowym" (*quantum cloning*). Otóż jeśli przez tzw. medium klonujące, któremu wcześniej dostarczyliśmy energię np. silnymi błyskami UV, przeleci foton, z dużym prawdopodobieństwem nastąpi proces emisji wymuszonej: foton ten spowoduje, że część energii medium zamieni się w fotony – co ważne, o prawie identycznej funkcji falowej, jaką posiadał przelatujący foton. Innymi słowy, zostaną wyprodukowane dokładne kopie – klony – tego fotonu. Tym samym ułatwione będzie dokładne odczytanie informacji o kącie nadejścia fotonu, gdyż możemy ją odczytywać zarówno z oryginalnego fotonu, jaki z jego kopii. Mechanika kwantowa wymaga, aby od momentu kopiowania „oryginalny" foton był niemożliwy do odróżnienia od jego kopii. Mamy zatem chmurę prawie identycznych fotonów (rys. 1a), z których jeden jest „ojcem" pozostałych a którą możemy zarejestrować kamerą, np. typu EMCCD [4], i wyznaczyć jej centroid (środek ciężkości). Zastosowanie OPA do zwiększania rozdzielczości kątowej opiera się na założeniu, że tak wyznaczony centroid jest dokładniejszą informacją o kącie padania światła, niż jeden „oryginalny" foton, który z powodu przejścia przez tor optyczny teleskopu, utracił większość informacji o kącie pada-

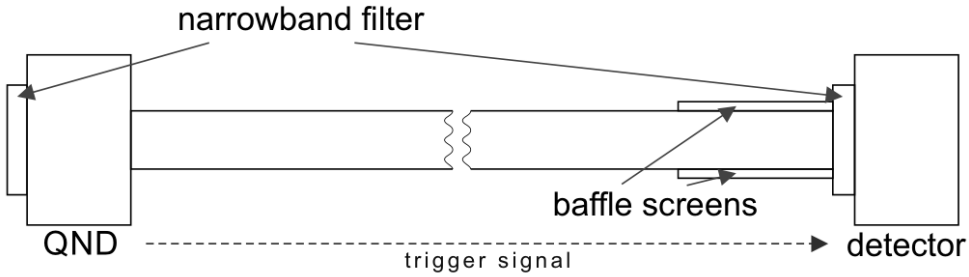
nia i możliwy jest do zarejestrowania tylko jako mocno niedopróbkowany wzorzec dyfrakcyjny. Prościej mówiąc, obraz jest rysowany węższym pędzlem – centroidami chmur klonów, a nie – jak w wypadku klasycznego teleskopu – wzorcami dyfrakcyjnymi fotonów.

Zastosowanie OPA w astronomii zostało pierwszy raz omówione w 1994 roku przez S. Prasada [5]. Autor doszedł do wniosku, że szum towarzyszący nieodłącznie kopiowaniu (tzw. emisja spontaniczna, rys. 1b) jest zbyt duży, aby nie zakłócić precyzyjnego wyznaczania centroidów i tym samym – że OPA nie może zostać zastosowana do zwiększania intensywności światła dla celów naukowych. Chociaż sygnał można kopiować prawie w nieskończoność, szum kopiowany jest szybciej od sygnału i nie da się tego w żaden sposób uniknąć, gdyż warunkuje to zasada nieoznaczoności.

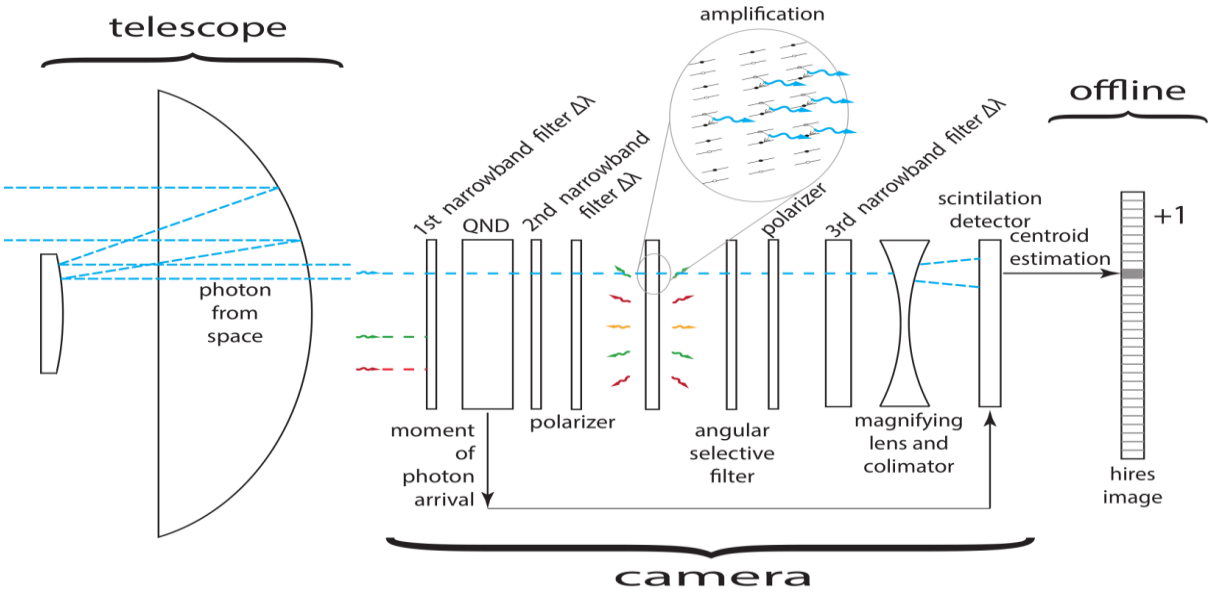
Przekonanie o bezużyteczności OPA w astronomii utrzymywało się aż do 2014 roku, kiedy to A. Kellerer zaproponowała wykorzystanie OPA do zwiększania rozdzielczości kątowej (rys 2 i 3) [6-7]. Zastrzegła też, że nie jest jeszcze pewne, czy także i w tym wypadku szum nie jest zbyt silny [8]. W 2016 roku wykazano, że w modelu zaproponowanym przez Kellerer szum nie jest jednak na tyle silny, aby uniemożliwić działanie urządzenia, i przy zastosowaniu odpowiedniej analizy danych sygnał jest wystarczająco widoczny (rys 1c). Jednocześnie autorzy zaproponowali również nieco inny schemat urządzenia, wg nich bardziej realny fizycznie (rys. 4). Niestety, kilka miesięcy później okazało się, że szum w tym modelu nie jest poprawnie definiowany. Zakładane było dość jednorodne tło, a w rzeczywistości byłoby ono mocno zgrudkowane [9]. Przy analizie pojedynczego zdarzenia takie grudki szumu są nieodróżnialne od sygnału (rys. 5) i tym samym wydajność zaproponowanej metody bardzo spadła. Obecnie wydaje się, że w astronomii OPA może być z powodzeniem wykorzystane tylko do szybszej astrometrii, niż przy użyciu klasycznej optyki – ale niestety nie do otrzymywania wysokorozdzielczych zdjęć obiektów rozciągłych [9]. Ponadto urządzenie bazujące na OPA musiałoby być bardzo duże (wielkości lustra głównego teleskopu, na którym byłoby zamontowane) oraz skomplikowane technicznie. Prawdopodobnie ponadto mogłoby działać tylko w przestrzeni kosmicznej i obserwować tylko jedno źródło na raz (klasyczne teleskopy od dawna wykonują astrometrię wielu źródeł jednocześnie). Z tego ostatniego powodu trudno twierdzić, że oferują szybszą astrometrię od klasycznych teleskopów. Wątpliwe zatem, czy kiedykolwiek zostaną zbudowane jako teleskop, choć może kiedyś znajdą zastosowanie w pewnych zagadnieniach laboratoryjnych poza astronomią.



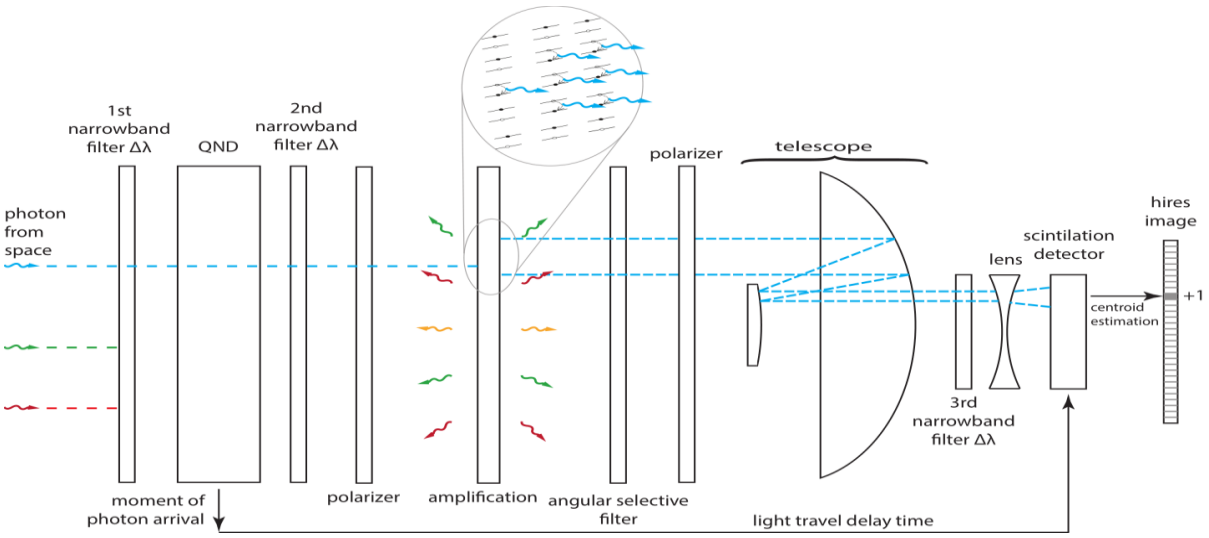
Rys. 1. Kolejne stadia działania Teleskopu Kwantowego wg modelu A. Kellerer: a) chmura klonów; b) chmura klonów oraz szum z emisji spontanicznej; c) zastosowanie techniki Matched Filtering [10] do obróbki sygnału pozwala z dobra precyzją określić pozycję sygnału.



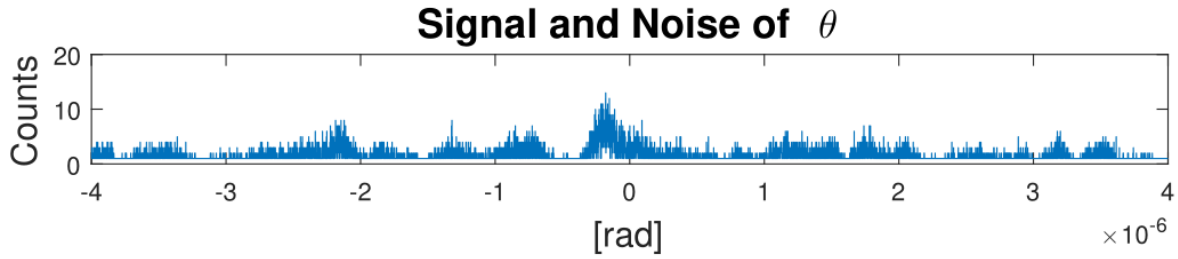
Rys. 2. Zasada działania Teleskopu Kwantowego. Od lewej: światło jest filtrowane przez filtr wąskopasmowy. Foton w interesującym nas przedziale długości fali jest wykrywany przez urządzenie typu QND [11]. Następnie chmura sygnału przelatuje przez relatywnie długi tor optyczny, aby wygubić jak najwięcej emisji spontanicznej (szumu). Na końcu toru znajduje się detektor, np. kamera typu EMCCD.



Rys. 3. Teleskop Kwantowy wg propozycji A. Kellerer. Wg tej koncepcji TK de facto stanowi pewien dodatek do klasycznego teleskopu i całe urządzenie może znajdować się w którymś z ognisk teleskopu. Zalety tego modelu to: małe rozmiary, możliwość instalowania na teleskopach naziemnych, możliwość współdziałania z Optyką Adaptywną [12].



Rys. 4. TK wg propozycji [9]. Wg tej koncepcji kopiowanie światła musi odbywać się PRZED lustrem głównym teleskopu, zanim nastąpi obcięcie większości frontu falowego fotonu. Tym samym TK stałby się dużym urządzeniem, być może nawet większym od samego teleskopu.



Rys. 5. Jednowymiarowy, poprawny fizycznie model sygnału (w środku, niewidoczny) i zgrudkowanego szumu.

Rozdzielanie modów przestrzennych światła

Kolejna „sztuczka" kwantowa mająca doprowadzić do wysokorozdzielczego obrazowania w astronomii to rozdzielanie elektromagnetycznych modów przestrzennych światła (*SPAtial-mode DEmultiplexing*, SPADE). Technika ta została zaproponowana w 2015 roku [13] w dość prowokacyjnej publikacji, ale dobrze ugruntowanej teorią i dowodami. Pomysł od razu zyskał duży rozgłos i został bardzo poważnie potraktowany w środowisku naukowym, co jak na razie nie udało się koncepcji TK. Polega on na specyficznej „filtracji" fotonów w taki sposób, aby wiadome było, z którego źródła układu dwóch zwartych źródeł pochodzą. Teoretycznie taka filtracja jest na tyle skuteczna, że może doprowadzić do pomiarów tak dokładnych, jak tylko pozwala na to mechanika kwantowa – czyli o całe rzędy wielkości dokładniejszych, niż jakiekolwiek obecnie istniejące teleskopy. Od określania rozwarcia dwóch nieoddzielalnych klasycznie źródeł do „prawdziwego" zdjęcia jeszcze daleko, ale we wrześniu 2016 autorzy pomysłu zaproponowali schemat, który mógłby być w stanie wykonywać i takie zdjęcia [14]. Wprawdzie im bardziej szczegółowe zdjęcie, tym urządzenie – wg obecnego stanu wiedzy – robiłoby się bardziej skomplikowane, ale na tak wczesnych etapach badań nie można wyklu-

czyć, iż za kilka dekad SPADE będzie dostarczać zdjęć o najwyższej rozdzielczości. Taka jest zresztą intencja autorów pomysłu: wg nich SPADE będzie zdolne fotografować planety pozasłoneczne z niespotykaną dotąd rozdzielczością kątową [14]. Rozdzielanie elektromagnetycznych modów przestrzennych światła jest obecnie bardzo intensywnie rozwijane od strony teoretycznej, a publikacje szybko zyskują nowe cytowania. Bardzo ciekawe są także niektóre badania pochodne, np. nad fundamentalnymi limitami rozdzielczości obrazowania odległych celów [15]. Jednocześnie kilka zespołów pracuje nad eksperymentalnym udowodnieniem, iż koncepcja ta działa.

Podziękowania

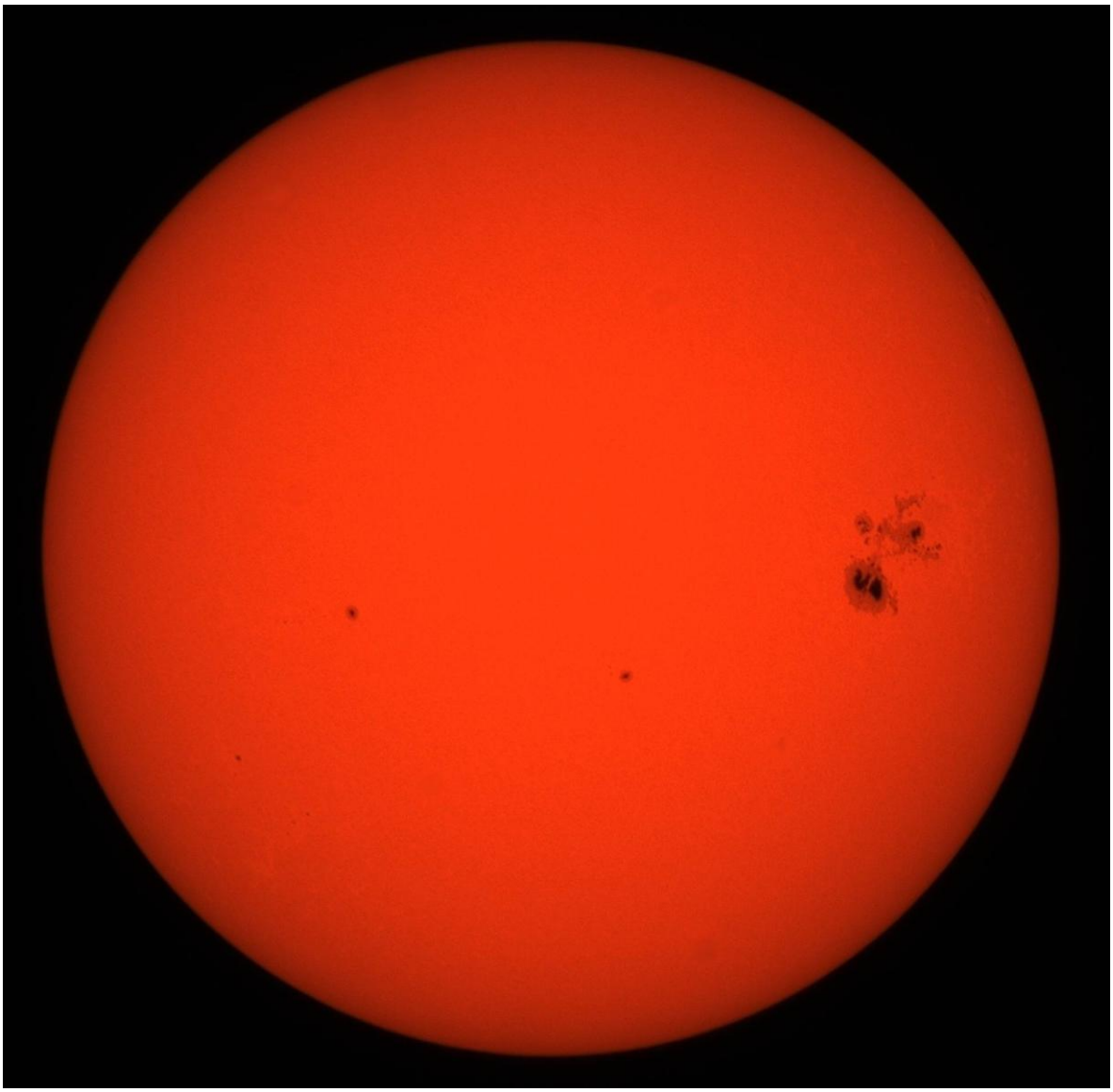
Badania nad OPA zostały przeprowadzone m. in. w ramach prac związanych z grantami Narodowego Centrum Nauki (2013/11/N/ST6/03051 i 2012/07/B/ST9/04425, 2016/21/N/ST9/00375), POIG.02.03.01-24-099/13 grant: GeCONiI oraz MNSW:3-388/M/2016.

Literatura

[1] Kurek, A. R., Granice obserwacji – granice poznania?, 2017, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2017
[2] Scarini, V. et al., Quantum Cloning, 2005, Reviews of Modern Physics, Vol. 77, Iss. 4, pp. 1225-1256
[3] Barbieri, M. et al., Nondeterministic noiseless amplification of optical signals: a review of recent experiments, 2011, Laser Physics Letters, Vol. 8, Iss. 6, pp. 411–417
[4] Tulloch, S. M. et al., On the use of electron-multiplying CCDs for astronomical spectroscopy, 2011, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 411, iss. 1, pp. 211–225
[5] Prasad, S., Implications of light amplification for astronomical imaging, 1994, Journal of the Optical Society of America A: Optics, Image Science, and Vision, Vol. 11, Iss. 11, pp.2799-2803
[6] Kellerer, A., Beating the diffraction limit in astronomy via quantum cloning, 2014, Astronomy & Astrophysics, Vol. 561, id.A118, pp. 6
[7] Kellerer, A., Quantum telescopes, 2014, Astronomy & Geophysics, Vol. 55, Iss. 3, pp. 3.28-3.32
[8] Kellerer, A., Beating the diffraction limit in astronomy via quantum cloning (Corrigendum), 2015, Astronomy & Astrophysics, Vol. 582, id.C3, pp. 1
[9] Kurek, A. R. et al., Parametric light amplification in astronomy: a quantum optical model, 2016, w recenzji Optics Letters
[10] Helstrom, C. W. et al., Statistical Theory of Signal Detection, 1968, International Series of Monographs in Electronics and Instrumentation, vol. 9, (Pergamon Press, Oxford; New York), 2nd edition
[11] Guerlin, C. et al., Progressive field-state collapse and quantum non-demolition photon counting, 2007, Nature 448, 889–893
[12] Korkiakoski, V. et al., Extreme Adaptive Optics Simulations for the European ELT, 2009, Frontiers in Optics, Optics & Photonics Technical Digest
[13] Tsang, M., Quantum Theory of Superresolution for Two Incoherent Optical Point Sources, 2016, Physical Review X, Vol. 6, iss. 3

[14] Tsang, M., Subdiffraction incoherent optical imaging via spatial-mode demultiplexing, 2016, arXiv:1608.03211
[15] Lupo, C. et al., Ultimate precision bound of quantum and sub-wavelength imaging, 2016, arXiv:1604.07367

***



Plamy na Słońcu. (*fot. P. Górka*)

Extended emission around blazars – particular case of the blazar SBS B1646+499

Urszula Pajdosz, Marian Soida, Marek Jamrozy

Astronomical Observatory, Jagiellonian University, Kraków, Poland

Abstract

We report multi–frequency analysis of the sample of blazars with peculiar extended radio structures. The analysis of the available archive data revealed extended radio emission with spectral indices values steepening with increasing distance from the central object. We also present preliminary results of our 610 MHz GMRT observations of one of the selected objects: a blazar SBS B1646+499. It is a hybrid blazar which merges the properties of a BL Lacertae object and a flat–spectrum radio–loud quasar. In addition, it possesses a 14 kpc–long radio jet and an extended steep spectrum radio halo.

Introduction

Blazars constitute intriguing subclass of the active galactic nuclei (AGNs), for which the total radiative output is dominated by a Doppler–boosted and highly variable emission of a nuclear relativistic jet, observed at small viewing angle. The blazars' family includes BL Lacertae (BL Lac) objects and flat–spectrum radio–loud quasars (FSRQs). These sources are characterized by rapid variation of the continuum and polarized flux, superluminal motions in their radio core, and high energetic GeV and even TeV gamma–ray emission (see Fan et al. 2012). BL Lac objects possess optical spectra devoid of the broad emission lines, while spectra of FSRQs reveal broad Hα emission line. Low–power radio galaxies of the Fanaroff–Riley morphological type I (FRI; see Fanaroff & Riley 1974) are considered to be misaligned BL Lacs, while powerful radio galaxies of the Fanaroff–Riley morphological type II (FRII) constitute the parent population of FSRQs (see Barthel 1989; Urry & Padovani 1995; Xu et al. 2009). High dynamic range radio imaging of BL Lac objects at GHz frequencies often reveals the presence of a diffuse extended radio emission, with the integrated luminosity exceeding, in several cases, the FRI/FRII division. The spectral energy distribution (SED) of BL Lacs shows two prominent peaks that are commonly described in a leptonic model as Inverse Compton (IC) and synchrotron emission, respectively. BL Lacs with synchrotron peak frequencies > 10^{15}Hz dominate the population of extragalactic TeV emitters (see Abdo et al. 2010 and references therein). These sources are named high frequency–peaked BL Lacs (HBLs), and unlike the low frequency–peaked BL Lacs (LBLs; synchrotron peak frequencies < 10^{15}Hz), seem to be associated strictly with FRI–type large–scale radio structures (see e.g., Kharb et al. 2010). Also, no superluminal velocities have been detected in the

TeV–emitting HBLs on milli–arcsecond scales. Such apparent superluminal velocities are typical for FSRQs and not rare for LBLs.

Among the objects that define the blazars' class is the LBL AP Librae (AP Lib; B1514–241). It is one of the most active blazars in the optical band and it has got presented values of optical polarization between 2–7%. This source seems to be quite unique among blazars due to the fact that the synchrotron component is rather narrow in comparison with the broad component of the IC radiation. The spectrum cannot be fitted with the standard blazar radiation model (see Sanchez et al. 2015). What is more, radio observations of AP Lib at 1400 MHz have revealed the detection of one–sided jet and diffuse radio emission at the arcminute scale (see e.g., Bolton, Clarke & Ekers 1965, Fey, Clegg & Fomalont 1996).

AP Librae as well as the rest of the sample's objects belongs to a specific group of blazars with diffuse radio emission extending from arcsecond to arcminute scale. The fact of observation of such structures seems to be consistent with the BL Lac–FRI unification, however the origin of such haloes still remains unclear.

Already in 1985, Antonucci & Ulvestad discovered diffuse radio emission at VLA 20 cm for 54 blazars (see Antonucci & Ulvestad 1985). Afterwards, Laurent–Muehleisen and others examined radio structure of 15 lacertids from HEAO–1 Large Area Sky Survey at 1.5 and 5 GHz. Almost 80% of analyzed objects were confirmed to be extended. What is more, they enlarged the group of four new sources. Their analysis revealed that Radio–selected BL Lacs objects are 5–10 times more energetic in the radio regime than typical FRI sources and X–ray selected BL Lacs, which radio luminosity is comparable (see Laurent–Muehleisen et al. 1993). Further research of Cassaro and others at VLA 1.36, 1.66 and 4.85 GHz not only confirmed the extended emission but also proved that sometimes it is comparable to the luminosity of FR II sources (Cassaro et al. 1999).

Extended emission around blazars

Our target objects are BL Lac/FSRQ sources having a redshift range 0.03–0.13. All of them are characterized by the diffuse radio emission extending from 19 kpc to almost 240 kpc for one of the best known blazars 3C 371. The nature of these structures remains unclear, moreover spectral indices' values received from fitting linear functions to spectra as well as from obtained spectral index maps (between WENSS 327 MHz and NVSS 1400 MHz, for NVSS see Condon et al. 1998, for WENSS see Rengelink et al. 1997) indicate possible aging of the electron population with increasing distance from the central objects with steep values of haloes' spectral indices (α~0.6–1.3; $S \sim \nu^{-\alpha}$).

One of the most intriguing blazar of our sample is SBS B1646+499 (see Fig. 1) located at RA $16^{h}47^{m}34.^{s}9$ and DEC $+49^{0}50'00''.6$ (J2000.0) with a redshift equal 0.05. Is was named a *mini blazar* by Jackson & Marcha

(1999). The SED of SBS B1646+499 is a combination of three components: a nonthermal polarized continuum, a quasar–like broad line emitting component and a stellar emission from the host galaxy. It is a flat spectrum radio object (see Healey et al. 2007) with a point–like core and 14 kpc–long, curved, one–sided radio jet (see Fig. 1, right panel). The radio polarization of the core is weak (0.7%) but the brightest part of the nuclear jet is polarized of approximately 13% (see Bondi et al. 2004). The variable polarized optical flux of SBS B1646+499 (see Marcha et al. 1996) is referred to the properties of the BL Lacs' class of objects. However, its optical spectrum reveals broad Hα

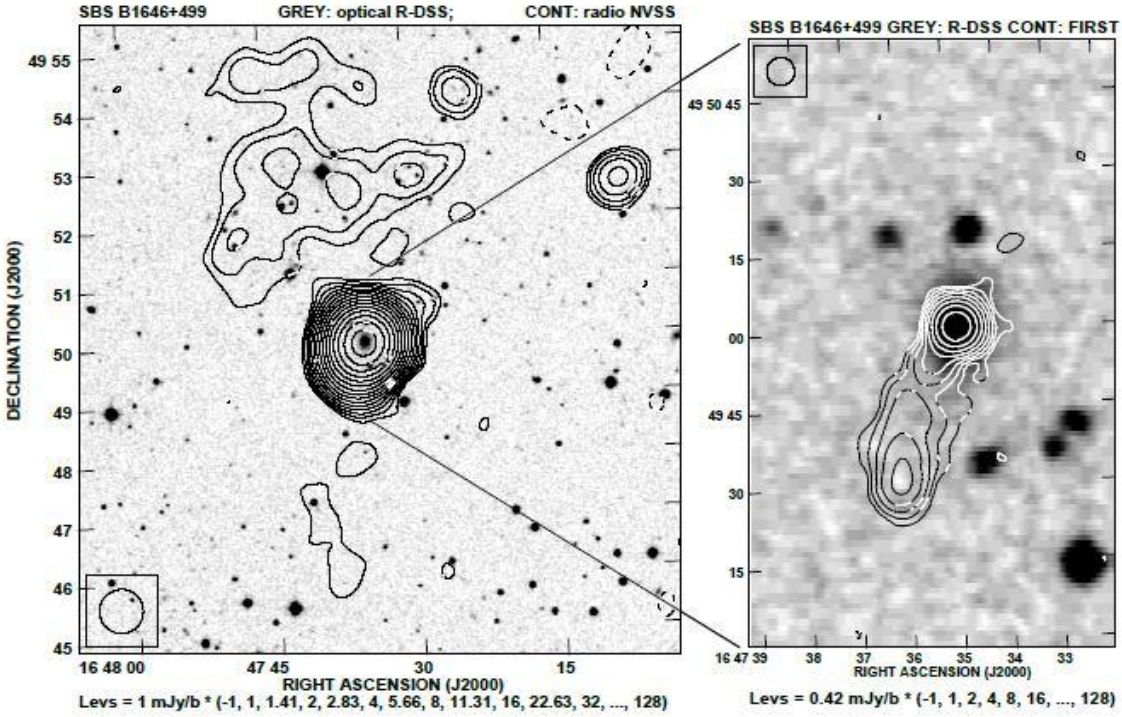


Fig. 1. L-band VLA images of SBS B1646+499 overlaid on the R-band optical field from the DSS. Left panel corresponds to the 1400 MHz VLA D-array map of the entire source from the NVSS. Right panel represents the VLA B-array map from the FIRST survey (see Becker et al. 1995) of the inner part of the structure where the core and the single-side jet are well visible. The size of the beams are given as circles in the left corners of the images.

emission line which is characteristic of the FSRQs' (see Caccianiga et al. 2002). Nevertheless, it cannot be classified as FSRQ not only because of its polarization, but also because of the low 5 GHz luminosity which is below the limit for radio–loud sources. Therefore, SBS B1646+499 is a hybrid blazar which merges the properties of BL Lacs and FSRQs. Furthermore, the SED of SBS B1646+499 is comparable to the spectrum of AP Lib.

In addition, with the help of the NRAO VLA Sky Survey map, we have disclosed an extended structure toward the north of SBS B1646+499 (see Fig. 1, left panel). This structure has no obvious optical counterparts and is probably related to the blazar. The size of the radio halo is approximately 130 kpc long and its spectral index (between WENSS 326 MHz and NVSS 1400 MHz) is steep (α~1.0–1.5). We observed SBS B1646+499 with the GMRT in 2015 at

610 MHz. Indeed, the extended structure towards the north direction of the blazar was confirmed above 3σ confidence level in our new map. To reach a proper sensitivity to the extended structure we tapper the full (u, v) data (original synthesized beam of 5.0"×5.0") to obtain a beam of about 45" (similar to the NVSS beam; see Fig. 2, left panel). The elongated halo, as expected, possesses steep spectral index (α~1.0) (between 610 and 1400 MHz). Interestingly, we discovered a diffuse and elongated (lobe–like) structure also south of the blazar. The overall structure of the entire source, composed of halo and kpc–scale one–sided jet, seems to be similar to the radio structure of the blazar 3C 371 (see Fig. 3) as well as AP Librae, while the presence of the extended radio emission is common for all blazars from the selected sample.

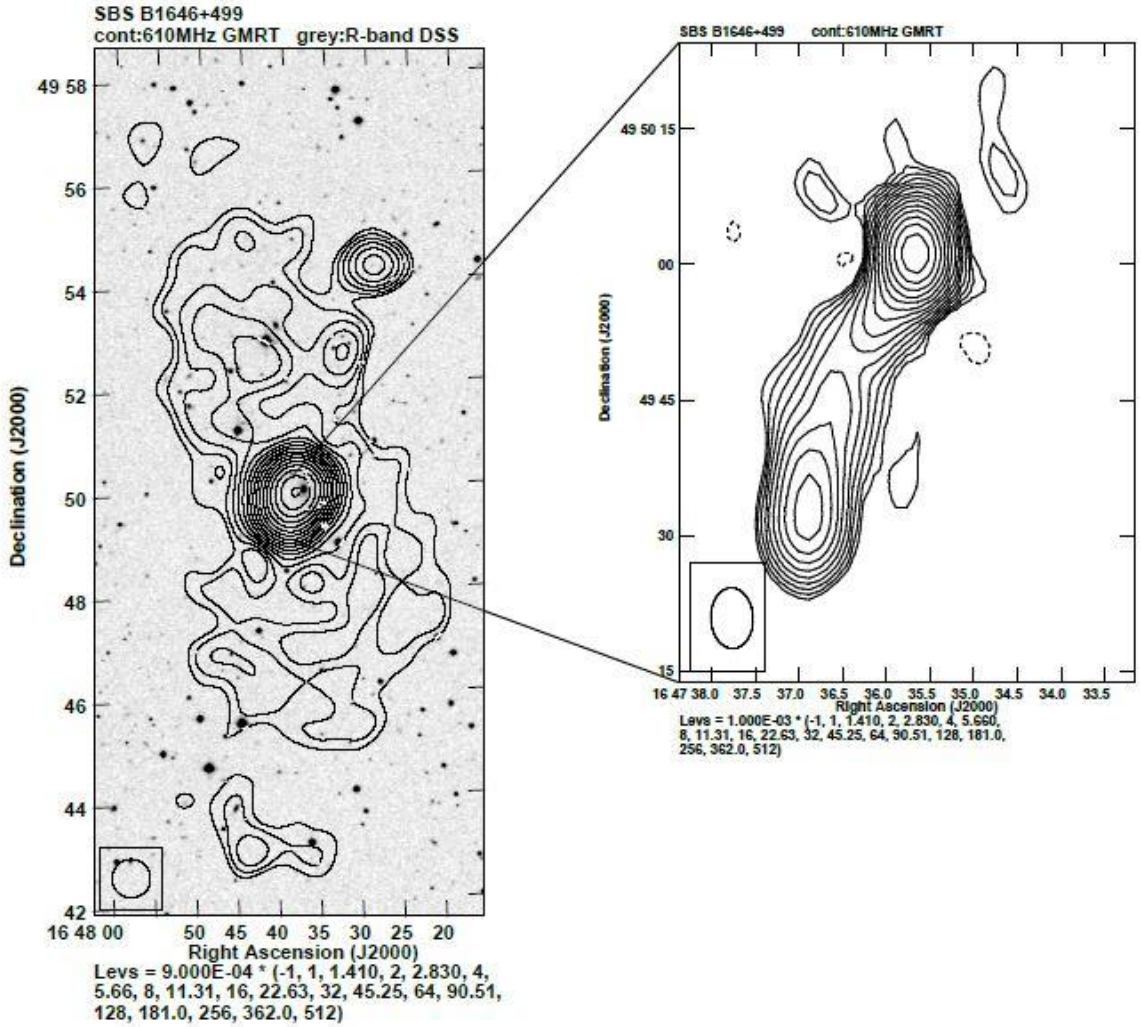


Fig. 2. Preliminary 610 MHz GMRT images of SBS B1646+499. Left panel corresponds to the 610 MHz GMRT map of the entire source. In comparison to the 1400 MHz NVSS map, the diffuse structure also extends to the south of the blazar. Right panel represents the inner part of the source, where the core and the unilateral jet are well visible. The size of the beams are given as circles in the left corners of the images.

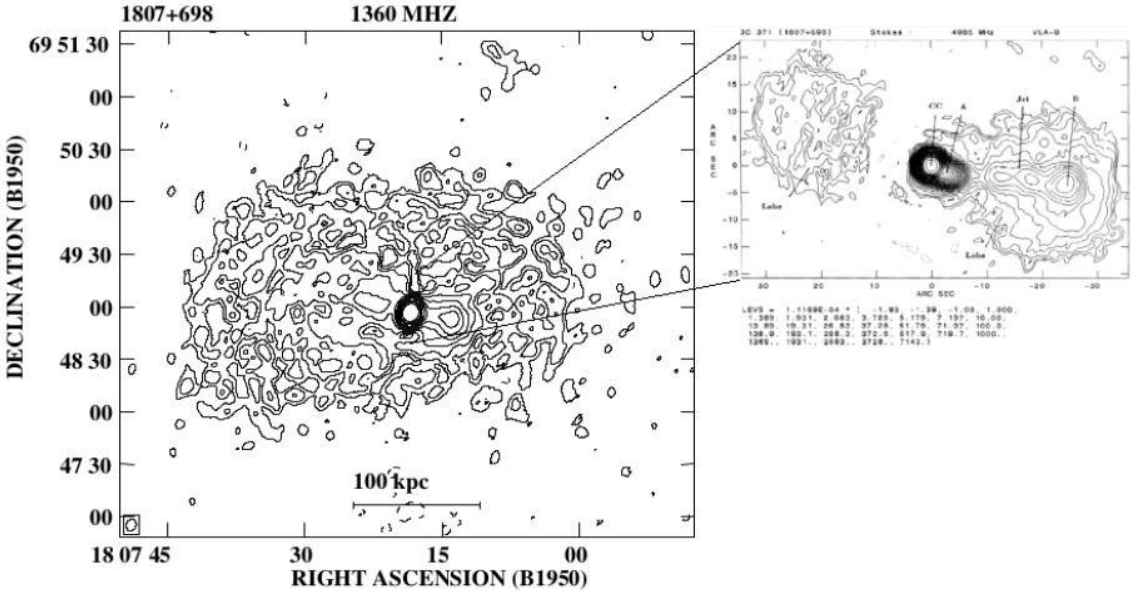


Fig. 3. Left panel shows 3C 371 VLA 1360 MHz A+B+D-configuration contour plot (the figure is taken from Cassaro et al. 1999). Right panel represents VLA 4985 MHz B-configuration contour plot of the inner part of 3C 371 (this figure is taken from Wrobel & Lind 1990). Two lobes with one-sided jet residing in 4' halo structure are well visible.

Conclusions

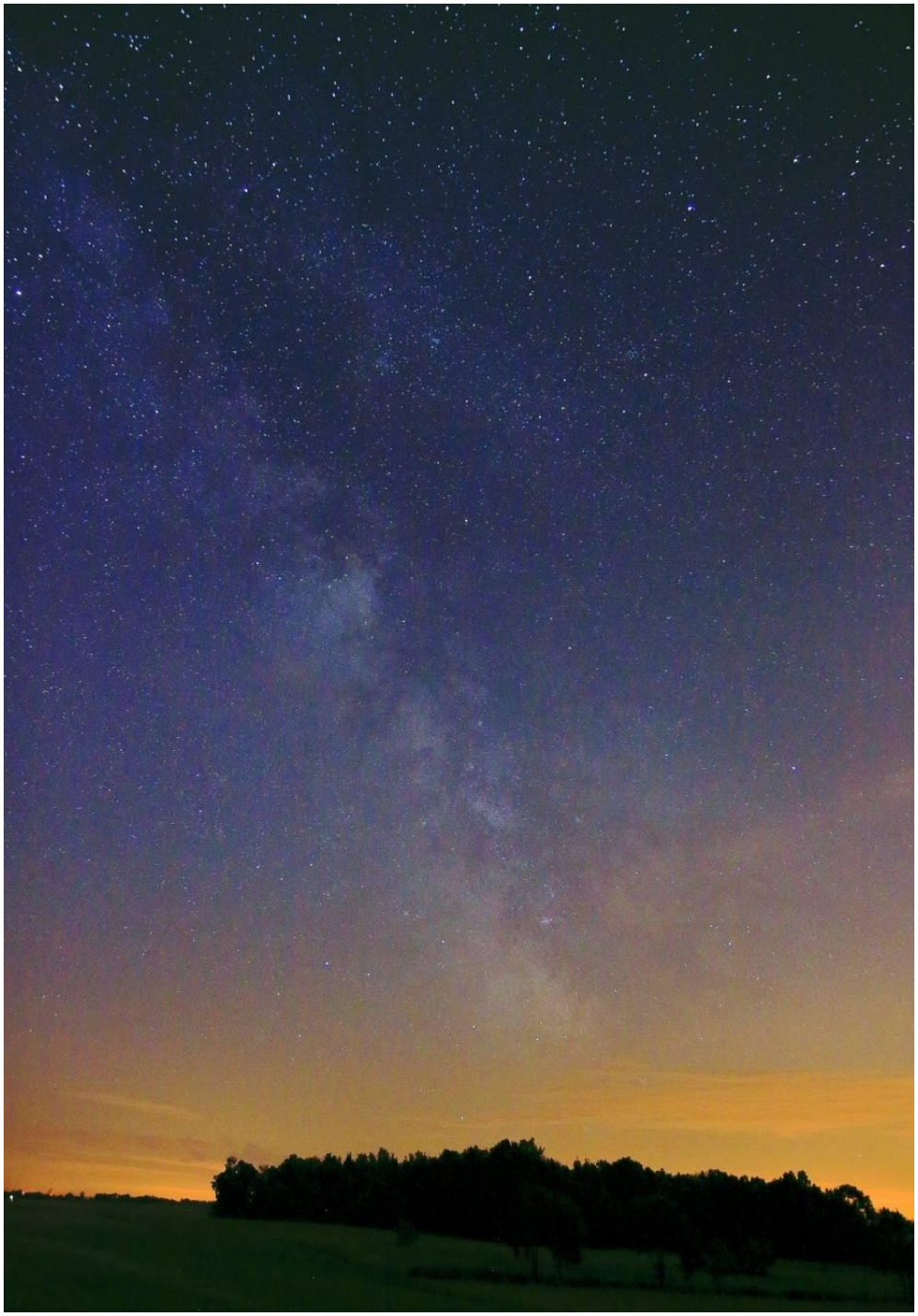
The peculiar structure of this group of objects could be caused by multiple jet activity of the central AGN. This hypothesis – pointing to a complex jet duty cycle in blazar sources in general, and as such being relevant in the particular context of AGN classification and unification schemes – could be confirmed, however, only by means of further radio observations which are currently being carried out.

References

Abdo A. A., Ackermann M., Agudo I. et al., 2010, ApJ, 716, 30
Antonucci R. R. J. & Ulvestad J. S., 1985, ApJ, 294, 158
Barthel P. D., 1989, ApJ, 336, 606
Becker R. H., White R. L., Helfand D. J., 1995, ApJ, 450, 559
Bolton J. G., Clarke M. E., Ekers R. D., 1965, Austr. Journal of Phys., 18, 627
Bondi M. et al., 2004, MNRAS, 352, 112
Caccianiga A. et al., 2002, MNRAS, 329, 977
Cassaro P. et al., 1999, A&A Suppl., 139, 601
Condon J. J. et al., 1998, AJ, 115, 1693
Fan J. H. et al., 2012, ApJ, 761, 125
Fanaroff B. L., Riley J. M., 1974, MNRAS, 167, 31P
Fey A. L., Clegg A. W., Fomalont E. B., 1996, ApJS, 105, 299
Healey S. et al., 2007, ApJSS, 171, 61
Jackson N., Marcha M., 1999, MNRAS, 309, 153
Kharb P., Lister M. L., Cooper N. J., 2010, ApJ, 710, 764
Laurent-Muehleisen S., A. et al., 1993, ApJ, 106, Vol.3
Marcha M. et al., 1996, MNRAS, 281, 425
Rengelink R. B., Tang Y., de Bruyn A. G. et al., 1997, A&AS, 124, 259

Sanchez D. A. et al., 2015, MNRAS, 454, 3229
Urry C. M., Padovani P., 1995, PASP, 107, 803
Wrobel J. M, Lind K. R., 1990, ApJ, 348, 135
Xu Y.-D., Cao X., Wu Q., 2009, ApJ, 694, L107

***



Droga Mleczna. (*fot. P. Górka*)

Śląskie Laboratorium Obrazowania Astronomicznego

Adam Popowicz[1], Aleksander Kurek[2], Bogdan Smołka[1]

[1]Instytut Automatyki, Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki, Politechnika Śląska w Gliwicach
[2]Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

Obserwacje astronomiczne prowadzone na terenie kraju ograniczają się obecnie do wykonywania fotometrii ciał niebieskich i wyciągania wniosków z uzyskanych krzywych blasku. Równocześnie, w dobie współczesnych metod obrazowania, dostępne są dla naukowców rozmaite techniki, które umożliwiają akwizycję wysoko rozdzielczych oraz wysoko kontrastowych obrazów dzięki już całkiem niewielkim teleskopom (<1m średnicy). Pokonuje się m.in. problemy turbulencji atmosfery oraz minimalizuje się wpływ scyntylacji na pomiary fotometryczne. Niestety, ze względu na niskie zainteresowanie tym tematem, oraz na kwestie finansowe, żadne z polskich obserwatoriów nie dysponuje odpowiednimi narzędziami do wykonywania takich obserwacji. Celem artykułu jest zaprezentowanie potencjału rozwoju współczesnych technik. Wskazane są techniki, które mają szanse być rozwijane przy współpracy środowiska inżynierskiego oraz społeczności astronomicznej. Przedstawiono zarys działalności jednostki, która dzięki zaawansowanym technikom, umożliwiłaby wykonywanie obserwacji astronomicznych na światowym poziomie.

Problem

Postęp rozmaitych dziedzin techniki, takich jak elektronika, automatyka czy optyka, umożliwił astronomom sięganie zarówno dalej w głąb Wszechświata, ale również dał szansę dokładnego przyjrzenia się obiektom w rozdzielczości wcześniej nieosiągalnej. Dla przykładu, kamery z czujnikami CCD, niegdyś obecne tylko w najbardziej rozbudowanych obserwatoriach, obecnie są na wyposażeniu średnio zaawansowanego astroamatora [1]. Dzięki postępowi techniki, amatorzy wciąż są w stanie dokonywać odkryć istotnych dla współczesnej nauki [2]. Pragniemy tutaj zwrócić uwagę czytelnika na fakt, iż obecnie na wyposażeniu krajowych profesjonalnych obserwatoriów są kamery, które nie różnią się niczym od sprzętów posiadanych przez miłośników astronomii. Rozmiary i jakość wykonania teleskopów amatorskich również w żaden sposób nie ustępują tym, które znajdują się w polskich jednostkach naukowych. Co więcej – wielu pasjonatów posiada instrumenty znacznie przewyższające jakością, czy też automatyzacją, te, na których dokonuje się profesjonalnych naukowych obserwacji.

Rodzi się więc pytanie: dlaczego stan techniczny obserwatoriów na terenie kraju zatrzymał się wiele lat temu? Z jednej strony – prawdą jest, że jakość i liczba nocy obserwacyjnych na terenie Polski nie jest porównywalna z warunkami najlepszych obserwacyjnie miejsc na świecie, takich jak pusty-

nia Atacama, Chile, gdzie postawione są jedne z największych teleskopów świata VLT (Very Large Telescopes). Z drugiej jednak strony, to właśnie współczesne techniki obrazowania zostały stworzone do pokonywania bariery turbulencji atmosferycznych czy scyntylacji, więc obserwatoria znajdujące się w gorszych lokalizacjach mogłyby również w pełni czerpać z tychże rozwiązań.

Prawdziwy problem wydaje się jednak leżeć w braku współpracy interdyscyplinarnej pomiędzy środowiskiem inżynierskim i astronomicznym w Polsce. Niezwykle trudno jest dostrzec naszych naukowców działających aktywnie w kraju w zakresie zaawansowanych technik pomiarów astronomicznych – zarówno tych po stronie nauk technicznych, jak i w astronomii. Ze względu na brak dostępnego sprzętu umożliwiającego badania, dużo trudniej jest zachęcać młodych do takiej ścieżki rozwoju. Całość sprawia wrażanie błędnego koła, z którego nie sposób się uwolnić.

W dalszej części artykułu przedstawiamy propozycję rozwiązania w postaci specjalizowanego laboratorium zajmującego się problemami obrazowania astronomicznego. Zaprezentowana zostanie motywacja oraz korzyści płynące z działalności takiej jednostki. Następnie rozważamy aspekty lokalizacji oraz przykładowego, niezbędnego sprzętu. W kolejnych częściach naświetlamy pokrótce zakres zagadnień obrazowania wysokorozdzielczego oraz wysokokontrastowego.

Rozwiązanie

Proponowanym rozwiązaniem na obecny stan stagnacji jest założenie Śląskiego Laboratorium Technik Obrazowania Astronomicznego (*Silesian Astronomical Imaging Laboratory – SAIL*). Celem takiej placówki byłaby implementacja już istniejących rozwiązań technicznych, a także rozwijanie nowych koncepcji w zakresie obrazowania astronomicznego. Miejsce takie stałoby się warsztatem pracy inżynierów i astronomów z narzędziami dotąd niedostępnymi w Polsce. W odróżnieniu od pozostałych obserwatoriów, tutaj bezwzględne pierwszeństwo miałyby mieć badania sprzętowe, dopiero w drugiej kolejności znalazłyby się aspekty naukowe badań obiektów niebieskich.

Wstąpienie Polski do struktur Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) oraz niedawne przyłączenie do Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) to wręcz idealne warunki i moment na powstanie proponowanego Laboratorium. Możliwość bliższego poznania i zgłębiania technik używanych powszechnie w największych teleskopach świata, umożliwiłoby lepsze przygotowanie polskich naukowców do pełnego wykorzystania sprzętu będącego na wyposażeniu obserwatoriów ESO. Z drugiej strony, dostęp do największych teleskopów świata daje możliwość proponowania własnych prototypów i rozwiązań sprzętowych, które praktycznie nie mają szansy powstać bez takiej, wyspecjalizowanej jednostki, jakim byłoby Laboratorium.

Warte wspomnienia są też kwestie rozwoju gospodarczego kraju. Po wejściu do ESA, Polska może w pełni korzystać z funduszy przeznaczonych na rozwój sektora kosmicznego. Aspekty obrazowania astronomicznego są kluczowe dla większości misji kosmicznych, a wyniki w postaci dostarczanych zdjęć bezpośrednio wpływają na rozwój nauki. Nie bez znaczenia jest również obrazowanie powierzchni Ziemi z orbity, gdzie napotykamy na identyczne problemy atmosferycznej degradacji obrazu, jak podczas obrazowania odległych obiektów niebieskich. Spektrum celów takich orbitalnych obserwacji naszej planety jest bardzo szerokie, a wspomniane tematy kosmiczne to obecnie jeden z najważniejszych priorytetów rozwoju współczesnej Europy. Działalność i możliwości proponowanej jednostki doskonale wpasowują się w te cele.

Innym interesującym aspektem jest interdyscyplinarność proponowanego projektu. Prace związane ze współczesnymi technikami obrazowania wymagają wiedzy z wielu dziedzin. Wymienić tu można takie dyscypliny jak elektronika, automatyka, informatyka, mechanika czy optyka. Badania na pograniczu nauk są zawsze interesującymi i cennymi wyzwaniami, gdyż pozwalają na bezpośrednią aplikację konstruowanych prototypów w konkretnych zastosowaniach. To właśnie projekty interdyscyplinarne cieszą się dużym zainteresowaniem społeczeństwa oraz mają zazwyczaj duże szanse na uzyskanie finansowania. Współpraca pomiędzy uczelniami jest jednocześnie niezwykle cennym doświadczeniem dla każdej ze stron.

Ze względu na charakter prac związanych z technicznymi aspektami obrazowania, proponowana jednostka musiałaby być bezpośrednio związana z uniwersytetem technicznym. Jako że pomysł budowy został zainicjowany na Politechnice Śląskiej, na Wydziale Automatyki Elektroniki i Informatyki przez dr inż. Adama Popowicza, stąd też jednostka ta staje się tu naturalnym kandydatem. Oprócz wysokiego potencjału naukowego Politechniki, współgrającego doskonale z ideą funkcjonowania Laboratorium, w okolicy uczelni istnieją firmy zgłaszające żywą chęć współpracy przy omawianym projekcie, szczególnie od strony budowy infrastruktury takiego Laboratorium, ale także są zainteresowane profilem jego działalności.

Zarys jednostki

Zasadniczą kwestią pozostaje proponowana lokalizacja Laboratorium. Z jednej strony, wskazane jest umiejscowienie jej z dala od aglomeracji miejskiej w celu minimalizacji zanieczyszczenia nieba światłem. Umożliwiłoby to dokładniejsze pomiary, ale i pozwalałoby obserwować obiekty w niewielkiej wysokości nad horyzontem. Miejsca wysokogórskie cechują się dodatkowo cieńszą warstwą atmosfery, przez co uzyskiwane rozdzielczości są większe. Niestety, z drugiej strony, posadowienie Laboratorium w bardzo dużej odległości od siedziby Politechniki Śląskiej niesie za sobą szereg konsekwencji komunikacyjnych w postaci kosztów dojazdów itd., co może z czasem zmniejszyć aktywność jednostki. Z pewnością, propozycja umiejscowienia

powinna uwzględniać wszelkie zalety i wady danej lokalizacji. Wymagany jest tu kompromis pomiędzy aspektami związanymi z jakością nieba, dostępem do mediów oraz bliskością zaplecza naukowego.

Rys. 1. Proponowane logo Śląskiego Laboratorium Obrazowania Astronomicznego

Sercem Laboratorium naturalnie byłby odpowiedni, zautomatyzowany teleskop. Jednym z wartych do rozważenia sprzętów jest instrument PlaneWave CDK 700. Jest to teleskop o średnicy lustra 0.7 m na montażu azymutalnym z ogniskiem Nasmytha, które umożliwia jednoczesne montowanie dwóch instrumentów obrazujących. Warto zaznaczyć, że teleskop tego typu został zakupiony już wcześniej przez Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, a umiejscowiony jest obecnie w Winer Observatory w Arizonie i z powodzeniem uczestniczy w zdalnych badaniach spektroskopowych.

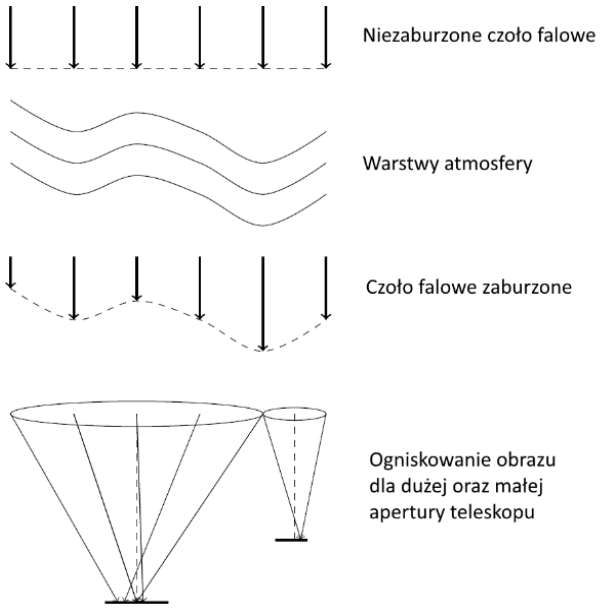
Poza teleskopem, niezbędny jest sprzęt rejestrujący. W przypadku technik wysokorozdzielczych korzysta się z najnowocześniejszych kamer typu EMCCD oraz sCMOS, które pozwalają na rejestrację pojedynczych fotonów. Dzięki wsparciu metod przetwarzania obrazu, bardzo krótkie ekspozycje są składane w finalny obraz. Również pomiary zaburzeń atmosferycznych wymagają bardzo krótkich rejestracji, co wykonuje się omawianym sprzętem. Ponadto, niezbędnym wydaje się stworzenie z czasem odpowiedniego warsztatu optoelektronicznego, umożliwiającego badanie różnych koncepcji torów optycznych, oraz ich realizację w sprzężeniu z teleskopem. Naturalnie, Politechnika Śląska jest również w stanie wspomóc jednostkę swoim obecnym sprzętem, który mógłby być z powodzeniem wykorzystany w Laboratorium.

Aspektami dyskusyjnymi pozostają wciąż kwestie samego budynku Laboratorium. Powstają różne koncepcje jego kształtu, czy też zakresu ulokowanych w nim pomieszczeń. Jednak wydaje się to wciąż odległy temat o mniej istotnym znaczeniu w obecnym stanie projektu.

Techniki wysoko-rozdzielcze

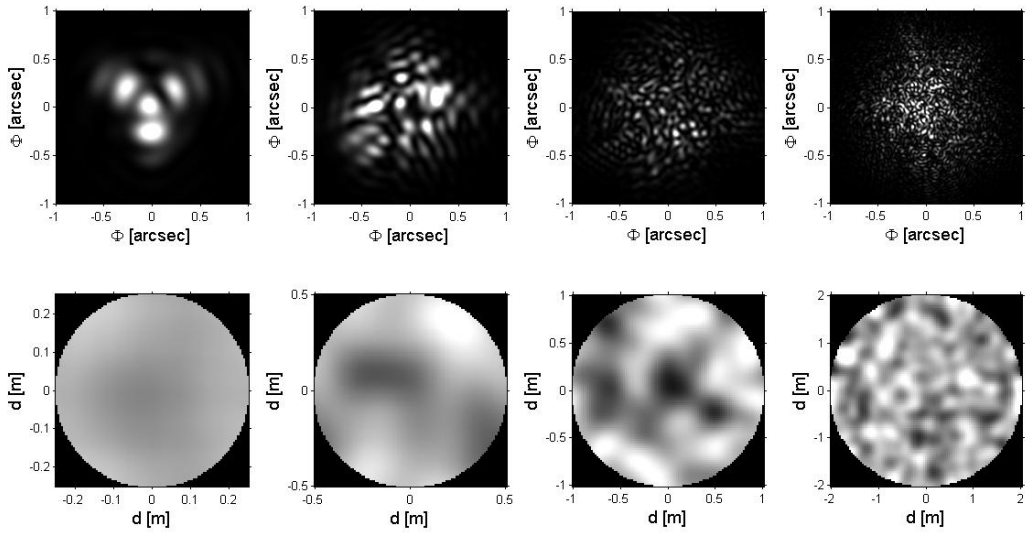
Podstawowym problemem, jaki rozwiązują nowoczesne techniki obrazowania to spadek rozdzielczości wynikający z turbulencji atmosferycznych [3-5]. Okazuje się, że w przeciętnych warunkach atmosferycznych, szczegółowość uzyskiwanego obrazu nie będzie się poprawiać wraz ze wzrostem średnicy teleskopu powyżej około 10 cm. Oznacza to, iż teleskop metrowy (czy też dowolnie duży) oraz 10-centymetrowy osiągną dokładnie taką samą rozdzielczość kątową, więc zysk z apertury nie przeniesie się na uwidocznienie większej ilości szczegółów struktur obiektów astronomicznych.

Problem ten związany jest z zaburzaniem czoła falowego docierającego światła, co skutkuje różnym ogniskowaniem obrazu w zależności od wybranego fragmentu apertury. Sytuację tą przedstawiono na poniższym rysunku 2. Warto zauważyć, że rozdzielczość dla małej apertury teleskopu jest zdegradowana poprzez przesuwanie całego obrazu, natomiast w przypadku dużej apertury otrzymuje się złożone wzorce (tzw. planki), przedstawione na rysunku 3.



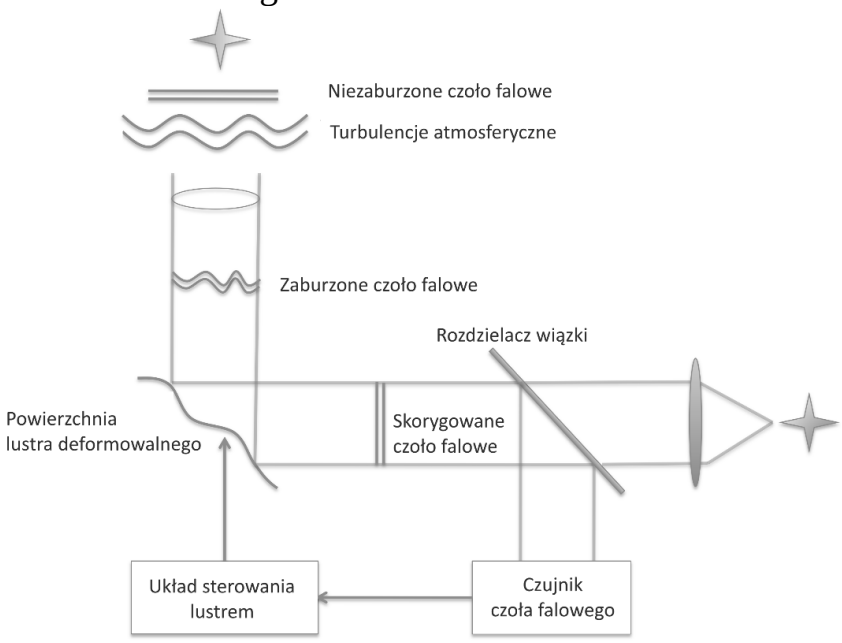
Rys. 2. Wpływ turbulentnej atmosfery na uzyskiwany obraz źródła punktowego (gwiazdy).

Najpopularniejszym rozwiązaniem usuwania wpływu turbulencji atmosferycznej jest optyka adaptatywna [6-9]. W przypadku tej techniki, stosuje się deformowalne lustro, które pozwala kompensować zmiany czoła falowego, tak iż światło po odbiciu wraca do pierwotnej postaci. Ocena zmian czoła falowego dokonywana jest na bieżąco – podczas rejestracji obrazu – dzięki tzw. czujnikom frontu falowego, w skład których wchodzą szybkie i niezwykle czułe kamery EMCCD oraz odpowiednio skonstruowany tor optyczny. Całość jest zaawansowanym urządzeniem wykonującym obliczenia w czasie rzeczywistym. Schemat działania układu z optyką adaptatywną przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 3. Przykładowy chwilowy obraz źródła punktowego dla różnych apertur teleskopów (u góry) oraz odpowiadające im czoło falowe na powierzchni lustra (u dołu).

Ze względu na złożoną naturę zaburzeń atmosferycznych, najlepsze efekty uzyskuje się obecnie dla zakresu bliskiej podczerwieni. Wynika to z wolniejszych oraz mniejszych zmian czoła falowego względem tego, co rejestruje się w zakresie światła widzialnego.



Rys. 4. Zasada działania optyki adaptatywnej.

Niestety, do prawidłowego działania optyki adaptatywnej niezbędna jest obecność jasnego źródła referencyjnego, którego pomiar pozwalałby wysterować lustro. Często obrazowane obiekty uwidaczniają swoją strukturę dopiero po wielu minutach naświetlania. W takim przypadku optyka adaptatywna wspierana jest tzw. sztucznymi gwiazdami, wytworzonymi poprzez impuls laserowy [10]. Istnieją dwie metody tworzenia takich źródeł referencyjnych.

Możliwe jest wzbudzenie atomów sodu w górnych (> 90 km) warstwach atmosfery poprzez naświetlanie laserem o określonej długości fali świetlnej (589.2 nm). W takim przypadku wiązka laserowa ma pomarańczową barwę. Innym sposobem jest wysłanie impulsu laserowego i odebranie go dzięki zjawisku rozpraszania Rayleigha. Metoda ta, w porównaniu do poprzedniej koncepcji, nie wymaga użycia dużych mocy lasera oraz konkretnych długości fali. Niestety, pozwala ona korygować tylko wpływ dolnych warstw atmosfery.

Inną ciekawą metodą uzyskiwania obrazów niezaburzonych degradacją atmosferyczną jest tzw. *Lucky Imaging* [11, 12]. Okazuje się, że w przypadku niewielkich teleskopów (tzn. o średnicy lustra poniżej 2 m), podczas wykonywania serii zdjęć o bardzo krótkich czasach ekspozycji, istnieje szansa na rejestrację, dla której czoło falowe jest niezaburzone. Takie obrazy, zarejestrowane raz na kilka tysięcy ekspozycji, są odpowiednio centrowane oraz przetwarzane w celu uzyskania niezwykle wyrazistego zdjęcia. Technika ta stała się bardzo atrakcyjna odkąd powstały wspomniane kamery EMCCD, cechujące się niezwykle dużą czułością, a jednocześnie umożliwiające rejestrowanie kilkuset obrazów w ciągu sekundy.

Równocześnie prowadzone są badania dotyczące algorytmów przetwarzania obrazów w celu ich wyostrzenia – tzw. dekonwolucja. Poza olbrzymią grupą znanych metod dekonwolucji [13], ciekawym i nowatorskim pomysłem jest technika zwana *Holographic Imaging* [14], w której wykonuje się uśrednianą, adaptacyjną dekonwolucję na zbiorze zarejestrowanych obrazów. Istnieje szereg metod analizujących obrazy takie jak na rysunku 3, które ogólnie nazywa się mianem *Speckle Imaging* [4, 15]. Wartym zwrócenia uwagi jest fakt, iż techniki programowe oraz sprzętowe łączy się ze sobą na różne sposoby. Na przykład, możliwe jest selektywne zbieranie klatek uzyskanych przy wspomaganiu techniki optyki adaptatywnej, co otrzymało nazwę *Adaptive Optics Lucky Imaging* [16]. Również technika *Speckle Imaging* została z powodzeniem połączona z optyką adaptatywną [17].

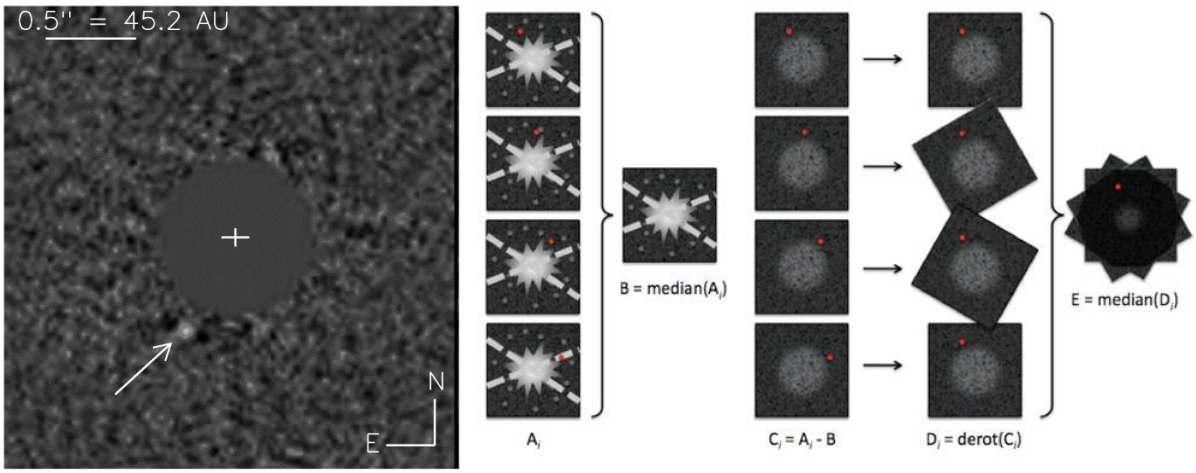
Techniki wysokokontrastowe

Innym problemem, jaki podejmują współczesne techniki obrazowania astronomicznego są olbrzymie różnice jasności (nawet 10^6 razy) bardzo bliskich obiektów. Mowa tu na przykład o planetach krążących dookoła odległych gwiazd. Światło tychże gwiazd jest tak intensywne, że krążące wokoło obiekty są praktycznie niezauważalne dla obserwatora z Ziemi. Dzięki współczesnej technice, nawet w takich przypadkach istnieją metody umożliwiające bezpośrednie obrazowanie układów. Niestety, do tych badań wymagane jest również stosowanie optyki adaptatywnej, która jest w stanie w znacznym stopniu zniwelować niestabilność obrazu spowodowaną turbulencjami atmosferycznymi.

Jedną ze stosowanych metod wysokokontrastowych jest technika zwana *Angular Differential Imaging* (ADI) [18]. Najpierw centralny fragment obrazu

zasłaniany jest w celu zabezpieczenia matrycy przed nasyceniem (koronografia). Następnie rejestruje się obraz w ognisku teleskopu na azymutalnym montażu bez wykonywania rotacji kamery. Po uśrednieniu uzyskanych obrazów, wzorzec tła odejmuje się od każdej z rejestracji, odpowiednio obraca programowo i ponownie uśrednia (patrz Rys. 5b). Dzięki takiemu postępowaniu, usuwane są zaburzenia wiązki świetlnej wynikające z obecności elementów toru optycznego teleskopu (np. mocowanie lustra wtórnego), pozostawiając jedynie obiekt zainteresowania. Przykład uzyskanego obrazu wysokokontrastowego oraz symbolicznie przedstawiona zasada działania ADI zostały ujęte na rysunku 5.

Ciekawym rozwinięciem programowym powyższej techniki jest algorytm LOCI (*Locally Optimized Combination of Images* [19]), w którym zamiast odejmowania tego samego wzorca od wszystkich obrazów, optymalizuje się go adaptacyjne. Wykazano, iż w wyniku takiego przetwarzania obrazu możliwy jest dodatkowy wzrost kontrastu i uwidocznienie słabszych obiektów.



(a) (b)

Rys. 5. Przykładowy wynikowy obraz uzyskiwany w technice wysokokontrastowej (a), oraz schemat przetwarzania obrazu w metodzie *ADI* (b).

Podsumowanie

W artykule przedstawiono problem stagnacji rozwoju technicznych aspektów obrazowania astronomicznego w Polsce. Wskazano na jej przyczyny oraz zaproponowano rozwiązanie w postaci powstania Śląskiego Laboratorium Obrazowania Astronomicznego. Jednostka taka byłaby centrum konstrukcji, implementacji oraz rozwijania urządzeń umożliwiających obrazowanie wysokokontrastowe oraz wysokorozdzielcze. Powstała przy Politechnice Śląskiej byłaby odpowiedzią na wejście Polski do struktur ESO oraz ESA. Dałaby jednocześnie możliwość nakłonienia przyszłych inżynierów do rozwoju sektora kosmicznego w Polsce, oraz byłaby podstawą do tworzenia interdyscyplinarnych projektów na pograniczu elektroniki, automatyki, informatyki oraz astronomii.

W artykule dokonano również zgrubnego przeglądu współczesnych możliwości obrazowania w astronomii. Wskazano na mnogość technik oraz wystę-

powanie aspektów sprzętowych i algorytmicznych związanych z przetwarzaniem obrazu. Zasygnalizowano możliwość łączenia metod ze sobą. Należy zaznaczyć, że wymienione techniki to niejako jedynie „czubek góry lodowej" w tej interdyscyplinarnej tematyce.

Bibliografia

[1]. Olech A., Naprawdę tania fotometria, Wykorzystanie Małych Teleskopów 2013, Kraków-Koninki, 10-12 Maja

[2]. Kusiak M, Żołknowsk M., Rantiga Obsservatorio MPC-D03. Obserwacje i poszukiwanie małych ciał w Układzie Słonecznym z wykorzystaniem zdalnie sterowanego teleskopu, Wykorzystanie Małych Teleskopów 2013, Kraków-Koninki, 10-12 Maja

[3]. McLean I. S., Electronic imaging in astronomy, 2008, Springer Praxis Books

[4]. Saha S. K., Diffraction-limited imaging with large and moderate telescopes, 2007, Word Scientific Publishing Company

[5]. Saha S. K., High-resolution imaging: detectors and applications, 2015, Taylor & Francis Group

[6]. Roddier F., Adaptive Optics in Astronomy, 2004, Cambridge University Press

[7]. Tyson R., Principles of Adaptive Optics, Third Edition (Series in Optics and Optoelektronics), 2010, CRC Press

[8]. Hardy J. W., Adaptive optics for Astronomical Telescopes (Oxford Series in Optical & Imaging Sciences), 1998, Oxford University Press

[9]. Lukin V. P, Prtes B. V., Adaptive beaming and imaging in the turbulent atmosphere, 2002, SPIE Press Monograph

[10]. Wizinowich P. L. et al., The W. M. Keck Observatory laser guide star adaptive optics system: overview, 2006, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol 118, 297

[11]. Law N. et al., Lucky imaging: high angular resolution imaging in the visible from the ground, 2006, Astronomy and Astrophysics, Vol. 446, 739

[12]. Bergfors C. et al., Stellar companions to exoplanet host stars: Lucky imaging of transiting planet hosts, 2013, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 428, 182

[13]. Campisi P., Blind image deconvolution: theory and applications, 2007, CRC Press

[14]. Schodel R. et al., Holographic imaging of crowded fields: high angular resolution imaging with excellent quality at very low cost, 2013, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 429, 1367

[15]. Lohmann A. et al., Speckle masking in astronomy – Triple correlation theory and applications, 1983, Applied Optics, Vol. 22, 4028

[16]. Femenia B. et al., Lucky imaging adaptive optics of the brown dwarf binary GJ569Bab, 2011, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 413, 1524

[17]. Woger F. et al., Speckle interferometry with adaptive optics corrected solar data, 2008, Astronomy and Astrophysics, Vol. 488, 375

[18]. Marois Ch. et al., Angular differential imaging: a powerful high-contrast imaging technique, 2006, The Astrophysical Journal, Vol. 641, 556.

[19]. Lafreniere D. et al., A new algorithm for point-spread function subtraction in high-contrast imaging: a demonstration with angular differential imaging, 2007, The Astrophysical Journal, Vol. 660, 770

Księżyc w pełni. (*fot. Paweł Górka)*

Defekty radiacyjne matryc CCD satelitów BRITE

Adam Popowicz

Instytut Automatyki, Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki,
Politechnika Śląska w Gliwicach

Konstelacja BRITE to nowatorski projekt nanosatelitów przeznaczonych do rejestracji jasności najjaśniejszych gwiazd. Ze względu na bardzo niewielkie rozmiary satelitów, uniemożliwiające zastosowanie grubych osłon, zainstalowane matryce CCD narażone są nieustannie na niszczące działanie promieniowania kosmicznego. Jest to pierwsza misja kosmiczna, w której, w celu uzyskania wartościowych wyników naukowych, wymagane jest skomplikowane przetwarzanie obrazów podczas ekstrakcji informacji fotometrycznych. W artykule zaprezentowano zakres artefaktów oraz zakłóceń wynikających z trwałych defektów powstających w czujnikach CCD na orbicie. Opisano fizykę powstawania tzw. gorących pikseli oraz kolumn zdegenerowanych wpływem prądu ciemnego, a także efekty spadku wydajności transferu ładunku w pewnych obszarach matryc.

Wstęp

Misja BRITE (Bright Target Explorer) to projekt konstelacji nanosatelitów, których głównym celem jest rejestracja jasności najjaśniejszych gwiazd na niebie [1-3]. Każdy z trzech współpracujących ze sobą krajów: Polska, Austria oraz Kanada, posiada po dwa satelity, które w sposób ciągły dokonują fotometrii wybranych obiektów oraz drogą radiową przesyłają wyniki badań do jednostek naziemnych. Polskie satelity biorące udział w misji to Lem oraz Heweliusz, które zostały wysłane na orbitę odpowiednio 21 listopada 2013 roku (Lem) oraz 19 sierpnia 2014 roku (Heweliusz).

Ze względu na niewielkie rozmiary satelitów – 20 x 20 x 20 cm. – nie istniała fizyczna możliwość zainstalowania bardzo grubych osłon antyradiacyjnych, które to są podstawowym elementem wyposażenia większości obecnie działających instrumentów na orbicie. Z tego względu, misję BRITE należy traktować, jako pierwsze w swoim rodzaju przedsięwzięcie, w którym, dzięki zaawansowanym metodom przetwarzania obrazu i ciągłej walki z wpływem niszczącego wpływu promieniowania kosmicznego, po raz pierwszy udało się uzyskać istotne naukowo wyniki z tak małych instrumentów.

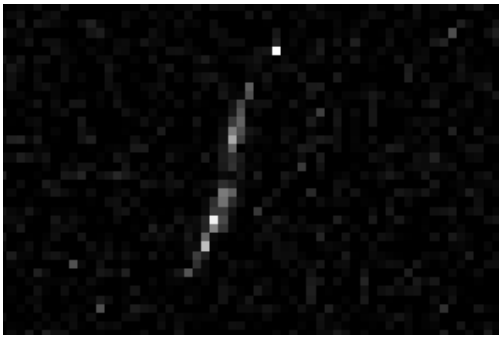
W przypadku większości urządzeń elektronicznych, w jakie wyposażone są satelity, istnieje możliwość napisania odpowiedniego, odpornego oprogramowania, które minimalizuje wpływy przekłamań występujących podczas kolizji z cząsteczkami wysokoenergetycznymi. Równocześnie, układy scalone wykonane są z odpowiednich materiałów, zwiększających ich odporność na niszczące warunki. Niestety najbardziej czułym elementem wyposażenia jest czujnik obrazu CCD, który, ze względu na swoją zasadę działania, nie jest fizycznie osłonięty, w celu umożliwienia dotarcia fotonów do powierzchni pół-

przewodnika. Jest to jednocześnie kluczowy przyrząd decydujący o dokładności fotometrii, stąd też nieustannie prowadzone są badania, mające na celu diagnozowanie jego defektów wywołanych promieniowaniem kosmicznym [4-8].

Interakcja cząstek promieniowania z krzemem

Promieniowanie kosmiczne, na które narażone są satelity misji BRITE, składa się z cząstek o szerokim spektrum energetycznym. Są tu obecne zarówno protony, elektrony, neutrony, jak i cząstki złożone, np. jony helu czy deuteru. Najliczniejszą grupą są elektrony, które jednak nie powodują trwałych zmian w strukturze krzemu urządzeń elektronicznych. Pod ich wpływem, mogą jedynie następować chwilowe przekłamania w obliczeniach, które da się korygować poprzez odpowiednie oprogramowanie, czy też odrzucanie skrajnych wyników podczas fotometrii. Charakterystycznym wpływem kolizji elektronu z powierzchnią matrycy jest tzw. „cosmic ray" dostrzegany w zarejestrowanym obrazie (patrz Rys. 1). Takie zjawiska przejściowe mogą być z łatwością korygowane i nie stanowią istotnych problemów pomiarowych.

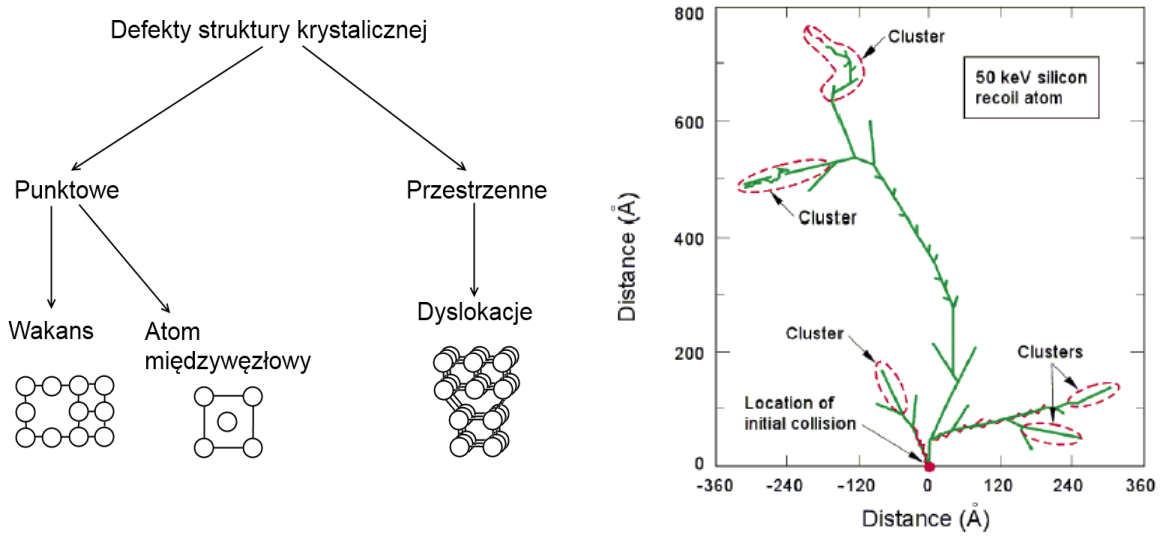
Pomimo obecności cząsteczek różnego typu oraz różnego pochodzenia, głównym źródłem trwałych uszkodzeń w matrycach CCD są protony. Jedynym sposobem zabezpieczenia matrycy przed działaniem tego typu cząstek jest obudowanie satelity odpowiednio grubymi warstwami osłon. W zależności od dopuszczalnej maksymalnej wagi satelity, rozpatruje się zazwyczaj użycie któregoś z metali ciężkich (ołów, tantal lub wolfram), aluminium, bądź, w przypadku konieczności minimalizacji wagi, polipropylenu. Na wybór materiału ma wpływ również ilość dostępnego miejsca, które mogłoby być uzupełnione osłonami [ref].



Rys. 1. Przykładowy efekt uderzenia elektronu w powierzchnię matrycy. Widoczny ślad powstaje w wyniku nagromadzenia elektronów w krzemie w wyniku przejęcia energii od nadlatującej cząstki.

W wyniku kolizji protonu ze strukturą krzemu następują przesunięcia atomów, co skutkuje powstaniem defektów punktowych (luki atomowe – wakanse, oraz wprowadzone atomy międzywęzłowe) jak i defektów przestrzennych – tzw. dyslokacji. Tego typu zmiany powstają na ścieżce, po której wysokoenergetyczny proton porusza się w głąb materiału. Podział defektów wraz

z wizualizacją struktury krystalicznej, oraz przykładowe symulacje zjawiska kolizji zaprezentowane na rysunku 2.



(a) (b)

Rys. 2. Schemat podziału defektów w strukturze krzemu (a), oraz przykładowa droga protonu po uderzeniu w powierzchnię krzemu wraz z powstałymi klastrami defektów.

W odróżnieniu od zjawisk wywołanych uderzeniem elektronu, mamy tu do czynienia z defektami trwałymi, które utrzymują się długo, a szansa na ich samoczynną anihilację jest bardzo mała. Czasami celowo podgrzewa się matryce CCD w celu umożliwienia strukturze wyrównania położeń atomowych, co zwiększa szansę na usunięcie defektów. Niestety wymaganą temperaturę dla krzemu dla tego typu defektów ocenia się na 300°C, co jest rozwiązaniem niepraktycznym w przypadku satelitów BRITE.

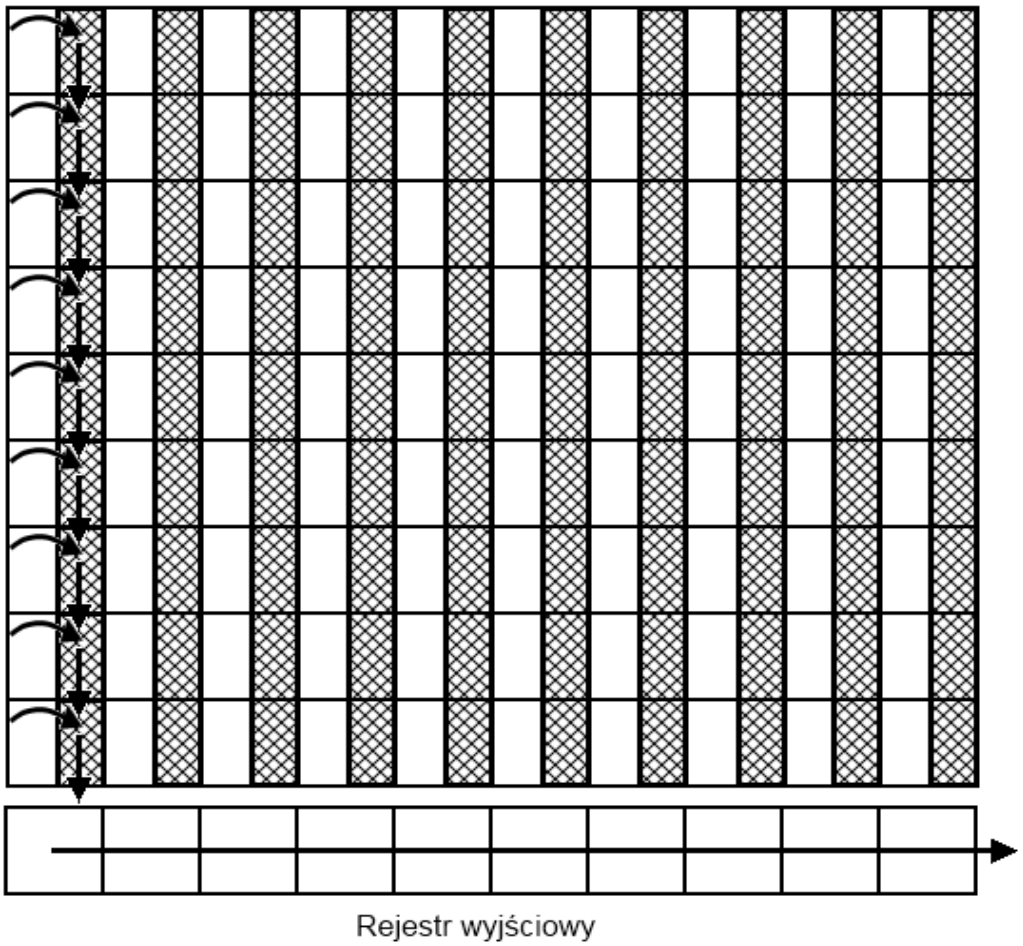
Artefakty zdjęć uzyskiwanych w misji BRITE

Jak już wspomniano we wstępie, ze względu na niewielkie rozmiary satelitów, a zatem brak możliwości instalowania grubych osłon, matryce CCD, w jakie wyposażono satelity, podlegają niszczącym wpływom promieniowania kosmicznego. W ogólności należy wyróżnić tu trzy zasadnicze grupy defektów, które w różnym stopniu wpływają, na jakość pomiarów. Są to, odpowiednio: defekty jedno-pikselowe, defekty kolumnowe, oraz defekty obszarowe. Każdy z nich cechuje się unikalnymi właściwościami oraz ma inną przyczynę radiacyjną. W kolejnych punktach zostaną one krótko scharakteryzowane.

Matryca CCD wykorzystana w misji, to CCD Kodak KAI 11002 [9] typu interline, w której powierzchnia podzielona jest na przylegające do siebie kolumny odpowiadające odpowiednio za rejestrację, oraz przesyłanie ładunku podczas odczytu. Schematycznie budowa oraz zasada działania matrycy zostały zaprezentowane na rysunku 3. Jasne komórki to obszary światłoczułe, natomiast strzałkami zaprezentowano przeniesienie ładunku z obszaru świa-

tłoczułego do rejestru przesuwającego ładunek w dół, oraz do wzmacniacza wyjściowego.

Należy tu dodać, że prezentowane w artykule przykłady zdjęć opierają się na fragmentach obrazu rejestrowanego przez CCD, które zawierają celowo rozogniskowane obrazy gwiazdy oraz ich najbliższe otocznie. Takie, niewielkie rastry (np. 28 x 28 pikseli) przesyłane są z satelitów na ziemię w celu ich dalszej obróbki. Wybiórczy sposób transferu danych wynika również z ograniczonych możliwości przepustowości transmisji pomiędzy satelitą oraz stacją naziemną.



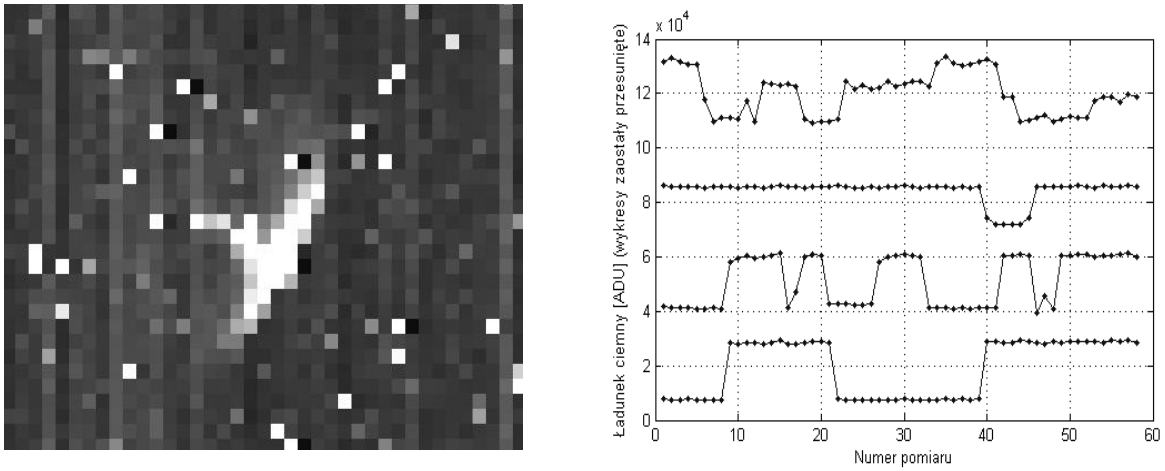
Rys. 3. Budowa oraz działanie matrycy typu interline. Strzałkami zaznaczono kierunek przepływu ładunku od fragmentów światłoczułych, przez rejestry kolumnowe, rejestr wyjściowy, do wzmacniacza CCD.

1. Defekty jedno-pikselowe

Tego typu artefakty objawiają się występowaniem tzw. gorących pikseli w obrazie. Mówimy, że w obrębie takich pikseli następuje bardzo silna generacja termiczna, której źródłem jest powstały defekt. Gorące piksele powstają, gdy wysokoenergetyczny proton uderza w powierzchnię światłoczułą, wnika w głąb struktury piksela, powodując powstawanie luk atomowych oraz klastrów defektów. Ilość niechcianego ładunku generowanego termicznie w da-

nym pikselu może być różna i zależy od skali zniszczeń, jaką zadał proton podczas kolizji. I tak, w przypadku dużej ilości defektów, szybkość generacji termicznej będzie wysoka, powodując nierzadko nasycenie piksela a zatem konieczność jego wykluczenia z pomiarów.

Generacja termiczna w obrębie gorących pikseli posiada dwie istotne właściwości. Po pierwsze, jej szybkość zależy eksponencjalnie od temperatury czujnika. Z tego względu dokładniejsze pomiary uzyskuje się, gdy czujnik znajduje się cieniu Ziemi, gdyż ilość nasyconych pikseli jest mniejsza i istnieje możliwość korygowania ich jasności. Drugą, i niestety najbardziej kłopotliwą cechą, jest występowanie zjawisk typu *Random Telegraph Signals* (RTS) [10, 11]. Wiąże się to z przeskakiwaniem szybkości generacji między różnymi, metastabilnymi poziomami. Zatem, mimo istniejących zależności temperaturowych, nie sposób przewidzieć tempa generacji termicznej. Na rysunku 4 przedstawiono zarejestrowane gorące piksele w obrębie przykładowego rastra z gwiazdą. Na tym samym rysunku unaoczniono również niestabilność prądu ciemnego przy stałej temperaturze czujnika.



(a) (b)

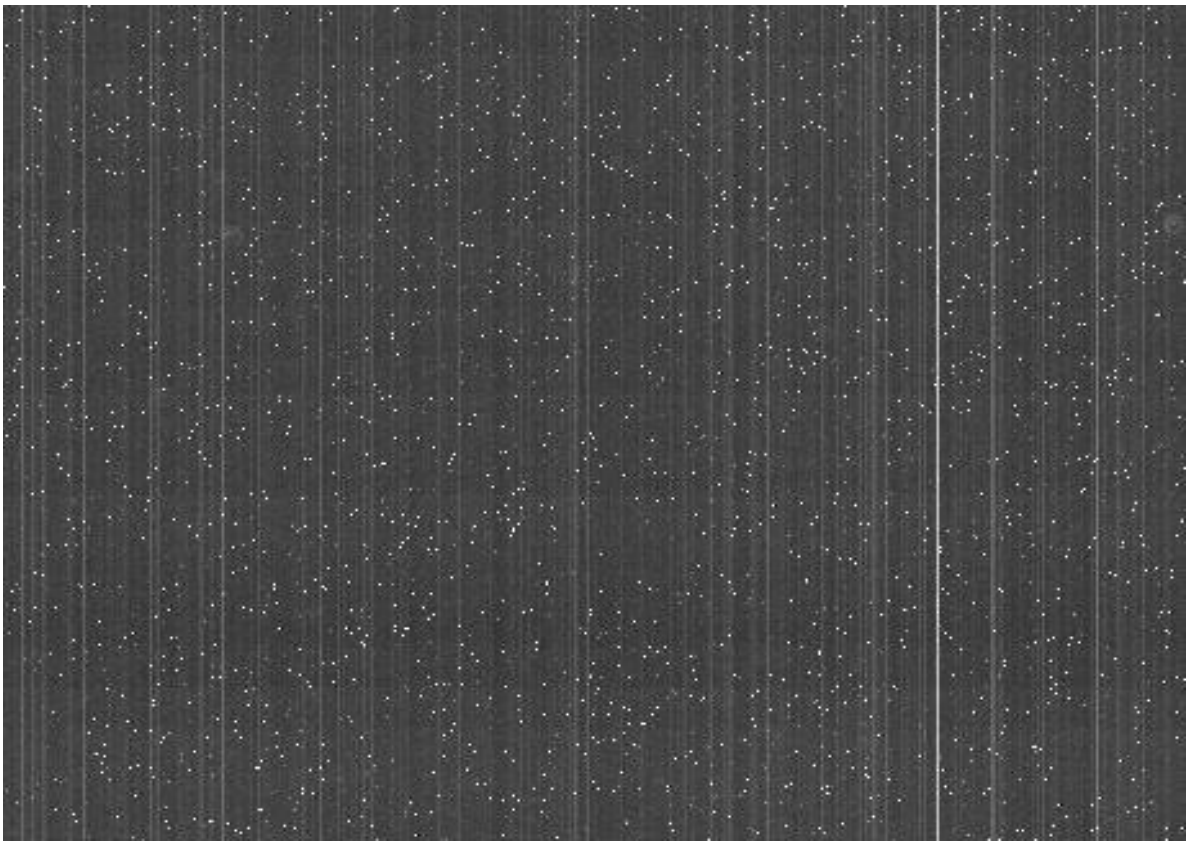
Rys. 4. Przykładowy obraz z satelity wraz z widocznymi gorącymi pikselami o różnym stopniu zniszczenia (a), zarejestrowane przykładowe zależności RTS dla 4 pikseli i dla stałej temperatury czujnika (b) – widoczne 2-3 poziomy metastabilne.

2. Defekty kolumnowe

Drugim typem defektów powstałych w wyniku uderzenia protonu i jego penetracji w głąb czujnika są defekty kolumnowe. W tym przypadku powodem artefaktów są uszkodzenia w obrębie rejestrów przesuwających ładunek podczas fazy odczytu. Jak wspomniano już wcześniej, rejestry te znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie obszarów światłoczułych i są one również narażone na działanie promieniowania.

Wynikiem uderzenia protonu w komórkę rejestru kolumnowego jest powstanie defektu, który generuje ładunek termiczny jedynie podczas fazy odczytu. Ze względu na krótki czas odczytu, ilość dodanego ładunku jest nikła i rozkłada się na wszystkie ładunki przepływające przez uszkodzony fragment

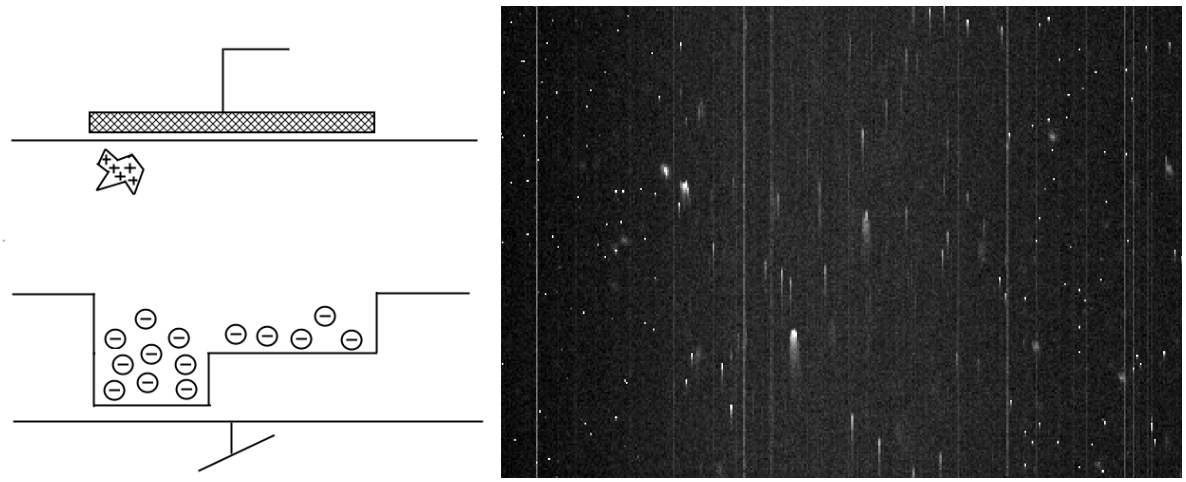
rejestru. W efekcie występuje podwyższenie zarejestrowanej jasności w obrębie wszystkich pikseli danej kolumny. Podobnie jak w przypadku gorących pikseli, wielkość defektu warunkuje omawiany wzrost jasności. Także zjawiska RTS mają tu miejsce, co objawia się zmianami w ilości dodanego ładunku do danej kolumny. Dla uwidocznienia defektów kolumnowych, na rysunku 4 zaprezentowano pełną klatkę z CCD jednego z satelitów BRITE.



Rys. 4. Przykładowy pełna klatka z CCD jednego z satelitów BRITE. Widoczne pionowo jaśniejsze linie wskazują na obecność defektów w kolumnach.

3. Defekty obszarowe

Gdy proton wysokoenergetyczny uderza w matrycę CCD pod niewielkim kątem, penetruje szereg pikseli na niewielkiej ich głębokości. Nie powoduje to powstawania głębokich centrów generujących ładunek termiczny, jednak powstałe defekty zmieniają warunki pola elektrycznego, co ma kluczowe znaczenie podczas faz przesyłania ładunku. Nierównomierności pola powodują niejednolity rozkład ładunku, co następnie skutkuje niepełnym jego przenoszeniem. W efekcie powstają wyraźne ślady za każdym zarejestrowanym obiektem, jak i za gorącymi pikselami. Ładunek w pikselach zdaje się rozlewać na kolejne komórki w kolumnie. Zjawisko takie nazywamy spadkiem wydajności transferu ładunku (CTI – charge transfer inefficiency [12]). Przykłady takich zjawisk w obrazach satelitów BRITE oraz schemat demonstrujący wadliwy rozkład ładunków przedstawiono na rysunku 5.



(a) (b)

Rys. 5. Schemat wpływu defektu na gromadzenie ładunku podczas fazy odczytu (a), oraz przykładowy fragment pełnej klatki, gdzie odnotowano obszar ze spadkiem wydajności transferu

Długość widocznych „ogonów" jest tym większa im niższa jest temperatura oraz im wyższa jest szybkość odczytu. W przypadku satelitów BRITE, szybkość ta musi być niestety duża, gdyż ilość pomiarów warunkuje dokładność fotometrii. Uderzenie matrycy CCD przez proton pod bardzo niewielkim kątem powoduje powstanie serii defektów w sąsiednich kolumnach, zatem obszary CTI obejmują zazwyczaj kilkanaście do kilkudziesięciu sąsiadujących ze sobą kolumn, tak jak to przedstawiono na rysunku 5b.

Podsumowanie

Misja BRITE to pierwsza próba realizacji zadań precyzyjnej fotometrii satelitami o niewielkich rozmiarach. Niestety, trudne warunki związane z występowaniem promieniowania kosmicznego w przestrzeni, jak i brak możliwości instalacji grubych osłon, powodują stopniową degradację matryc CCD, w jakie wyposażone są satelity. W artykule przedstawiono zakres artefaktów, jakie pojawiają się w zdjęciach BRITE w wyniku oddziaływania promieniowania kosmicznego ze strukturą czujnika obrazu. Ponadto, podano przyczyny oraz rodzaje defektów uwzględniając typ zastosowanej matrycy CCD. Wskazano na fizyczne miejsca w czujniku, odpowiedzialne za poszczególne typy zakłóceń.

Bibliografia

[1]. Orleanski P. et al., BRITE-PL the first Polish scientific satellites, 2010, Proceedings of the SPIE, Vol. 7745

[2]. Weiss W. W. et al., BRITE-Constellation: Nanosatelites for precision photometry of bright stars, 2014, Precision Asteroseismology, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Vol. 301, 67

[3]. Kuschnig R. et al., BRITE-Constellation, 2009, Solar-Stellar Dynamos as Revealed by Helio- and Asteroseismology, Vol. 416, 587

[4]. Penquer A. et al., Analysis of CCD dark current degradation in orbit, 2009, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 56, 2142
[5]. Hopkinson G. R., Proton-induced CCD charge transfer degradation at low operating temperatures, 2001, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 48, 1790
[6]. Killiany J. M., Radiation effects on silicon charge-coupled devices, 1978, IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, Vol. 1, 353
[7]. Hardy T et al., Charge transfer efficiency in proton damaged CCD's, 1998, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 45, 154
[8]. Hopkinson G. R., Proton damage effects in an EEV CCD imager, 1989, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 36, 1865
[9]. Kodak Image Sensor Solutions, Kodak KAI-11000M Image Sensor, 2003, Rev. 3, (online)
[10]. Hopkinson G. R. et al., Random telegraph signals in proton Irradiated CCDs and APS, 2008, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 55, 2197
[11]. Nuns T. et al., Measurements of random telegraph signals in CCDs irradiated with protons and neutrons, 2006, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 53, 1764
[12]. Janesick J. R., Scientific charge-coupled devices, 2001, SPIE Press

***

Tęcza nad Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. (9 maja 2016)

Astronomia – nauka i wiara

W 90-tą rocznicę urodzin Konrada Rudnickiego

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim
9 maja 2016

(Przyczynki konferencyjne)

Konrad Rudnicki w Rzepienniku Biskupim.

Johannes Kepler w rzepiennickim obserwatorium z portretu przysłuchiwał się wykładom. Z podarkiem urodzinowym najpewniej pofatygował się do naszego Konrada osobiście.

Reakcje Konrada Rudnickiego na uwagi współpracowników

Piotr Flin

Uniwersytet Świętokrzyski w Kielcach

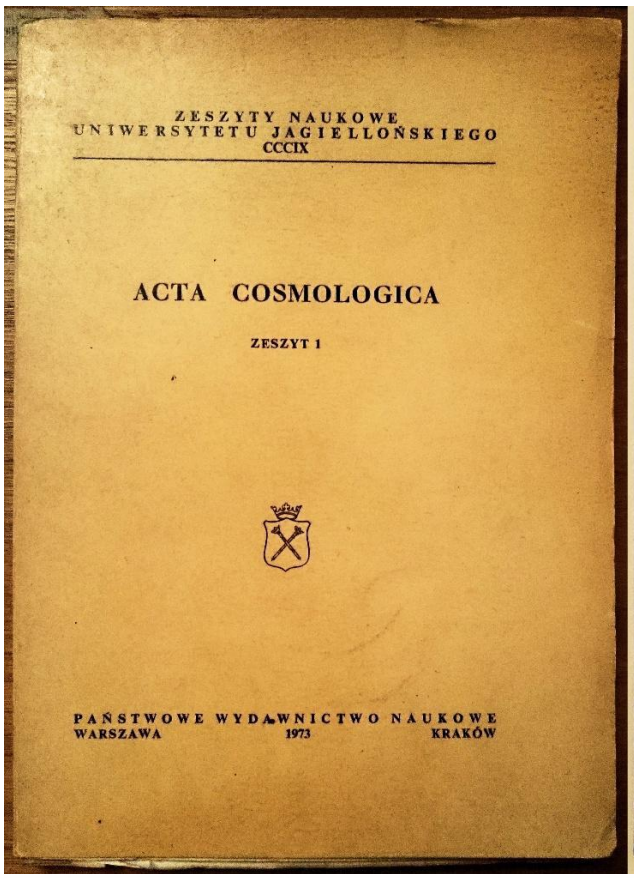
W tym krótkim artykule staram się przedstawić reakcje, a właściwie ich brak, na prośby i uwagi związane z pracami, których był współautorem. Jako współautor pamiętam nawet szczegóły rozmów i dlatego mogę korzystać ze wspomnień, częściowo zweryfikowanych już przez historię nauki. Opisuję też możliwe przyczyny takiego postępowania profesora Rudnickiego.

Prof. Konrad Rudnicki (1926-2013) był autorem szeregu prac naukowych, które miały wpływ na dalsze kształtowanie się niektórych poglądów astronomicznych. Do takich prac należą w pierwszym rzędzie dwie duże prace zawierające katalogi. Były one wykonane w czasach, gdy Rudnicki był kierownikiem Zakładu Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktyczej w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Są to: „Catalogue of 15650 Galaxies in the Jagiellonian Field" z 1972 roku (patrz fot. 1) i „Catalogue of Supernovae" z 1979 roku, będący uzupełnionym i poprawionym katalogiem z 1968 roku (fot. 2) z dodatkowymi autorami. Pierwsza publikacja liczy 164 strony + atlas, druga natomiast 296 stron.

Katalog galaktyk podaje współrzędne galaktyk poprzez atlas, czyli położenie galaktyki w prostokącie o wymiarach 7'.5 x 7'.5 oraz jej przybliżoną jasność, czyli tzw. klasy jasności, skorelowane z wielkościami gwiazdowymi. Po opublikowaniu katalogu okazało się, że chcieli go wykorzystywać też inni, a nie tylko my w Krakowie. Jak oznajmił Rudnicki, amerykański profesor potrzebował informacji o położeniu z mniejszą dokładnością niż podawana w katalogu. Poprosił o takie dane. Rudnicki skwitował jego list bardzo prosto: jak potrzebuje inaczej, to niech sobie zrobi. Ma studentów, to mogą to zrobić. Wracałem kilka razy do tej sprawy, odpowiedź konsekwentnie taka sama. Ponieważ nie miałem w tym momencie niczego lepszego do roboty, usiadłem i zrobiłem to, co ten profesor chciał. Zajęło mi to kilka miesięcy pracy, ale zrobiłem i przesłałem. Powiedziałem o tym szefowi, był bardzo zdziwiony, bo byłem chyba pierwszą osobą, która go nie posłuchała. Po latach mogę stwierdzić, że opłaciło się. Pole Jagiellońskie zostało szeroko rozpowszechnione i cytowane. Jako ostatni optyczny, nie-automatyczny przegląd nieba było używane przez dość długi czas, a mnie imiennie wymienił on jako autora na konferencji, co wzbudziło zdziwienie uczestników. To on zna moje prace? Ten profesor, to był Philip James Edwin Peebles, podpisujący się i znany jako James Peebles, profesor of Physics w Princeton, m.in. jeden z twórców współczesnej kosmologii. I tak zostałem na lata jego znajomym, a może nawet kolegą. No cóż, warto było wykonać prostą, studencką pracę dla niego.

Z drugim katalogiem sprawa była dość podobna, ale zakończenie dla mnie już inne. Specjalista od supernowych i autor spisów z Palomaru, dr Charles Kowal, napisał w swojej pracy, że nie ma dowodu, iż jeden z obiektów jest supernową, bo jest tylko jedna obserwacja. Pokazałem szefowi oryginalny tekst, było napisane wyraźnie, iż druga obserwacja wykonana następnego dnia dała podobną jasność. Tekst był po rosyjsku. Poprosiłem o napisanie do Kowala, był to osobisty znajomy szefa, listu wyjaśniającego. Stwierdził, że nie trzeba, niech się nauczy rosyjskiego, a przecież w naszym katalogu jest poprawnie. Oczywiście nie napisał listu, a Kowal nie zmienił swojej uwagi i podejścia do katalogu, widocznie nie chciało mu się uczyć języka obcego. Rudnicki miał rację, to było poprawnie, ale po uwadze eksperta o błędzie w naszym katalogu, nie był on już tak często cytowany w środowisku, jak powinien.

Nad reakcjami Rudnickiego warto się zastanowić. Wysoce prawdopodobne jest, iż uważał on, zgodnie z przyjętym wówczas sposobem rozumowania społeczności naukowej, iż opublikowanie pracy jest wystarczającym dowodem na otrzymanie określonych wyników. Wystarczające jest opublikowanie pracy, bez względu na miejsce publikacji. Ono nie ma znaczenia, o ile tylko praca jest umieszczona w corocznym wykazie prac. Publikacja jest wystarczającym potwierdzeniem zaistnienia danej koncepcji, nie było wtedy innych kryteriów oceny, jak np. punkty. To podejście zawdzięczał prawdopodobnie swoim nauczycielom, którzy uważali, że zainteresowany czytelnik sam znajdzie to, czego szuka. To podejście bardzo długo było obowiązkowe w nauce. Z drugiej strony sam pamiętam, jak z niebywałą trudnością trzeba było przystosować się do systemu oceny poprzez punkty za publikacje, a nie ilość publikacji. W Polsce, w małych i biednych ośrodkach, było to jeszcze trudniejsze, gdyż w niektórych czołowych czasopismach obowiązywała opłata za druk. Za tą hipotezą przemawia też publikacja Konrada Rudnickiego w Sympozjum IAU w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku, w której przedstawił zdjęcie komety i twierdził, że niektóre obserwowane warkocze muszą być wynikiem wyrzutu materii, jaki był widoczny na zdjęciu i opisany w komentarzu w tej krótkiej pracy. Nie tylko z powodu braku zainteresowania kometami nigdy nie wracał do tego tematu i zdjęcia, Pytany o poglądy w tej materii twierdził, że przecież przedstawił obserwacyjny dowód na fakt działalności nie grawitacyjnych sił w kometach, tzn. przedstawił zdjęcie z ewidentnym wyrzutem materii, czyli jest publikacja.



No	b	y	r	No	b	y	r	No	b	y	r
010101	.	1	.	5	2	.	.	19	3	1	.
2	4	2	.	6	2	2	.				
3	.	2	.	7	4	.	.	011001	2	.	.
4	3	1	3	8	3	2	2-3	2	1	.	.
								3	2	2	4
010201	.	2	2	010701	.	3	.	4	2	.	.
2	2	1	.	2	.	1	.	5	2	1	.
3	.	.	1	3	3	5	2	6	3	1	.
4	3	.	.	4	5	5	2				
5	3	.	3	5	2	.	.	011101	2	1	.
6	3	1	.	6	2	3	2	2	1	1	.
7	.	.	3	7	2-3	.	.	3	4	2	2
8	6	.	.	8	.	2	.	4	1	.	.
								5	.	.	2
010301	3	.	.	010801	1	1	.	6	4	3	2
2	2	.	.	2	.	5-6	.	7	2	2	2
3	3	.	.	3	2	.	.	8	.	1	.
4	4	.	.	4	1	.	.	9	4	3	2
5	3	3	2	5	3	2	1	10	3	3	2
6	3	2	1	6	.	1	.	11	4	1	.
7	2	.	.	7	4	3	2	12	4	2	.
8	3	.	.	8	1	.	.				
9	.	1	.	9	.	2	.	011201	3	1	1
				10	2	.	.	2	1	.	.
010401	3	2	3								
2	3	.	.	010901	.	.	1	011301	2	.	.
3	2	1	.	2	3	.	.	2	.	3	.
4	3	.	.	3	3	.	.	3	3	3	3
5	3	.	.	4	3	.	.	4	3	3	4
6	3	.	.	5	2	.	.	5	5	.	2
				6	2	.	.	6	5	3	4
010501	.	2	.	7	2	.	.	7	4	4	2
2	.	.	1	8	5	4	4	8	6	4	5
3	.	2	1	9	2	1	.	9	.	.	4
4	2-3	.	.	10	3	.	.				
5	.	1	.	11	2-3	.	.	011401	2	.	.
6	1	.	.	12	2	.	.	2	3	.	.
7	4	.	.	13	.	1	2	3	3	3	2
				14	3	.	1				
010601	2-4	.	.	15	4	.	.	011501	2	.	.
2	3	3	4	16	3	2	2	2	4	.	.
3	4	3	4	17	3	.	2	3	.	.	1
4	2	3	2	18	2-3	.	.	4	2	1	.

A CATALOGUE OF 15 650 GALAXIES IN THE JAGELLONIAN FIELD

by

Konrad Rudnicki
Jagellonian University Observatory — Kraków
Warsaw University Observatory — Warszawa

T. Zbigniew Dworak and *Piotr Flin*
Jagellonian University Observatory — Kraków

with collaboration of

Bolesław Baranowski
Warsaw University Observatory — Warszawa

and

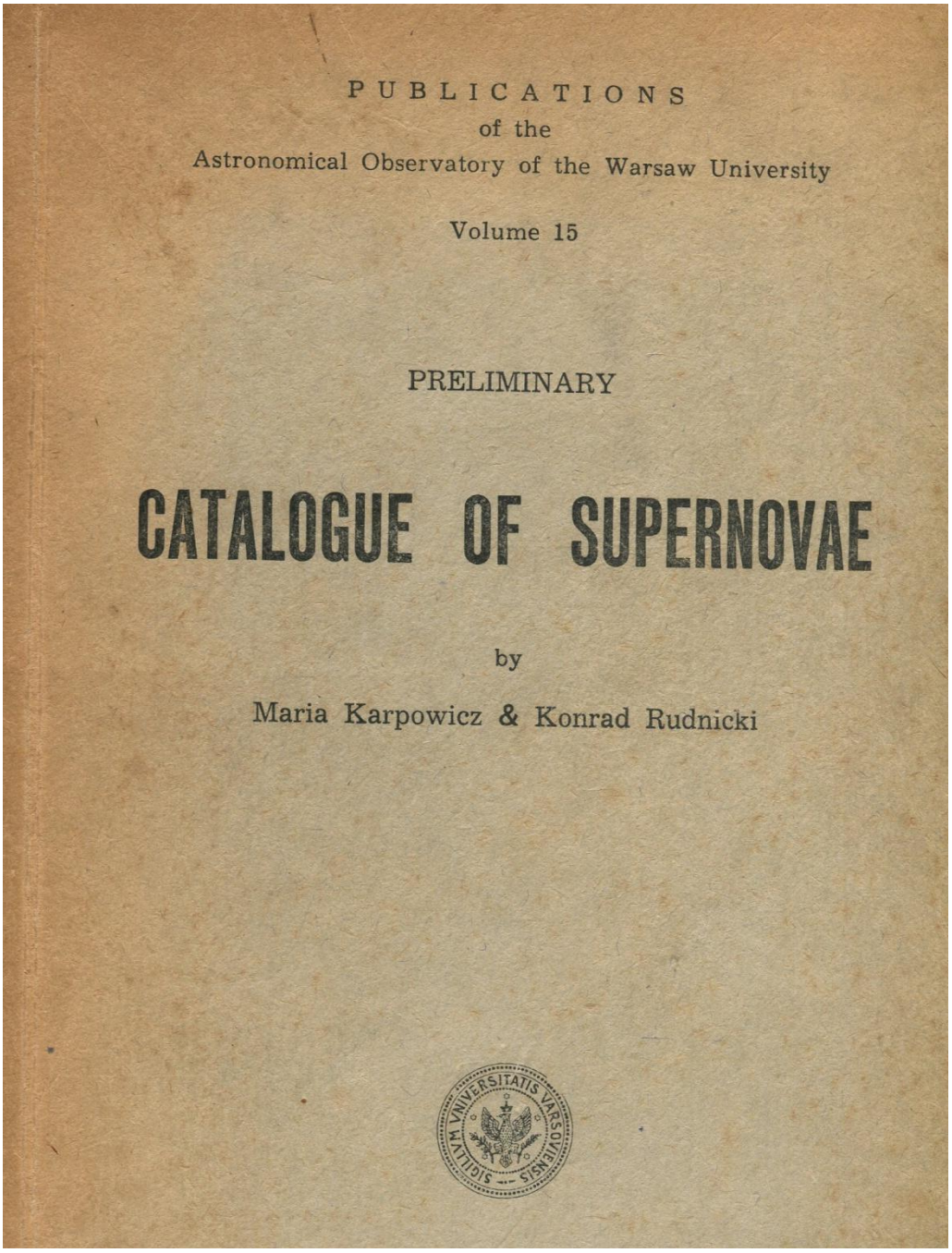
Andrzej Sendrakowski
Mining and Metallurgy Academy — Kraków

PREFACE

1. The aim of the catalogue

The aim of the catalogue is to provide a statistically uniform sample of the distribution of galaxies on the celestial sphere reaching as far as possible into large magnitudes. According to the advice of prof. Zwicky, a field centred on $\alpha = 11^h19^m$, $\delta = +35°53'$ (2000.0) was chosen for this purpose, which corresponds roughly to the field No 185 (vol III) of Zwicky's Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies. According to the Zwicky's Catalogue, in this field only five galaxies

Fot.1. Okładka czasopisma, zawierająca Katalog galaktyk w Polu Jagielloński, jedna ze stron katalogu, oraz pierwsza strona artykułu.



Fot. 2. Okładka Katalogu Supernowych z 1968 roku.

Partyzant wśród astronomów

Michał Heller[1,2]

[1] Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie
[2] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Zjawiliśmy się w Krakowie prawie równocześnie: Konrad Rudnicki – z Warszawy, Andrzej Zięba – z Opola i Wrocławia i ja – świeżo po studiach w Lublinie. I jeszcze całkiem niedawno zjawiła się na świecie... kosmologia. Wprawdzie w podręcznikach teoretycznych istniała już parę dekad, ale astronomowie dopiero całkiem niedawno przestali żywić wątpliwości, że należy się jej również godne miejsce w rodzinie nauk empirycznych. Stało się to głównie dzięki odkryciu mikrofalowego promieniowania tła w latach sześćdziesiątych poprzedniego stulecia, a potem także dzięki innym odkryciom astronomicznym. Postawiły one problem kosmologii w centrum naukowych dyskusji. Konrad był specjalistą od astronomii pozagalaktycznej (wyszedł spod ręki Zwicky'go), więc od kosmologii dzielił go tylko mały krok. Andrzej był matematykiem ze szkoły Steinhausa, więc z silną skłonnością do zastosowań i, rzeczywiście, od jakiegoś czasu aplikował swoje wiadomości geometryczne do rozwiązań równań Einsteina. A ja interesowałem się kosmologią nawet wtedy, gdy na jej temat wiedziałem jeszcze bardzo mało. Było więc rzeczą naturalną, że zaczęliśmy wspólnie „dłubać" wokół nauki o Wszechświecie.

Konrad przywiózł z Pasadeny zestaw klisz z palomarskiego teleskopu (bardzo długie czasy naświetlania), zawierających obrazy małego wycinka nieba, który nazwał Polem Jagiellońskim. Był to podówczas najgłębszy przegląd nieba, jaki dotychczas wykonano, czyli próbka młodego Wszechświata, stąd duże znaczenie kosmologiczne. Pamiętam jak na stole w Obserwatorium Astronomicznym UJ (jeszcze na Kopernika) przez długie miesiące leżały rozpięte mapy Pola Jagiellońskiego, na które ręcznie przenoszono położenia galaktyk z klisz. To były czasy naukowego romantyzmu. Ciemny, przejściowy pokój, chwiejący się stół, stara lampa rzucająca krąg światła na ręcznie rysowane mapy. Na stole porzucona linijka i cyrkiel. Tak to zapamiętałem. W ten sposób młody Wszechświat ujawniał swoje tajemnice i w ten sposób powstał Katalog Jagielloński. Przez szereg lat - najgłębsze okno w historię Wszechświata.

Andrzej także zabrał się do Katalogu Jagiellońskiego. Oczywiście przy pomocy swoich metod. Opracował on oryginalną statystyczną metodę badania tendencji do tworzenia się skupisk w pozornie przypadkowym rozkładzie punktów (galaktyk) w przestrzeni, gdy widzimy tylko ich rzuty na sferę niebieską. Zastosowanie tej metody do danych z Katalogu Jagiellońskiego dało oryginalny wynik. Okazało się, że galaktyki wykazują tendencję do gromadzenia się we wszystkich skalach. Niemal równocześnie taki sam wynik uzyskali kosmologowie amerykańscy (m.in. Jim Peebles z Princeton) przy pomo-

cy innej metody, zwanej metodą funkcji korelacyjnej. Właśnie ta metoda stała się wkrótce ogólnie przyjętym standardem. Ale może warto by było, choćby ze względów historycznych, przyjrzeć się metodzie Andrzeja Zięby.

Kosmologia zawsze wyzwala niekończące się dyskusje i budzi ciekawość amatorów. Forum do takich dyskusji stało się seminarium dość regularnie organizowane w Obserwatorium Astronomicznym. Ponieważ mieściło się ono wówczas w Ogrodzie Botanicznym przy ulicy Kopernika, łatwy dostęp do niego mieli goście z miasta, którzy też dość licznie przybywali. Na tym seminarium Konrad często prezentował różne swoje poglądy związane z kosmologią. Propagował m.in. metodę „skrzynki morfologicznej", którą przejął od Zwicky'go. Nie tylko stosował ją do swoich prac nad morfologią galaktyk, lecz także dostrzegał jej skuteczność w różnych zagadnieniach, niekoniecznie związanych z kosmologią. Był także zwolennikiem goetheanizmu, czyli współczesnej kontynuacji poglądów Goethego, który próbował stworzyć coś w rodzaju alternatywnej teorii nauki. W gronie przyjaciół dobrze jest mieć czasem przeciwne poglądy. Dyskusja wówczas staje się bardziej barwna i wciągająca.

Innym dziełem Konrada i Andrzeja były *Acta Cosmologica*. Od dawna w naszych rozmowach pojawiał się temat, że dobrze byłoby mieć własne czasopismo. W tamtych czasach wydawało się to nierealistycznym marzeniem. Ale jednak okazja się nadarzyła. W Uniwersytecie Jagiellońskim wiele wydziałów miało własne „Zeszyty Naukowe". Władze Uniwersytetu zasugerowały, żeby także Obserwatorium Astronomiczne miało swój organ. Ale Obserwatorium już miało kilka swoich periodycznych publikacji i dyrektor Obserwatorium – a był nim wówczas Andrzej Zięba – podsunął myśl, by zapoczątkować czasopismo o charakterze kosmologicznym. Musiało się to oprzeć o Warszawę. My mieliśmy już nawet gotowy tytuł – *Folia Cosmologica* i było dla nas oczywiste, że pismo będzie po angielsku. Władze wyraziły zgodę, ale pod warunkiem, że pismo będzie wydawane po polsku, bo „Polacy nie gęsi...". Kontrargumentem Andrzeja było, że przecież w imię patriotyzmu musimy światu pokazać polską naukę. Władze uległy w końcu temu argumentowi, ale wyznaczyły tytuł *Acta Cosmologica*, ponieważ *Acta* to flagowy tytuł polskiej nauki (wiele nauk ma już swoje *Acta*). Zostały więc *Acta Cosmologica*. Może nawet ładniej niż *Folia*.

Pierwszy numer *Acta Cosmologica* zawierał tylko jeden, obszerny artykuł – Katalog Jagielloński wraz z mapami. To było dzieło Konrada Rudnickiego.

Z Konradem i Andrzejem rozmawialiśmy nie tylko o kosmologii. Andrzej podczas wojny walczył w AK, Konrad w Gwardii Ludowej i Armii Ludowej. Ta przeszłość na pewno zaważyła na ich osobowości. Andrzej do końca zachował w sobie coś z rycerza walczącego o słuszne ideały. Wkrótce potem, już jako prorektor Uniwersytetu Jagiellońskiego, „wybrał wolność" w Austrii; ale to jest temat na inną epopeję... Konrad był innego rodzaju bojownikiem. Miał tendencję do wybierania nieortodoksyjnych postaw, ale gdy już jakąś

wybrał, konsekwentnie się jej trzymał. Jeden „okres wyborów" był szczególnie ważny w jego życiu.

Konrad pochodził z rodziny o tradycjach lewicowych. Jego ojciec, Lucjan, był działaczem komunistycznym w okresie międzywojennym, a potem znanym pisarzem. W szkole musieliśmy czytać jego książki, jako lektury obowiązkowe. Pamiętam odwiedziny w domu Konrada na ul. Św. Sebastiana. Wtedy żyła jeszcze jego matka, ale nie wstawała już z łóżka. Goście Konrada zachodzili do jej pokoju, aby z nią chwilę pogawędzić. A ona chętnie opowiadała o dawnych czasach. To były czasy, jak się walczyło z sanacją. A Piłsudski to był dobry przeciwnik. Kiedyś razem z nią brał udział w ruchu socjalistycznym, potem ich drogi się rozeszły. Ale on ją pamiętał. Gdy została zaaresztowana przez policję, za udział w jakichś demonstracjach, sam Piłsudski zatelefonował do aresztu, w którym była przetrzymywana i kazał ją wypuścić. „Rudnicka niczego złego nie zrobi" – zapewnił. Z honorami wypuszczono ją na wolność.

Nic dziwnego, że Konrad w okresie swojej młodości także żywił poglądy lewicowe. Ale bardzo wcześnie, jeszcze w latach pięćdziesiątych, poglądy komunistyczne porzucił na dobre. A wtedy taka decyzja wymagała niemałej odwagi. Zaczął wówczas szukać swojego miejsca i znalazł je w Kościele Mariawickim, w którym też po pewnym okresie przyjął święcenia kapłańskie. Do końca życia był głęboko zaangażowany w pracę duszpasterską.

Pisząc te krótkie wspomnienia, nie odwołałem się do żadnych dokumentów . Zajrzałem tylko do pierwszego numeru *Acta Cosmologica*, tego z Katalogiem Jagiellońskim. Pamięć jest zawodna i niekiedy trochę twórcza, ale człowiek który odszedł, żyje wśród nas nie w dokumentach, ale w pamięci przyjaciół.

Mural przedstawiający Królową Jadwigę na jednej z kopuł rzepiennickiego obserwatorium.

Eksperymentalna droga do Teorii Wszystkiego czyli czy teolog może zainspirować fizyka?

Piotr Homola

Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Wstęp super-filozoficzny

Z jakiegoś powodu my, ludzie, zadajemy pytania i szukamy na nie odpowiedzi – we wszystkich dziedzinach, które nas dotyczą. Skupmy się na jednej z nich. Pytamy na przykład: 1) jak działa świat? Albo ciekawiej: 2) dlaczego świat działa tak, a nie inaczej? Czy drążąc jeszcze głębiej: 3) skąd wzięły się prawa fizyki, które wprawiają nasz świat w stan istnienia i działania (za M. Hellerem)? Na pierwsze z powyższych pytań szukamy odpowiedzi w ramach aktywności nazywanej przez nas uprawianiem nauki. Drugim pytaniem również zajmuje się nauka, z tym, że poszukiwania prowadzone są na głębszym poziomie, tam gdzie eksperyment nie sięga bezpośrednio a głównym narzędziem są wysoce abstrakcyjne rozważania matematyczne.

I wreszcie pytanie trzecie, nazwijmy je „super-filozoficznym". Można powiedzieć, że pytanie super-filozoficzne jest nienaukowe w tym sensie, że nie możemy mieć nadziei, że uzyskamy na nie odpowiedź dzięki zastosowaniu dostępnych, czy choćby wyobrażalnych obecnie metod naukowych. Zastanówmy się jednak, czy pytanie super-filozoficzne nie posiada żadnego „namacalnego" związku z nauką. Jak uzasadnimy poniżej, przyjęcie określonego scenariusza super-filozoficznego ma bezpośrednie, logiczne konsekwencje dla wyborów dokonywanych w ramach uprawiania nauk przyrodniczych zgodnie z regułami sztuki. Nieprzyjęcie żadnego scenariusza dla zagadnień wskazywanych przez pytania typu 3) mogłoby być zgodne z zasadą uczciwości myślenia, o ile założylibyśmy, że zastanawianie się nad pytaniem super-filozoficznym nie może przynieść żadnych praktycznych korzyści. Ale takie założenie wymaga przyjęcia określonego scenariusza super filozoficznego! A zatem myśląc uczciwie musimy zrobić jakieś założenie super-filozoficzne. Jednakże, jak wspomniano powyżej, założenie super-filozoficzne nie może opierać się na metodzie naukowej. A zatem, uprawiając naukę, skazani jesteśmy niejako na przyjęcie postawy nienaukowej, to znaczy musimy oprzeć się o pewnego rodzaju wiarę, intuicję, „wyczucie", itp. Innymi słowy, jeżeli od uprawiających naukę wymaga się umiejętnego korzystania z rozumu, czyli wspomnianej wyżej uczciwości myślenia, wymaganie to wiąże się ściśle z koniecznością wykonywania operacji myślowych bez żadnego oparcia w rozumie czy w doświadczeniu. Odwołując się do kontekstu religijnego niniejszych rozważań, stwierdzamy, że dobrym założeniem super-filozoficznym jest wiara w Boga osobowego. A skoro nie ma żadnych przesłanek, aby to właśnie założenie uznać za gorsze od innych, można bez żadnych obaw prowadzić badania naukowe właśnie z założeniem istnienia Boga. Nie ma więc żadnych przesłanek do rozważania zagadnienia „rozwodu" pomiędzy wiarą w Boga, a nauką. Jeżeli ktoś nie uznaje istnienia Boga to o rozwodzie w ogóle nie ma mowy (żeby się rozwieść trzeba się najpierw pobrać), natomiast uznając, że Bóg istnieje, nie można jednocześnie odmówić Mu udziału we wszystkim, co nas otacza – to znaczy przedmiotu obserwacji naukowej. Nie można przecież analizując skomplikowany zbiór oddziałujących ze sobą elementów pominąć zupełnie najważniejszego

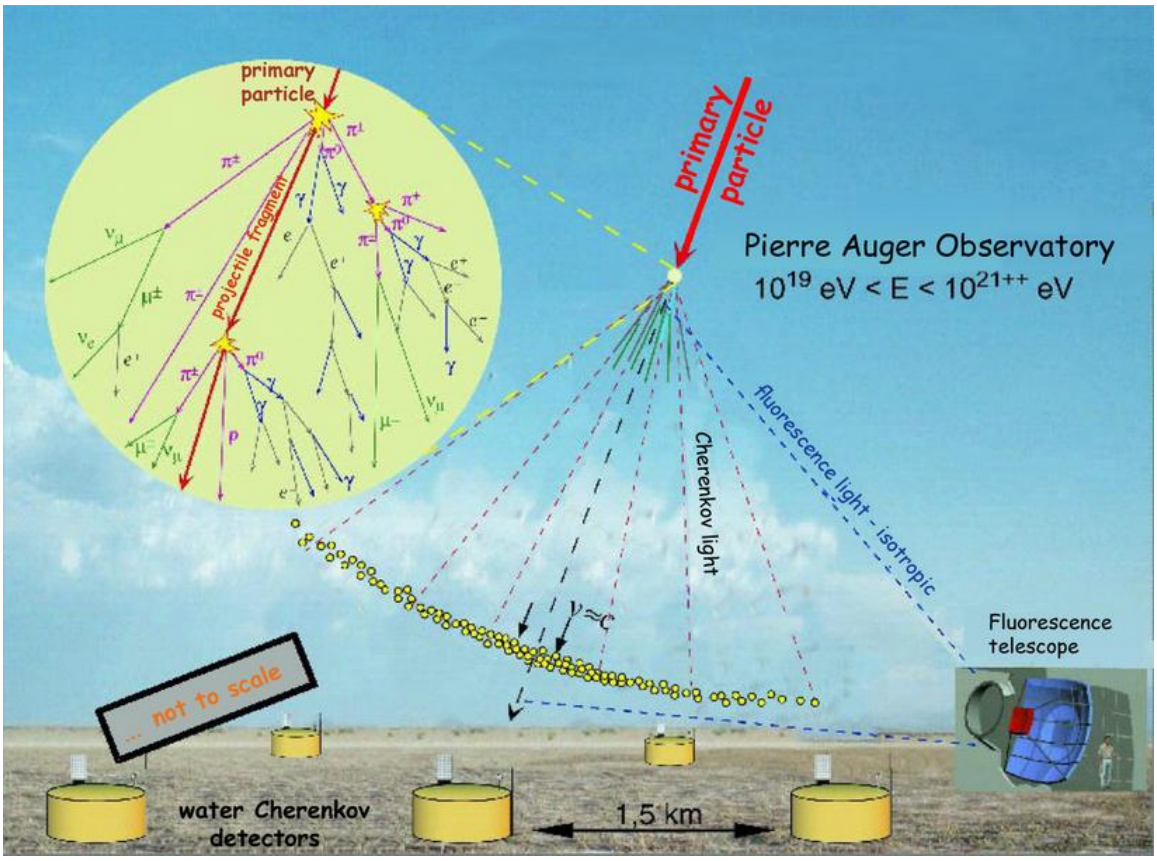
z nich! Wobec powyższego mówienie o rozwodzie między wiarą a nauką (rozumem) jest „myśleniem życzeniowym", bez oparcia w rozumie (nauce).

Upewniamy się w ten sposób, że udział w konferencji z kategorii „nauka i wiara" ma sens naukowy, nie możemy jednak powstrzymać się od sugestii małej zmiany: zamiast mówić o „nauce i wierze", jako o dwóch odrębnych pojęciach, mówmy raczej o „nauce w wierze" lub o „wierze w nauce" - będziemy bliżej rzeczywistości.

Szkodliwa separacja, czyli rozterki filozoficznego nieuka

Niezależnie od tego czy powyższy wywód ma wartość filozoficzną czy jej nie ma, ilustruje on jak może wyglądać myślenie „w kierunku filozofii" fizyka, który praktycznie żadnego regularnego przygotowania filozoficznego nie posiada, czytuje co najwyżej Michała Hellera. Mówię oczywiście o sobie. Faktycznie, zastanawiam się czy to, co napisałem na wstępie ma sens czy nie ma. Jeśli ma, to sprawa jest poważna – aby uprawiać naukę najlepiej jak się da, należy mieć „służbowo" pojęcie o filozofii. A jeśli nie ma – należałoby zrozumieć, dlaczego nie ma, czyli tu również pomoc (=edukacja) filozoficzna byłaby na miejscu. Jak by nie patrzeć, wygląda na to, że filozofia powinna być częścią mojej pracy, a nie jest. Co więcej, jestem przekonany, że filozofia nie jest ważną „służbowo" dziedziną również dla zdecydowanej większości znanych mi fizyków. Gdyby było inaczej, na konferencjach naukowych mielibyśmy sesje filozoficzne, a wielkie, międzynarodowe zespoły badawcze korzystałyby z fachowego doradztwa filozoficznego. Mało tego – rozważając pytanie super-filozoficzne i praktyczne konsekwencje różnych scenariuszy, doradztwo to powinno obejmować teologię. Nie obejmuje. A z drugiej strony, czy teologowie przejmują się naukami przyrodniczymi? W zdecydowanej większości nie, świadczy o tym wymowna „nisza" filozoficzna: brak teologii nauki (za M. Hellerem). Tak samo jak nie rozumiem, dlaczego naukowcy nie zajmują się służbowo filozofią, nie jestem też w stanie pojąć dlaczego zdecydowana większość teologów nie posiłkuje się dokonaniami przyrodników. Czy Dzieło nie mówi o Stwórcy w sposób najbardziej obiektywny z możliwych? Jeśli tak, to czy chcąc dowiedzieć się jak najwięcej o Bogu nie należałoby skrupulatnie studiować wszystkich Jego śladów, w tym tego największego: Natury (zob. T. Pabjan, ta konferencja)? Nauka ignoruje teologię a teologia naukę, doświadczamy separacji między wiarą a rozumem, między nauką a filozofią. Ale czy ta separacja ma jakieś rozsądne uzasadnienie?

Próbując podejść do tego ostatniego pytania od strony zawodowej, mogę z czystym sumieniem stwierdzić, że dodanie odrobiny filozofii do mojej pracy naukowej przyniosło zaskakująco dobre efekty, pożyteczne dla mnie i dla nauki. Od razu dodam też, że mam na myśli filozofię spraw podstawowych, czyli według mojej amatorskiej nomenklatury – super-filozofię. Skoro już się przyznałem, że fundamentalne filozofowanie okazało się dla mnie pożyteczne, nie muszę dodawać, że z mojego punktu widzenia separacja nauki od filozofii (równoważnie: rozumu od wiary – filozofię uważam w całości za rodzaj wiary, skoro nie podlega metodzie nauk przyrodniczych) utrudnia zrozumienie praw przyrody. Poniżej opowiem o drodze, która do takiego spostrzeżenia mnie doprowadziła.



Rys. 1. Rejestracja promieni kosmicznych o wysokich energiach jest możliwa tylko metodami pośrednimi, dzięki rejestracji wielkich pęków atmosferycznych. Ilustracja pochodzi z zasobów Współpracy Pierre Auger (www.auger.org).

Na początek kilka zdań wprowadzenia. Właściwie od początku mojej pracy naukowej zajmuję się promieniowaniem kosmicznym o ultra-wysokich energiach: od 10^{18}eV do 10^{20}eV i większych. Dla porównania, w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) możemy przyspieszać cząstki do energii rzędu 4×10^{12}eV. Po co więc kosztowny LHC, jeśli z Kosmosu za darmo przylatują cząstki o znacznie ciekawszych (tzn. większych) energiach? Problemem jest statystyka. Strumień cząstek promieniowania kosmicznego gwałtownie maleje z energią tego promieniowania. Najbardziej interesujące cząstki, te o najwyższych obserwowanych energiach, tj. 10^{20} eV i nieco większych, przylatują do nas niezwykle rzadko. Oczekujemy, że detektor o powierzchni 1 km^2 zarejestruje jedną taką cząstkę w ciągu tysiąclecia! Potrzeba więc detektorów o gigantycznych powierzchniach żeby zobaczyć cokolwiek. I takie detektory istnieją, największy z nich, Obserwatorium Pierre Auger, składa się m.in. z liczników cząstek rozmieszczonych na powierzchni 3000 km^2, co oznacza obserwację kilku cząstek o najwyższych energiach rocznie. Obserwacji tej dokonuje się pośrednio, poprzez rejestrację tzw. wielkich pęków atmosferycznych: kaskad cząstek wtórnych powstałych w wyniku oddziaływania pierwotnych cząstek promieniowania kosmicznego z molekułami atmosfery (zob. Rys. 1). Kaskady te są bardzo rozległe, cząstki wielkiego pęku zainicjowanego przez cząstkę o ultra-wysokiej energii tworzą stosunkowo cienki front o średnicy sięgającej nawet kilkunastu kilometrów. To oznacza, że aby taki pęk zarejestrować, nie trzeba pokrywać licznikami

cząstek całej powierzchni obserwatorium, wystarczy sieć detektorów odległych od siebie nie bardziej niż typowe rozmiary pęków, które chcemy rejestrować. Przykładowo, w Obserwatorium Pierre Auger mamy 1600 detektorów odległych od siebie o 1500 m, co umożliwia rejestrację pęków o energiach przekraczających 10^{18}eV. Badając własności rejestrowanych wielkich pęków wyznaczamy kierunek, z którego nadleciała cząstka pierwotna, szacujemy jej energię i próbujemy zorientować się, co to za cząstka. Główna trudność w określeniu typu cząstki pierwotnej polega na tym, że wielkie pęki inicjowane przez różne cząstki są do siebie bardzo podobne. W związku z tym dopiero analiza rozkładów pewnych ściśle określonych własności pęków pozwala wnioskować o kompozycji docierającego do nas strumienia promieni kosmicznych. Jeżeli potrzebne są rozkłady własności pęków, niezbędne jest zebranie odpowiedniej statystyki danych. Jak już wspomniałem, w przypadku skrajnie wysokich energii, przekraczających 10^{20}eV, dostępna statystyka jest bardzo niewielka. Nie ulega wątpliwości, że obserwujemy pęki będące wynikiem oddziaływania z atmosferą cząstek o energiach przekraczających 10^{20}eV, nie mamy jednak pojęcia co to za cząstki. Mało tego, bardzo trudno jest wskazać mechanizm, który powodowałby przyspieszanie cząstek do tak ogromnych energii. Jeżeli nawet można by podejrzewać niektóre obiekty astrofizyczne o zdolności do przyspieszania cząstek do energii rzędu 10^{20}eV i większych, odległości tych obiektów od Ziemi są tak duże, że przebycie przez przyspieszoną cząstkę całej drogi bez żadnego oddziaływania (np. z fotonami reliktowego promieniowania tła) zgodnie z obecną wiedzą o Wszechświecie jest mało prawdopodobne. Istnienie cząstek o energiach sięgających 10^{20}eV i większych stanowi więc zagadkę współczesnej astrofizyki. Zgodnie z wpisem w popularnej Wikipedii energie rzędu 10^{20}eV są „niemożliwie" wysokie. Pęki inicjowane przez cząstki o tak wysokich energiach zaobserwowano po raz pierwszy ponad 50 lat temu, zagadka ma więc długą brodę. Ta broda to wyzwanie – również dla mnie.

Jeżeli wspomniane scenariusze przyspieszania mają poważne trudności z wyjaśnieniem istnienia cząstek o energiach 10^{20}eV i większych, może więc potrzebna jest alternatywna klasa modeli teoretycznych? Z modelowania ewolucji Wszechświata wynika, że na wczesnych etapach jego rozwoju, w tzw. epoce inflacji, mogłyby powstawać stabilne cząstki o energiach (masach) sięgających nawet 10^{23}eV. Cząstki te mogłyby rozpadać się lub anihilować obecnie, generując emisję fotonów i neutrin o energiach „z łatwością" osiągających obserwowane 10^{20}eV. Tego typu scenariusze tworzą klasę modeli zwanych „top-down", jako że istnienie cząstek o najwyższych obserwowanych energiach wyjaśnia się w postulując istnienie hipotetycznych cząstek o energiach jeszcze wyższych. Przykładem scenariusza „top-down" postulującego istnienie stabilnych super-ciężkich cząstek jest np. Super Heavy Dark Matter (SHDM). Można więc powiedzieć, że cząstki o masach (energiach) rzędu 10^{23}eV są dobrymi kandydatami na Ciemną Materię.

W opozycji do scenariuszy „top-down" mówimy o modelach „bottom-up" w odniesieniu do mechanizmów przyspieszania jąder. Klasa „bottom-up" jest więc osadzona w tym co znamy i rozumiemy, natomiast „top-down" wychodzi poza „standardowy zestaw klocków", postuluje istnienie klocków „dodatkowych". Jak wyjaśnię w dalszej części artykułu, „bottom-up" i „top-down" to nie tylko nazwy dobrze ilustrujące określone klasy scenariuszy teoretycznych. To również dwa różne sposoby myślenia w nauce, sposoby na prowadzenie badań.

Rozważanie klasy „top-down” w kontekście zagadki promieni kosmicznych o najwyższych obserwowanych energiach nie jest jedynie atrakcyjną rekreacją umysłową. Z modeli „top-down” wynikają bowiem konkretne przewidywania obserwacyjne, w dodatku znacząco różniące się od przewidywań scenariuszy „bottom-up”. Mówiąc precyzyjniej, chodzi tutaj o przewidywania dotyczące odsetka fotonów w promieniowaniu kosmicznym: w modelach przyspieszania spodziewamy się, że odsetek ten nie przekroczy 1%, natomiast zgodnie ze scenariuszami „top-down” fotony powinny dominować w strumieniu cząstek o energiach przekraczających 10^{20}eV. A zatem, wyznaczenie odsetka fotonów w promieniowaniu kosmicznym ultra-wysokich energii mogłoby wskazać na jedną z możliwych grup modeli teoretycznych: „bottom-up” jeśli do Ziemi dolatuje niewiele fotonów o ultra-wysokich energiach, lub „top-down” - jeśli widzielibyśmy wiele fotonów. Zagadnieniem identyfikacji fotonów wśród promieni kosmicznych zajmowałem się niemal od początku mojej kariery naukowej. Prowadząc symulacje i analizy, również w ramach Współpracy Pierre Auger, przyczyniłem się do ustalenia obecnego stanu wiedzy o fotonach ultra-wysokich energii. Ten stan wiedzy można podsumować bardzo krótko: brak obserwacji. Nie ukrywam, że ten uzyskany z mozołem wynik nieco mnie rozczarował. Jednak szukając czegoś zawsze lepiej znaleźć niż nie znaleźć. Poza tym znacząca obecność fotonów w promieniowaniu kosmicznym byłaby istotnym argumentem za istnieniem super-masywnych, stabilnych cząstek powstałych we wczesnym Wszechświecie. Takie cząstki są dobrym kandydatem na Ciemną Materię, byłaby więc szansa na rozwiązanie dwóch zagadek za jednym zamachem. A przecież zagadki Ciemnej Materii i Ciemnej Energii intrygują nieporównanie bardziej niż zagadka promieni kosmicznych o najwyższych obserwowanych energiach. Czyż nie jest bowiem wysoce niekomfortowym uczuciem świadomość, że nie mamy bladego pojęcia na temat natury 95% otaczającego nas świata? Materia obecnie dająca się badać to jedynie 5% Wszechświata, cała reszta, ukrywająca się pod roboczymi kryptonimami „Ciemna Materia” i „Ciemna Energia”, pozostaje zagadką. Próba rozwiązania więcej niż jednej zagadki przy pomocy jednej tylko hipotezy to kierunek pożądany naukowo i filozoficznie, staramy się nie mnożyć hipotetycznych bytów ponad potrzebę. Fotonów o skrajnie wysokich energiach jednak nie widzimy. Co to oznacza? Czy faktycznie klasa „top-down” została wykluczona m.in. dzięki mojej pracy? Prowadząc rozumowanie zgodnie z obowiązującymi regułami sztuki i korzystając z dostępnej wiedzy dochodzimy do wniosku, że istotnie, dostępna ewidencja (brak obserwacji fotonów o ultra-wysokich energiach) ogranicza prawdopodobieństwo (praktycznie do zera) występowania super-ciężkich, stabilnych cząstek i tym samym realizacji w przyrodzie scenariuszy typu SHDM.

Powyższe rozumowanie, praktycznie wykluczające scenariusze typu SHDM, faktycznie „obowiązuje”, to znaczy jest częścią paradygmatu naukowego. Niezależnie od moich prywatnych sentymentów przyszło mi się więc pożegnać ze scenariuszami „top-down”. Aż do czasu gdy... zacząłem czytać Hellera.

… i co z tego wynikło

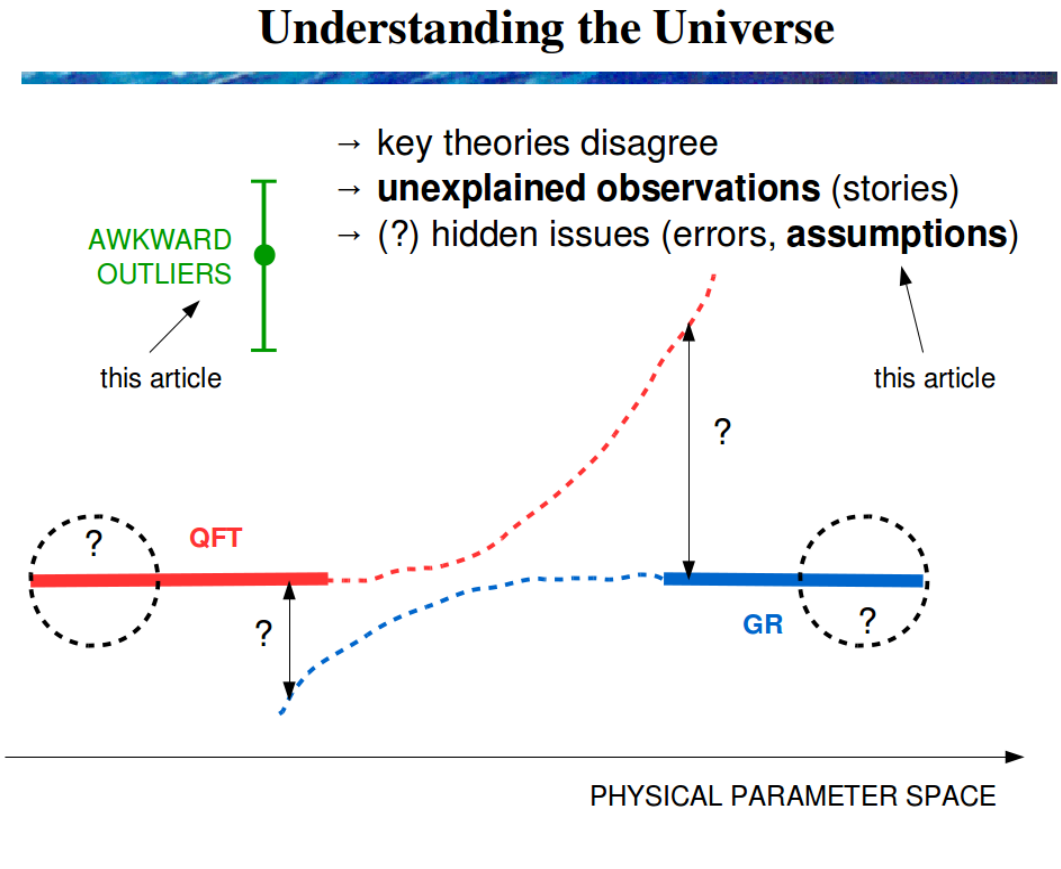
Wstyd się przyznać, że ks. prof. Michał Heller pojawił się w moim myśleniu bardzo późno, dopiero tuż przed czterdziestką. Oczywiście wiedziałem o istnieniu księdza i kosmologa w jednym, laureata Nagrody Templetona, najważniejszego być może żywego mostu między światem nauki i wiary. Cieszyłem się z samego istnienia ko-

goś takiego. Ale żeby coś przeczytać? Cóż ciekawego może powiedzieć filozof i teolog fizykowi, nawet jeśli ten filozof i teolog również jest fizykiem? Teraz rozumiem, że myśląc w ten sposób byłem niewolnikiem „mitu dwóch światów": nauka i wiara, jeśli nawet, jak chciałem wierzyć, nie kłócą się ze sobą, nie mają też ze sobą nic wspólnego. W konsekwencji, nie widząc Pana Boga w nauce, i jednocześnie wierząc w Jego istnienie, nie dostrzegałem sensu swojej pracy. Myślałem: po co właściwie dociekać czegokolwiek naukowo w ramach ziemskiej doczesności jeśli i tak wszystkiego dowiem się w wieczności (o ile przez tę moją doczesność przejdę w miarę przyzwoicie)?

Sens mojej pracy dostrzegłem dzięki Michałowi Hellerowi i jestem mu za to bardzo wdzięczny. Wygląda to u mnie teraz tak: jeśli założyć, że Bóg istnieje, że jest Absolutem i Stwórcą, to Jego dzieło, czyli świat, który badamy, jest Księgą, która mówi nam o naszym Stwórcy. Jak zrozumieć trudną księgę nie zastanawiając się, kim jest Autor i jakie są Jego intencje? Wiedząc skądinąd, że jesteśmy uzdolnieni do czytania Księgi Natury (mamy rozum) i zakładając, że Bóg wie co robi (powinien, jeśli jest Absolutem), dochodzimy do wniosku, że Bóg CHCE, abyśmy prowadzili badania naukowe. Ma w tym jakiś cel, jakiś plan, jakiś zamysł. Najbardziej pocieszające i uspokajające jest to, że Bóg wie co robi, i że ma jakiś pomysł na mnie w nauce. Wystarczy więc, że będę robił swoje najlepiej jak potrafię, korzystając ze wszelkich dostępnych Bożych drogowskazów i narzędzi. Właśnie – drogowskazy Boże w nauce? Bez konfliktu z metodologią? Jak najbardziej. O ile przed erą Hellera nie widziałem żadnych możliwości posiłkowania się wiarą w mojej pracy zawodowej, tak teraz widzę ich całkiem sporo. Dla celów tego artykułu skupiam się na jednej z nich: motywacja decyzji na rozdrożu naukowym. Wyobraźmy sobie takie rozdroże: mamy do wyboru dwie drogi, przy czym podjęcie każdej z nich jest tak samo dobrze uzasadnione w ramach „sztuki wykonywania zawodu". Dobrym przykładem jest wybór między zgłębianiem scenariuszy „bottom-up" i „top-down" jeszcze parę lat temu – gdy nie było „wiadomo", że nie obserwujemy fotonów o ultrawysokich energiach. Użycie cudzysłowu dla „wiadomo" stanie się jasne dla Czytelnika po przeczytaniu dalszej części artykułu. Mimo, iż podaję konkretny przykład rozdroża naukowego, jasnym jest, że podobne dylematy są niemalże codziennością dla każdego samodzielnego pracownika nauki, niezależnie od dziedziny badań. Każdy z nas ma tylko jedno życie, nie wystarczy go na zajęcie się wszystkimi interesującymi tematami, trzeba wybierać. Ale czym się kierować przy wyborze spośród równoważnych dróg naukowych? Intuicją? Przesądami? Poczuciem estetyki? A może filozofią czy teologią? W każdym razie będzie to wybór nienaukowy. Jednak pomimo tego, że decyzja będzie podjęta przy pomocy narzędzi nie mających nic wspólnego z metodologią naukową, nie musi być bezrozumna.

Zestaw znanych nam praw fizyki z pewnością nie wystarcza do zrozumienia otaczającego nas świata. Choćby dlatego, że nasze najpiękniejsze i najlepiej potwierdzone teorie, myślę o kwantowej teorii pola świetnie opisującej świat w skali mikro oraz o ogólnej teorii względności bardzo dobrze opisującej oddziaływania grawitacyjne, nie dają zbieżnych przewidywań (Rys. 2). Wynika stąd, że nie jest pozbawione sensu przypuszczenie, że może być we Wszechświecie albo poza nim coś więcej/Więcej niż to, co możemy badać, coś czego nie ogarniamy, coś co pozwoliłoby uzgodnić nasze najlepsze teorie, coś co pozwoliłoby odpowiedzieć na pytanie superfilozoficzne – pytanie o pochodzenie praw fizyki. Nazwijmy to coś absolu-

tem/Absolutem. Droga do absolutu/Absolutu jest drogą do poznania Wszechświata i praw, które nim rządzą. Uprawiając naukę dążymy do poznania tych praw, nie możemy więc nie robić założeń co do absolutu/Absolutu - do czegoś/Kogoś, co/Kto te



Rys. 2. Ilustracja poglądów Autora na temat stanu naszej wiedzy naukowej o Wszechświecie i wskazanie punktów ważnych dla celów niniejszego artykułu.

prawa określa.

Nienaukowe wybory naukowców

Wróćmy więc na nasze rozdroże i spróbujmy dokonać wyboru w oparciu o niezbędne (choć nienaukowe) założenia co do absolutu/Absolutu. I teraz zaczyna się robić naprawdę ciekawie. Jeśli bowiem założymy, że Absolut jest osobowy, spadają nam na głowę bardzo poważne konsekwencje – już oparte na rozumie. Pierwsza z tych konsekwencji narzuca się sama: istnienia osobowego Absolutu, lub krócej: Boga, z pewnością nie da się wyprowadzić z obecnego paradygmatu naukowego, to znaczy używając standardowego zestawu „klocków/puzzli fizycznych".

Z drugiej strony nasz świat mógłby (a może powinien?) z Bogiem jakoś się łączyć, choćby przez sposób (prawo fizyczne) w jaki został stworzony i metodę, zgodnie z którą mógłby być unicestwiony. Nie oznacza to wcale, że Bóg musiał działać ZA POŚREDNICTWEM jakiegoś zewnętrznego prawa fizycznego. Bóg mógł stworzyć świat korzystając z Reguły, którą sam ustanowił. I właśnie tej Reguły, takiego sposobu stworzenia szukamy w nauce, nazywając go teorią unifikującą lub, upraszczając, Teorią Wszystkiego. I szukamy zawodowo tej Teorii Wszystkiego niezależnie od tego czy myślimy o absolucie czy o Absolucie. Kontynuując ten drugi sposób myślenia stwierdzamy, że skoro Bóg nie mieści się w naszym paradygmacie, to

również i stosowane przez Niego metody muszą automatycznie wymagać dodatkowych „klocków/puzzli fizycznych", takich, o których istnieniu nie wiemy, ale możemy je sobie wyobrazić – po to żeby wszystko nam się lepiej „zgadzało". Co więcej, te dodatkowe klocki powinny być bardziej uniwersalne od tych, które znamy. Na naszym przykładowym rozdrożu, „dodatkowe klocki" mamy tylko na drodze „top-down". Drogowskaz?

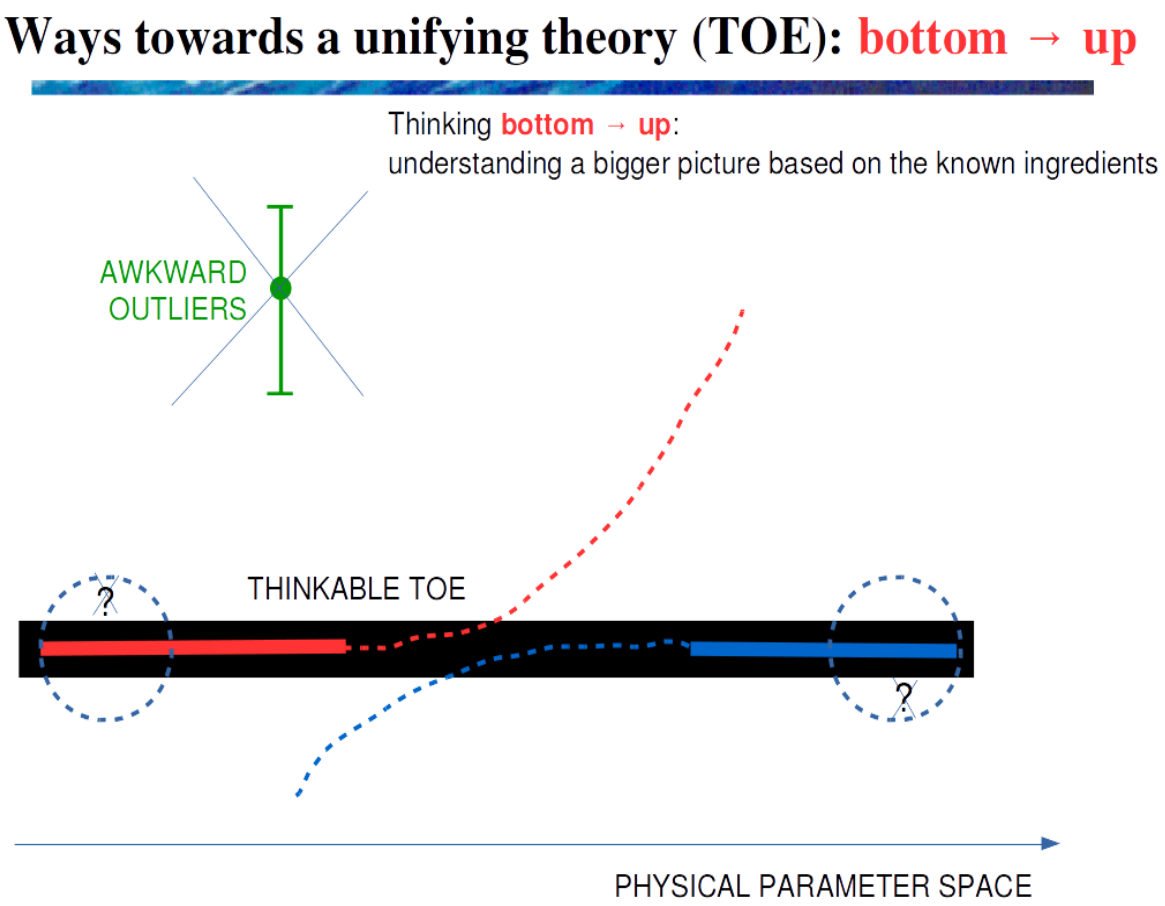
W moim przypadku wybór „top-down" dokonał się poza mną, mnie się to „tylko" spodobało jako wiodący temat pracy doktorskiej. I pracę tę, oraz następujące po niej badania, wykonałem z sercem, rzetelnie. W efekcie, jak już się rzekło, ugruntowało się przekonanie o braku obserwacji fotonów o ultra-wysokich energiach. Scenariusze z „dodatkowymi klockami" zostały bardzo mocno podane w wątpliwość. Byłbym więc wpuszczony przez Pana Boga w ślepą uliczkę? Byłem prawie pewien, że tak.

Nie wychodząc z kontekstu religijnego i nie rezygnując z założenia o istnieniu Absolutu, Zastanówmy się, czy Bóg chce, abyśmy prowadzili badania naukowe i byśmy w naszych dociekaniach zbliżali się do prawdy o świecie. Na pewno Bóg dopuszcza do jednego (np. mamy rozum) i drugiego (np. doszliśmy do GPS). A jeśli dopuszcza, to ma w tym jakiś cel, Bóg wie co robi. Ale czy Bóg chce, żebyśmy dochodzili do prawdy prostymi drogami, czy może najpierw musimy „zaliczyć" kilkanaście ślepych uliczek? Ślepe uliczki uczą pokory, więc Bóg jako dobry Ojciec może nas w ten sposób wychowywać. A może jednych ćwiczy ślepymi uliczkami a innym pokazuje prostą drogę? Nie możemy tego wiedzieć, możemy jednak zastanowić się nad każdą z możliwości z osobna. Może pojawią się kolejne drogowskazy? Czy może na przykład być tak, że jesteśmy na prostej drodze do prawdy, mamy w ręku wszystkie składniki wiedzy, narzędzia techniczne i możliwości intelektualne, ale z jakiegoś powodu nie potrafimy ich zastosować? W szczególności mogę zapytać samego siebie, czy w swoich badaniach na pewno wykorzystałem wszystko czym dysponowałem. Wiedziałem, że jednego nie zrobiłem, nie włączyłem swojej kreatywności. Może nie było czego włączać, ale może też nie było dobrej okazji, może też brakowało mi odwagi, wiary w siebie?

„Wypłyń na głębię"

Okazja do włączenia kreatywności pojawiła się niedługo po tym, gdy zacząłem czytać Hellera, to jest gdy zacząłem dostrzegać sens swojej pracy. Rozpoczynałem właśnie pracę w nowym miejscu i jak zwykle oczekiwałem pomysłów „z góry". Tymczasem powiedziano mi tylko: „be creative"! No trudno, pomyślałem, pracodawca wymaga kreatywności więc spróbuję. Zacząłem od tego, co miałem w planach od dłuższego czasu – od wnikliwego przyjrzenia się wielkim pękom atmosferycznym zarejestrowanym w Obserwatorium Pierre Auger. Okazało się jednak, że im wnikliwiej się przyglądam tym mniej rozumiem. Mogłem zrobić dwie rzeczy: ukryć ten wstydliwy fakt albo zacząć pytać ekspertów. Na szczęście zarówno reguły naukowe (np. uczciwość myślenia) jak i drogowskazy teologiczne (np. pokora) nie pozostawiały tym razem wyboru: trzeba pytać.

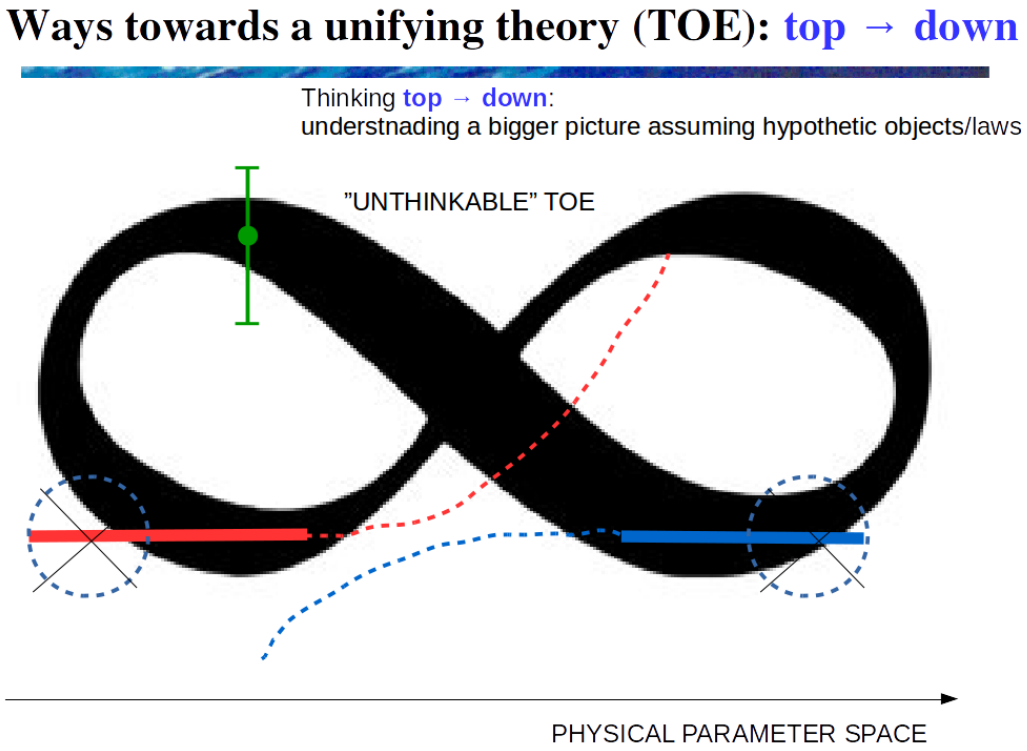
Zacząłem więc pytać i bardzo szybko dotarło do mnie, że w swoim braku zrozumienia danych nie jestem odosobniony. W fizyce promieni kosmicznych ultrawysokich energii mamy po prostu pod ręką bardzo wiele niezrozumiałych efektów, którymi jednak z jakichś względów, np. z „braku czasu", nie chcemy się zajmować, zakładając, że to co dziwne jest „nieciekawym" efektem technicznym, który uwzględnia się wrzucając do szuflady pod tytułem „niezrozumiała systematyka". Dla mnie jednak „niezrozumiałe" zawsze oznaczało „ciekawe". Zacząłem więc myśleć o możliwych wyjaśnieniach fizycznych niezrozumiałych efektów, nie zaniedbując oczywiście podejścia standardowego, tj. zakładającego wyjaśnienia techniczne. Takie podejście przyniosło efekt oczekiwany przez mojego nowego pracodawcę –



Rys. 3. Ilustracja myślenia "bottom-up" w naukach przyrodniczych.

zacząłem myśleć samodzielnie, zacząłem mieć pomysły naukowe. Niejako przy okazji, rozmawiając z ekspertami o moich „odkryciach" dotyczących wielkich pęków, uświadomiłem sobie, że „top-down" i „bootom-up" to nie tylko dwie klasy scenariuszy wyjaśniających istnienie promieni kosmicznych o najwyższych obserwowanych energiach. To również dwa typy myślenia naukowego (zob. Rys. 3 i 4). Niektórych kolegów niezrozumiałe dane martwią (podejście „bottom-up") a niektórych fascynują („top-down"). Obie drogi są potrzebne, uzupełniają się nawzajem. Podążając nimi należy jednak uważać na higienę i uczciwość myślenia: a) nie forsować „na siłę" egzotycznych wyjaśnień „dziwnych" zjawisk jeśli są jeszcze do sprawdzenia bardziej prawdopodobne wyjaśnienia techniczne; b) nie ignorować „dziwnych" zjawisk, nawet jeśli nie mamy przekonania by się nimi zajmować. W skrajnych przypadkach w grupie zagrożeń typu b) pojawia się bardzo niebez-

pieczna naukowo pokusa „pozbycia się” lub „poprawienia” niewygodnych obserwacji. Jeśli coś jest „na pewno” niefizyczne, to znaczy jeśli nie przypomina niczego znanego i zrozumiałego, to „na pewno” można się tego pozbyć bez szkody dla wniosków naukowych. Tymczasem właśnie to, co nie pasuje może być szansą na odkrycie naukowe.



Rys. 4. Ilustracja myślenia "top-down" w naukach przyrodniczych.

W moim przypadku występują pokusy typu a), staram się jednak z nimi uczciwie walczyć, również z pomocą życzliwych kolegów z grupy „bottom-up”. Mam więc szczerą nadzieję, że kolejny etap mojej drogi naukowej, etap który opiszę poniżej i który podsumowuje niniejszy artykuł, nie jest zbytnio obciążony nienaukowymi sentymentami.

Skoro już zacząłem myśleć samodzielnie, i skoro uświadomiłem sobie istnienie tylu „ciekawostek” w wielkich pękach, nie mogłem ponownie nie zastanowić się, czy brak obserwacji fotonów o ultra-wysokich energiach na pewno eliminuje scenariusze „top-down”. Czy czegoś nie przeoczyliśmy? Czy wszystkie nasze założenia są poprawne? To ostatnie pytanie okazało się ważne i proste jednocześnie. Jak już wspomniałem wcześniej, energie możliwe do uzyskania w zbudowanych przez człowieka przyspieszaczach cząstek są mniej więcej 100 milionów razy niższe, niż najwyższe obserwowane energie promieni kosmicznych. Wspomniałem również, że obserwacji promieni kosmicznych o ultra-wysokich energiach możemy dokonywać jedynie pośrednio, przez wielkie pęki atmosferyczne. Zakładając, że cząstkami o najwyższych energiach są fotony, zastanawiałem się jak wyglądałby wielki pęk atmosferyczny zainicjowany przez foton o ogromnej energii. Następnie szukałem w danych takich właśnie pęków. Skąd jednak miałem WIEDZIEĆ jak wygląda pęk zainicjowany przez ultra-wysokoenergetyczny foton? Nasza WIEDZA o oddziaływaniach cząstek praktycznie kończy się wraz z wydajnością przyspieszania w akce-

leratorach – nasze wyobrażenie o prawach fizyki w zakresie energii niemożliwych do uzyskania w sposób laboratoryjny opiera się na ekstrapolacjach modeli opracowanych dla energii dostępnych w akceleratorach. Jeśli więc interesuje nas proces fizyczny, któremu podlega cząstka/foton o energii 10^{20}eV, a z eksperymentów akceleratorowych wiemy tylko jak proces ten przebiega przy energiach 10^{12}eV, jedynym sposobem na uzyskanie „bladego pojęcia" o przebiegu naszego procesu w tym zakresie energii, który nas interesuje, jest zaufanie ekstrapolacjom obowiązujących modeli oddziaływań o osiem rzędów wielkości!

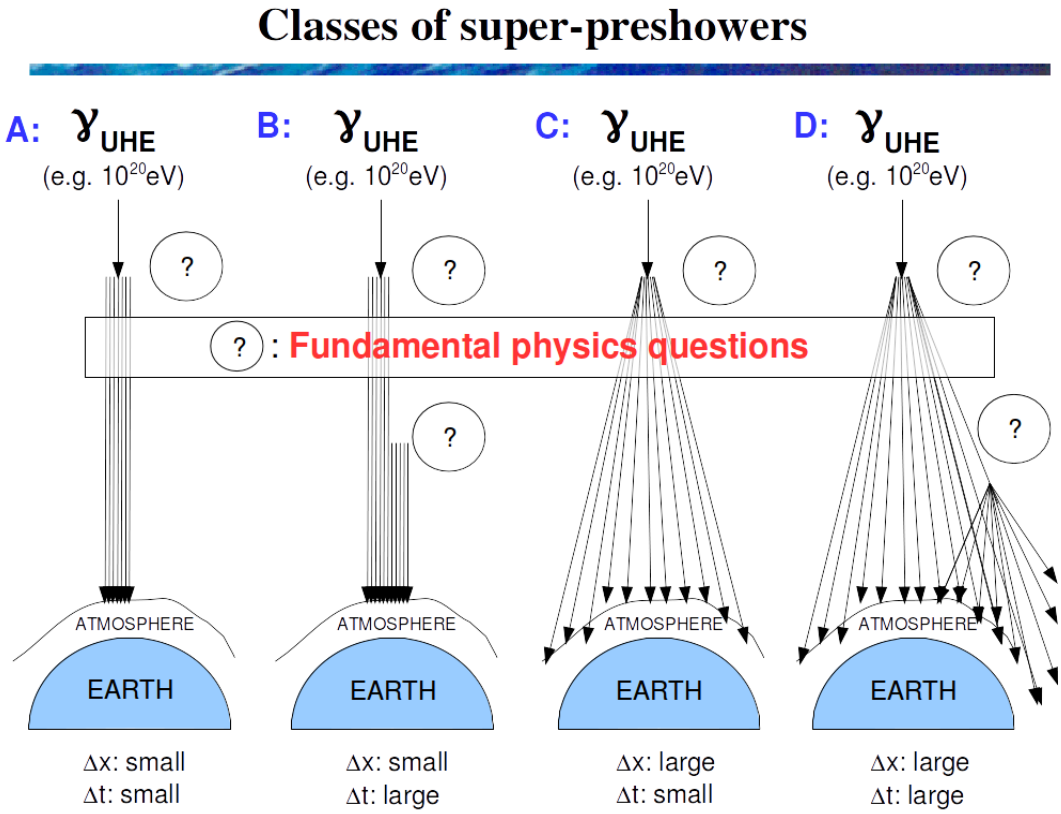
Iluminacja

A zatem, wnioskując z braku obserwacji fotonów o ultra-wysokich energiach o ograniczeniach modeli „top-down" UFAMY (wierzymy), że oddziaływania elektromagnetyczne (elektrodynamika kwantowa) dla energii 10^{20}eV przebiegają tak samo jak przy energiach 10^{12}eV, że własności hadronowe fotonu o energii 10^{20}eV są takie same, jak fotonu o energii 10^{12}eV (tak, foton to „trochę" hadron, tylko nie wiadomo jak bardzo i czy przy większych energiach nie bardziej), i wreszcie, że nasza czasoprzestrzeń nie posiada ukrytych własności wpływających na propagację cząstek o ogromnych energiach. To zaufanie/wiara oparte na znajomości fizyki w zakresie energii do 10^{12}eV nie jest niczym naukowo niestosownym, to najlepsze co możemy zrobić: ekstrapolacja ze znanego obszaru do obszaru który chcemy poznać. Ważne jest jednak, by mieć pełną świadomość ryzyka błędu przy ekstrapolacjach idących bardzo daleko. To jak ryzyko założenia, że Ziemia jest płaska, przyjętego na podstawie płaskiej okolicy. Takie właśnie ryzyko podjęliśmy, wykluczając scenariusze „top-down" na podstawie braku obserwacji fotonów o ultra-wysokich energiach. Można to ująć nawet nieco dosadniej rozwijając analogię do dociekania kształtu Ziemi: poszukując dowodów na kulistość Ziemi (scenariusze „top-down") posłużyliśmy się ukrytym założeniem, że jest ona płaska (w zakresie ultra-wysokich energii procesy fizyczne zachodzą tak samo jak przy 10^{12}eV). A zatem, mimo że daleko idące ekstrapolacje są całkowicie uprawnione w poszukiwaniu fotonów o ultra-wysokich energiach, brak obserwacji tychże fotonów nie wyklucza zachodzenia procesów „top-down".

Ten prosty wniosek wyciągnąłem dzięki mojej nowo-nabytej świadomości filozoficznej, szczątkowej wprawdzie (na razie), ale już użytecznej naukowo.

Prowadząc rozumowanie „fotonowe" dalej, dochodzimy już bez większego trudu do wniosku, że wystarczy, aby ultra-wysokoenergetyczne fotony powstałe w procesie „top-down", zachowały się na swej drodze do Ziemi troszkę inaczej niż ekstrapolujemy, abyśmy nie mieli praktycznie żadnej szansy zaobserwowania ich. Wyobraźmy sobie na przykład, że ultra-wysokoenergetyczny foton oddziałuje z polem magnetycznym łatwiej niż się spodziewamy na podstawie naszych ekstrapolacji. Jeśli dobrze ekstrapolujemy dostępne modele, oddziaływanie to prowadzi najczęściej do powstania pary elektron-pozyton, które to cząstki w obecności tego samego pola magnetycznego emitują fotony wtórne. W efekcie, zamiast pojedynczego fotonu mamy do czynienia z kaskadą cząstek o mniejszych energiach. Taki efekt znany jest w literaturze pod nazwą zjawiska kaskady wstępnej (ang. *preshower*), jako że dochodzi do niego ponad ziemską atmosferą, to jest zanim dojdzie to powstania wielkiego pęku atmosferycznego (ang. *extensive air shower*). Symulacje i obserwowalne konsekwencje zjawiska preshower były kluczowym elementem

mojej pracy doktorskiej i motywem przewodnim późniejszych badań. W wyniku tychże badań okazało się, że zjawisko preshower mogłoby zachodzić tuż (<1000 km) przed wejściem ultra-wysokoenergetycznego fotonu do atmosfery, a powstała kaskada powinna składać się z niewielu (<1000) cząstek, poruszających się w bardzo dobrym przybliżeniu tym samym torem. Niektóre obserwowalne własności (tempo rozwoju) wielkich pęków inicjowanych przez kaskady wstępne powinny istotnie różnić się (szybszy rozwój) od pęków inicjowanych przez pojedyncze fotony, jednak również i takich „preshowerowych" pęków w danych nie było widać. W nowej perspektywie, z pełną świadomością założeń co do procesów fizycznych prowadzących do powstania kaskady wstępnej, konstatujemy, że preshower może wyglądać inaczej niż się spodziewamy. Na przykład, jeżeli do powstania pary elek-



Rys. 5. Klasyfikacja wielkich kaskad wstępnych (ang. super-preshowers) według przestrzennej i czasowej rozpiętości frontu cząstek.

tron-pozyton dochodzi znacznie wcześniej niż się spodziewamy, cząstek (głównie fotonów) w kaskadzie wstępnej może być bardzo dużo (nawet milion lub więcej) i mogą one tworzyć bardzo szeroki front (o powierzchni rzędu milionów kilometrów kwadratowych lub większej). Oczywiście, dla danej energii fotonu pierwotnego, im większa liczba cząstek w kaskadzie wstępnej, tym mniejsza średnia energia na cząstkę. Biorąc pod uwagę ograniczone możliwości badawcze istniejących obserwatoriów, łatwo sobie wyobrazić, że niektóre kaskady wstępne mogą pozostać niezauważone, mimo ogromnych rozmiarów. Jeżeli bowiem, na przykład, Obserwatorium Pierre Auger jest zaprojektowane tak, aby rejestrować wielkie pęki inicjowane przez cząstki o energiach pierwotnych 10^{18}eV i większych, tworząca rozległy front grupa pęków zainicjowanych przez fotony o energiach 10^{15}, 10^{16} czy nawet 10^{17}eV, zostanie potraktowana przez algorytmy jako tło!

W związku z powyższym narzuca się proste pytanie ważne w badaniach fotonów i zjawiska kaskady wstępnej: jeśli kaskady wstępne mogłyby wyglądać inaczej niż się spodziewamy, to zastanówmy się, czy i jak te „niestandardowe" kaskady wstępne moglibyśmy zaobserwować na Ziemi. Te „niestandardowe" kaskady wstępne, to znaczy nie takie jak się spodziewamy, nazwałem po prostu wielkimi kaskadami wstępnymi (ang. super-preshowers, w skrócie SPS) i zacząłem o nich opowiadać kolegom. Z tych opowiadań i rozmów wyłonił się ciekawy obraz: SPS to nie tylko pomysł na pojedynczą publikację. To bardzo rozległy program badawczy, naukowa *terra incognita*, nowy kanał obserwacji Wszechświata (zob. Rys. 5). Oczywiście, *terra incognita* może okazać się pustynią – to trzeba sprawdzić – ale nawet naniesienie pustyni na Mapy Poznania Naukowego jest warte zachodu.

Otwarcie nowego kanału pozyskiwania informacji o Wszechświecie to zawsze szansa na przełom w nauce. Zagadka Ciemnej Materii, tajemnica promieni kosmicznych o najwyższych obserwowanych energiach, testowanie procesów fizycznych w zakresie energii najbardziej zbliżonym do energii, przy których może dochodzić do unifikacji oddziaływań silnych, słabych i elektromagnetycznych (GUT – Grand Unification Theory) – to tematy ilustrujące potencjał naukowy badań nad SPS. Wspomniawszy o GUT warto dodać, że od GUT jest być może już tylko jeden krok do TOE – Theory Of Everything (Teoria Wszystkiego): teorii unifikującej wszystkie znane oddziaływania.

Co ciekawe i ważne, badania SPS mogą być realizowane w bardzo prosty i tani sposób: poprzez zorganizowanie komunikacji pomiędzy operatorami istniejących detektorów promieniowania kosmicznego, zarówno dużych jak i bardzo małych – takich jak smartfony. Jeśli mielibyśmy dostęp do danych z wielu (najlepiej ze wszystkich) detektorów naraz, moglibyśmy wykonać globalną analizę ukierunkowaną na poszukiwanie korelacji pomiędzy czasami przylotu cząstek rejestrowanych przez bardzo odległe detektory. Takie korelacje mogłyby stanowić unikalną sygnaturę wielkich kaskad wstępnych (wiele pęków atmosferycznych nadlatujących rozległym frontem) i doprowadzić nas do Nowej Fizyki. Jak wyjaśniono wcześniej, sygnatura taka mogłaby być niedostępna dla obserwatoriów działających „w pojedynkę", nawet dla tych największych. Obserwacje SPS mogą być możliwe dopiero przy użyciu globalnej sieci detektorów potraktowanej jako jeden instrument badawczy. Wystarczy tylko porozumieć się z koleżankami i kolegami interesującymi się promieniowaniem kosmicznym – wystarczy poczuć się wspólnotą realizującą jeden ważny cel. Drogowskaz?

Praktyczne konsekwencje

Nie ulega dla mnie wątpliwości, że na całkowicie nowy obszar badawczy wkroczyliśmy dzięki prowadzeniu rozważań filozoficznych, a konkretnie z inspiracji teologicznej, w całkowitym poszanowaniu ogólnie przyjętych reguł uprawiania nauki. Odpowiedzmy więc na pytanie zawarte w tytule: czy teolog może zainspirować fizyka? Widać może, skoro zainspirował.

A co z inspiracją w drugą stronę? Tutaj chyba nie ma wątpliwości. Jeśli, jak postuluje teologia, Natura to podpis Pana Boga, to teologowie powinni ten podpis dogłębnie studiować aby uniknąć wewnętrznej sprzeczności. O dwukierunkowej inspiracji wiara ↔ nauka mówił św. Augustyn: „intellege ut credas" („rozumiem, aby doskonalić wiarę") oraz „crede ut intelligas" („wierzę, aby zrozumieć"). Innymi

słowy, nauka powinna być wsparciem dla wiary, a wiara kontekstem dla nauki. Jeśli brać oba kierunki inspiracji na poważnie, należałoby pomyśleć o zorganizowaniu formacji teologicznej zainteresowanych przyrodników (potrzebna „teologia nauki", za M. Hellerem) oraz, równolegle, kształcić duchowieństwo obdarzone charyzmatem ciekawości Natury w kierunku uprawiania nauki (sama „znajomość" to za mało). Jedni (duchowieństwo) i drudzy (przyrodnicy) mogą pomóc sobie nawzajem. Piękne przykłady łączenia kompetencji naukowych i teologicznych to Michał Heller i Konrad Rudnicki, którego pamięci poświęcona jest konferencja „Astronomia: nauka i wiara" w roku 2016. Trudno niestety wskazać innych, a szkoda. Jestem przekonany, że świat byłby lepszym miejscem gdyby miał więcej Rudnickich i więcej Hellerów. Czy można zrobić w tym kierunku coś konkretnego? Na początek proponuję nazwę dla zgromadzenia duchownego, które miałoby zająć się uprawianiem nauki: zakon racjonalistów/racjonalistek. Prowokacja jest celowa, warto przywrócić właściwe znaczenie słowu „racjonalizm" poprzez umiejscowienie go w możliwym kontekście religijnym: to właśnie rozum i wolna wola upodabniają nas do Stwórcy (przy założeniu Jego istnienia). Jeżeli Czytelnik zgadza się z przedstawionym powyżej punktem widzenia bardzo proszę o kontakt. Jeśli zaczniemy ze sobą rozmawiać, poczujemy się wspólnotą i zechcemy zrealizować określony cel, to kto wie czy nam się nie uda.

Prawdopodobnie jeszcze nie epilog

Pomysł na badania wielkich kaskad wstępnych zyskał w ciągu ostatnich miesięcy spore grono zwolenników na całym świecie. Aby w pełni wykorzystać wyraźnie rysujący się potencjał niebadanego dotąd terytorium naukowego konieczne było utworzenie międzynarodowej współpracy naukowej. Współpraca ta zainaugurowała działalność 30-go sierpnia 2016 roku w Krakowie. Współpraca zaprasza do przyłączenia się wszystkich entuzjastów nauk przyrodniczych, nie tylko tych zainteresowanych badaniem Wszechświata i posiadających już wiedzę na ten temat. Wymagania minimalne stawiane przyszłym członkom nie są duże: wystarczy posiadać smartfon, dostęp do internetu i entuzjazm do działania naukowego. Współpraca nosi nazwę Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory, w skrócie CREDO (https://credo.ifj.edu.pl).

Podziękowania
Autor dziękuje ks. dr. hab. Tadeuszowi Pabjanowi oraz dr. Bogdanowi Wszołkowi za krytyczne przeczytanie manuskryptu oraz za cenne uwagi merytoryczne.

Appendix (English translation of the text)

Experimental way to the Theory of Everything, or can a theologian inspire a physicist?

Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences, Kraków, Poland

Figure captions

Fig. 1. Observation o ultra-high energy cosmic rays is possible only with indirect methods based on the interpretation of the properties of extensive air showers. The illustration comes from the Pierre Auger Collaboration (www.auger.org).

Fig. 2. Illustration of the Author's view of the present status of understanding the Universe with pointing to the issues important for the argumentation of this article.

Fig. 3. "Bottom-up" thinking in natural sciences.

Fig. 4. "Top-down" thinking in natural sciences.

Fig. 5. Classification of super-preshowers according to their spatial and temporal spread.

***Super-philosophical introduction**:* For some reasons we, humans, ask questions about everything connected to our lives, we also look for answers. We ask, for instance, 1) how the Universe is working? Or, more interestingly: 2) why the Universe is working this way and not the other? Or, thinking even deeper: 3) what is the origin of the physics laws we know (after M. Heller)? The first question is being answered within the activity we call „science". The second question is also a scientific one, although it is asked on a deeper level of thinking, where we can't make direct experiments, we can „only" work theoretically here. And we have also the third question, we call it „the super-philosophical" one. One can say that the super-philosophical question is not scientific in the sense that we can't hope to reach an answer using the available or at least imaginable scientific methods. Nevertheless, let us consider a possible indirect connection of the super-philosophical question with science as we know it. As we justify throughout this article, assuming a specific super-philosophical scenario have direct, logical consequences for the choices made within the state-of-the-art scientific research. Interestingly, assuming no super-philosophical scenario is not intellectually possible: a decision to refuse making super-philosophical assumptions requires an assumption that no benefits can result from making these assumptions. However, the assumption about non-beneficial character of super-philosophical considerations is nothing else but a super-philosophical scenario.

Either making or ignoring super-philosophical context of doing science is in any case based on a certain type of belief, intuition, feeling or similarly non-scientific inspirations. Is then non-scientific super-philosophy an inevitable component of doing a state-of-the-art scientific research?

Going one more logical step forward, one can consider consequences of different super-philosophical scenarios for doing science. Let us distinct two main classes of super-philosophical scenarios: assuming A) non-existence or B) existence of personal God. Class A) does not seem to have any implications for science: every scientific path justified by the available paradigm seems to be equally good, i.e. giving similarly good chance for learning something new about the Universe. On the other hand, with assuming a scenario from class B) one immediately sees a wide range of consequences for every aspect of everyday life, including science. With the class B)

assumption we ask for instance: why does God want me to do a scientific research? What does God tell us by allowing uncovering the rules that He established to drive the Universe? Which of the available scientific paths is the best one from the perspective of eternity? These are all open questions – we can't find definite answers, but we can get guided by our reason towards the best possible decision to be taken based on the limited information. In other words, taking the class B) assumption, one can use logical reasoning to make an optimum scientific choice among options which are scientifically equally good, while all logical reasoning is useless to make a similar choice if class A) is chosen as the super-philosophical scenario.

Going even further with this logics we can conclude that the only way of doing science completely based on reason begins with assuming the existence of personal God. Otherwise we have to build our scientific careers on purely irrational „scientific intuition". One consequently concludes that a divorce between science and religion is not a fact of life, it is just a wishful thinking, without any scientific or philosophical justification. We should then speak not about science *and* religion, but rather about science *in* religion, and religion *in* science. Below I'll give an example of some further practical consequences of such thinking.

Harmful separation, or dilemmas of a philosophical layman*:* Independently of the philosophical value of the above considerations they illustrate how a philosophically uneducated physicist can handle his philosophical dilemmas. I speak of myself, of course. If there is a sense in my introduction, then philosophy should be an obligatory part of the scientific business. And it is obviously not the case, otherwise we would see philosophical sessions on scientific conferences and philosophical tasks within scientific collaborations.

Why scientists do not care of theology? And why the most of theologians do not care about science? Isn't this intellectual separation harmful to both scientific and religious thinking?

Approaching these questions from my perspective of an astrophysicist I can honestly say that adding a bit of philosophical and theological thinking to my research gave surprisingly good effects, useful for myself and for the science I'm addressing. These effects, and the way that led me to them, are described below.

How a physicist started to philosophize...: Since the beginning of my scientific career I try to understand ultra-high energy cosmic rays (UHECR): particles of cosmic origin with energies between 10^{18}eV and 10^{20}eV, or larger. For a comparison, in the Large Hadron Collider (LHC) we can accelerate particles to energies of the order of 4×10^{12}eV. Why then do we need extremely expensive LHC, if the Cosmos gives us the extreme energies for free? There is an issue with the statistics of UHECR. The flux of cosmic rays decreases rapidly with their energy. In consequence, the most intriguing particles, i.e. those of energies 10^{20} eV, come to us extremely rarely. It is expected that a 1 km^2 detector will see only one such particle per millennium! Therefore observing cosmic rays in the UHE regime require giant observatories. The largest cosmic-ray detector is the Pierre Auger Observatory, composed of an array of surface particle counters spread over 3000 km^2, allowing a detection of at most few particles with energies E=10^{20}eV per year. These are all indirect observations. On ground one can probe extensive air showers: cascades of secondary particles induced by interactions of primary cosmic rays with the molecules of the atmosphere (see Fig. 1).

The particles of extensive air showers form a relatively thin front with a diameter reaching even over a dozen of kilometers. That is why to record an extensive air shower one does not need to cover all the observationally active area with particle counters. It is enough to build an array of detectors separated one from another by not more than the size of a typical air shower to be observed. For an example, the surface array of the Pierre Auger Observatory is composed of 1600 particle counters (water Cherenkov detectors) separated by 1500m. This is enough to detect extensive air showers of energies exceeding 10^{18}eV. By analyzing the properties of extensive air showers one determines the arrival direction of the primary cosmic-ray particle, estimates its energy and tries to find out what is its type. The main difficulty in the latter is the similarity of air showers initiated by different primary particles.

Only analyzing well populated distributions of particular air shower properties allows conclusions about the primary type. As mentioned above, the population of particles with extremely high energies, above 10^{20}eV, is very small. It dramatically reduces a potential to study the primary type with standard means. Therefore we have no idea what these extremely energetic particles are. Moreover, it is very hard to point to a mechanism capable of accelerating particles to 10^{20}eV. Even if one could point to astrophysical objects that could potentially be the sources of cosmic-rays of extremely high energies, the distances to these objects are so large, that propagating of the particles from their source to the Earth without any interaction (for instance with the cosmic microwave background radiation) is unlikely according to our current understanding of astroparticle physics. The unquestioned existence of particles with energies of 10^{20}eV is then considered an unresolved mystery. According to the appropriate Wikipedia record, the energies of the order of 10^{20}eV are „unbelievably" high. Understanding this mystery is a big challenge, for me too.

If one can not point to a mechanism capable of accelerating particles to 10^{20}eV then maybe an alternative can be considered? Instead of acceleration let us consider decay or annihilation of hypothetic super-massive and stable particles of energies 10^{23}eV or larger. Such particles could be generated during the early stages of the Universe evolution, in the so-called inflation phase. In such scenarios, the mysterious particles of energies 10^{20}eV could be „simply" the product of the decay or annihilation of even more mysterious, never seen super-heavies. This kind of models are often called „top-down" class, and the name illustrates the chronology of the involved physical processes. A good „top-down" example is Super Heavy Dark Matter (SHDM) model. And, as we know, Dark Matter is another unresolved mystery of the Universe. For the contrast, the models assuming an acceleration of charged nuclei are referred to in the literature as „bottom-up" scenarios.

The „bottom-up" class is then well settled in the scientific environment we know and understand, while the „top-down" models go beyond the standard set of „puzzles" which we use to build the picture of our Universe. In „top-down" models we postulate the existence of additional, yet unknown „puzzles". As it will be explained in the next paragraphs, „bottom-up" and „top-down" are not only the categories of theoretical scenarios, they are also two distinct ways of scientific thinking, ways of carrying a scientific research.

Considering the „top-down" class in the context of the UHECR mystery is not only an entertaining recreation of mind. „Top-down" scenarios offer very specific, observational predictions, significantly different from the expectations delivered from

the „bottom-up" models. Moreover, these predictions are in reach of the currently available experimental techniques. Speaking more precisely, the fraction of photons in the flux of UHECR should be very low, not higher than 1%, if UHECR are produced in the „bottom-up" processes. On the other hand one would expect that UHE photons should even prevail in the UHECR flux, if the „top-down" processes are responsible for the production of the particles with the highest observed energies. Hence, the measurement of the photon fraction in the UHECR flux or determining the upper limit to UHE photons could help in pointing to a particular class of models that could explain the production of UHECR, to distinct between „top-down" and „bottom -up" scenarios.

Nearly since the beginning of my scientific career I've been involved in the studies aiming at identification of photons among UHCER. I contributed to the current status of the research that can be briefly summarized as „non-observation" of UHE photons. Non-observation is always less exciting than observation, so I was slightly disappointed with the results of my own work. Besides, identification of UHE photons could solve more than one physics mystery (UHECR and Dark Matter), so it was really exciting to try the „top-down" way, and it is not easy to give it up. But is there anything one can do about the bare facts? Can one question them? No. But one can and should question the interpretations. In particular the following question seems to be in place: does non-observation of UHE photons means non-existence of UHE photons? The state-of-the-art answer is „yes", it is documented in the literature and reflected in the interest of the community in the „top-down" models. This interest rapidly decreased with setting more and more stringent upper limits to photon fractions. I have to admit that I was accepting this paradigm thinking quite blindly for a long lime. Until my adventure with philosophy began...

… and what was the result: The author responsible for the beginning of this adventure is Michał Heller, a catholic priest and a respected cosmologist in one person, the laureate of the Templeton prize, and probably the most influential human bridge between science and religion. I knew about the existence and work of Michał Heller long before I started reading him. I was happy to know that such a person exists, only this pure existence suggests that perhaps there is no real separation between faith and reason – there are no two separate worlds, no two truths. Otherwise Michał Heller would have suffered from schizophrenia, and he is apparently not. I must confess, however, that I did not read Michał Heller because I did not suspect to find anything interesting for me in his books. I did not have a direct interest in cosmology and philosophy of science seemed to me completely useless. Now I understand that I was enslaved by „the myth of two worlds": science and religion, even if do not disagree with each other – as I wanted to think – have nothing in common. In consequence, seeing no God in science, and, at the same time, accepting His existence, I was in the state of a deep and hidden self-contradiction. If God exists, I thought, what is the purpose of my work? Why should it matter that I investigate with a lot of effort how this world is working? Is this what God asks me to do? Shouldn't it be enough to accept that He made everything somehow, no matter how, and concentrate on the main message and advise of God – love? But if I'm working in the field which is unimportant from the God's point of view, how could I do my best in the research I was carrying out? How could I produce valuable scientific ideas – the essence of exploring the Unknown? In fact I had no scientific ideas coming to my

mind. Now I understand that the flow of creativity was in my case blocked, most likely by the inability of seeing the sense of the work I was doing.

This situation changed after I got familiar with Michał Heller's thinking. Finally, I decided to find out what this remarkable priest, being at the same time a scientist, says about the sense of his own scientific activity.

Presently, instead of suffering from an imaginary contradiction between the religious and scientific activities, I admire a beautiful complementarity between reason and faith, being the two branches of just one tree of my life. How do I see this complementarity? If one assumes that God exists, and that God is the Absolute and the Creator of everything, then this „everything" is the most clearly the big God's signature or a book that tells us about Him. Does God want us to read this book? Obviously He agrees that we do this and that we make progress. What is the intention of God when He allows us to better and better understand the Scripture of Nature? We do not now, but shouldn't we assume that God knows what He is doing? Yes, we should, this is the logical consequence of the primary assumption of His existence. Then we arrive at a very comforting and practical advise of life: do as good as you can in science because God wants you to do so. If God wants you to do the best science you can, He will provide you with all the necessary tools and signposts to reach your goals, to follow your best possible way, nothing less and nothing more. But don't the God's signposts conflict with the scientific method? No, they do not. How do we proceed in taking a scientific decision to follow one of the two or more possible and equally promising scientific ways? A good example of a scientific crossroads with the similarly promising ways is the UHECR field a few year ago, when it was not known that UHE photons do not reach Earth frequently. One way was to focus on the „bottom-up" models and the other to study the „top-down" scenarios. How the choice between these two ways could have been done using reason and available scientific tools? It is refreshing to realize, that we do not have a scientific rule for such a decision. We need a support from the outside of our pure-science realm. What do we use? Scientific intuition. Is scientific intuition rational? Is it scientific? No, it is not. If the research ways ahead of us are similarly promising, then the populations of the researchers taking each of these ways will be similar, and each population will justify the choice by „scientific" intuition.

***Non-scientific choices of scientists**:* Can one use something more rational instead of intuition in the decision taking process? The only way to make the decision more rational is to take into account more information. But the only information available comes from the outside of the science world. Does it mean it is useless? Not necessarily. Let us come back to our primary assumption about our reality: does God exist or not? If God does not exist, than all non-scientific information is equally useless and our decision has to be based on ourselves only. On the other hand, if one assumes that God does exist, then the logical consequence require a chain of conclusions involving God in every step and every aspect of our lives, including scientific research. This means additional information and a support for the decision taking process based on reason.

In this way we delivered the conclusion highlighted in the Introduction. The science activity can be based purely on reason only with the assumption of the existence of God. Is this logical chain correct?

One would certainly be correct saying that the known laws of physics are not enough to understand the Universe. The most beautiful, sophisticated and powerful theories we developed, Quantum Field Theory (QFT) and General Relativity (GR), do not agree with each other – in the same range of the physical parameter space they give considerably diverging predictions (see Fig. 2). This divergence is reflected in a considerable effort of many people made towards developing a theory widely named „quantum gravity" which would contain both QFT and GR. We have neither a reliable „quantum gravity", nor any other general theory that would unify the existing models. It therefore seems a justified supposition, that the selection of the currently available scientific „puzzles" (theories, methods, evidence) is not enough to explain the Universe. We might need something more. So this is again a scientific crossroads: within „bottom-up" thinking one would focus on the research on manipulating (extending/modifying/improving) the known „puzzles", while the „top-down" thinker would rather assume the existence of more puzzles/Puzzles like hypothetical objects and laws, to propose novel ideas that could lead us to a scientific progress. Both „bottom-up" and „top-down" ways are scientifically well justified, they both lead to a better understanding of the Universe, although one of them must be a dead-end. We, scientists, keep on going both ways, we know that even identifying a dead-end will also mean a scientific progress, but I'm sure that none of us actually makes a choice between the „bottom-up" and „top-down" way aiming at identifying a dead-end, everybody would obviously prefer to be on the way leading to the truth/Truth.

Within this article I often use capital letters for „common" words to refer to the reality with personal God. It is inspired by Michał Heller. In one of interviews he was asked about the difference between his approach to science and the approach of atheists. The difference, according to Heller, is very small: just writing the word „absolute" with small or capital letter. All the scientific efforts made by humans aim then at approaching the absolute/Absolute, we only take different ways. But if one once choices to assume the capital „A", a new flow of information is automatically being added to the resources taken into account in the process of taking scientific decisions. The choice between „bottom-up" and „top-down" is still based on limited information, but assuming the capital „A" and accepting the logical consequences of this primary assumption introduces a clear and new difference between the two ways. The difference which changes the weights of the choices.

The existence of personal God is clearly undeliverable within the available scientific paradigm (known scientific „puzzles"), but it fits very well to the „top-down" thinking way. Accepting God might then mean an inclination to making „top-down" choices in scientific research. This approach allows the presence of God in everyday scientific work, and, at the same time, obviously does not involve the „God of the gaps" argument. Accepting the existence of God does not require explaining the yet unexplained physics effects with the divine interaction. Moreover, feeling the gaps of scientific understanding with the intervention of God logically contradicts considering Him the Absolute. If God is the Absolute, He must underlay everything, both explained and unexplained Universe: there must be no two Truths and two Worlds. It is also logically forbidden to assume that the Absolute is fully disconnected from His Creation. There can't be a realm free of the divine interaction and another one, where God allowed Himself to act. If God is the Creator of everything,

He must have an access to everything, and the power to do with His Creation whatever He likes. So there must be a rule for this, something like the theory of everything / Theory Of Everything. On the other hand, the existence of the theory of everything can be assumed both within the „top-down" and „bottom-up" thinking schemes. In this sense, allowing the presence of God in science does not have to involve the „God of the gaps" argument.

As explained above, assuming the existence of God logically requires admitting more information during the decision taking process. Are there any other logical consequences of this basic, super-philosophical assumption? Most of us, humans, want to assume that we have free will, that we can make choices by ourselves. Nowadays the existence of free will is questioned by part of neuroscientists but we do not argue about this questioning here. We only take the existence of the free will as an inevitable logical consequence of our primary, super-philosophical assumption and the necessary condition for finding any sense in undertaking any thinking scheme, will it be „bottom-up" or „top-down". If we have free will we can make choices. Once we have a choice, we can choose better or worse way. But what is better and what is worse for us? Difficult to say without a super-philosophical assumption. If God exists, it is reasonable to expect that He wants us to go the good way, the good from His perspective, from the perspective of eternity. It might mean „globally better", not necessarily better for our particular here-and-now. Again, it is not unreasonable to accept our following the „globally better" way as the best way for our individual development, even without assuming the existence of God. But once we realize that God wants us to choose well, it is not unreasonable to expect some support from Him, some signposts on our crossroads, also the scientific ones.

One of such signposts could be the already mentioned connection between the „top-down" thinking scheme and the primary assumption of the existence of God. In my case the „top-down" way in doing UHECR research was offered to me as the topic of my PhD thesis, and I liked it. A few years after undertaking this way, I was pretty sure that instead of UHE photons I have identified a scientific dead-end. I've accepted this identification result, maybe God wanted to train me this way. Or maybe I missed something obvious? Some other signposts?

One of the God's signposts could sound like that: „use all the available resources, including your own creativity". I've certainly had not fully used my creativity. I just had suspected, I don't know why, that I had not have one.

„Put out into the deep": A good opportunity for me to become scientifically creative appeared soon after I started reading Heller, at the beginning of one of my postdoc contracts in Germany. I was expecting that my employer will define my tasks, and he did indeed, but the task was a big surprise to me: „be creative!", I had heard. It was like pointing to a new scientific way and I had no choice again. But I also liked the new direction, although felt slightly scary – I had yet suspected that I have no scientific creativity.

What I could do trying to activate my creativity was to have a detailed look into the only superior quality data I've had an access to: the extensive air shower data collected by the Pierre Auger Observatory. It turned out, however, that the more detailed was my look into the data, the lower was the level of my understanding of this data. I could do two things: hide this embarrassing ignorance or start to ask experts. Fortunately, both the scientific rules (e.g. the honesty of thinking) and God's sign-

posts (meekness) pointed towards the same direction: „ask". Then I started to ask and soon realized that I was not abandoned in my lack of understanding of basic things about the interpretation of air shower data. In the UHECR field we simply have a lot of unexplained effects which, for some reasons, we consider being not scientifically interesting. But for me „unexplained" had always meant „interesting". That is why I started to consider physical explanations of the „strange" data in parallel with exploring the „uninteresting" technical hypotheses. Such an approach satisfied my employer: I started to think on my own and it activated my scientific creativity – I started to have my first scientific ideas.

Once I began to think on my own, and once I realized the existence of peculiarities in the UHECR data, I could not help revisiting my favorite thinking direction: the „top-down" models and UHE photons. Could the peculiar air shower properties have something in common with UHE photons? Didn't we miss/subtract something critically important in our primary UHECR mass composition analysis? Are all the assumptions we made to deliver the „non-observation of UHE photons" result unquestionable? The latter question turned out to be important and easy at the same time. As I mentioned earlier, in the man-made laboratories we can accelerate particles to the energies 100 million times smaller than the highest energies of particles that come to us from the Space. I have also mentioned that the observation of UHECR can be made only indirectly, through the extensive air showers. In my studies on identification of UHE photons among cosmic-rays I was making a number of assumptions in order to predict how an extensive air shower induced by an UHE photon should look like. Then I was looking into the data to find air showers matching my prediction. But how could I fully trust the matching algorithm without being sure about the properties of air showers I was looking for? If our knowledge about the interactions occurring in an air shower induced by a photon of energy of 10^{20}eV can be directly applied only for the secondary particles of energies not larger than 10^{12}eV, then any analysis towards identifying the primary type must relay mostly on extrapolations. This simple fact of life, although known to everybody doing the UHECR research, does not prevent everybody from being cautious enough about the conclusions concerning the reconstruction of the type of primary UHECR which initiate the air showers we see. Here I can speak only for myself, and I do it – I was one of those not cautious enough.

One of the side effects of my investigations on the „strange" data and talking to experts on this occasion was that I realized that „top-down" and „bottom-up" are not only the two main classes of cosmic-ray scenarios. These are also the two main types of scientific thinking (see Fig. 3 and 4). Some colleagues seem to be worried seeing the unexplained data („bottom-up" approach), while some are fascinated for the same reason („top-down"). Both views are desirable – they complement each other – but following them requires some intellectual self-discipline: a) one should not push the exotic physical explanations of the „strange" effects if there are still technical options; b) one should not ignore „strange" effects, even if one has no conviction to study them. One of the most dangerous threats of type b) is the temptation of „getting rid" or „improving" the „inconvenient" observations. If you consider some observation „obviously" unphysical, namely not resembling anything known and understood, then you are tempted to subtract this observation from your data set

and claim it does not introduce a bias. But if this „obviousness" is not a 100% certainty, you might subtract a scientific discovery.

Frankly speaking, I experience the threats of type a). But I take an effort to fight them away, also with the help of the „bottom-up" colleagues. It helps me to believe, that the following part of the article is not burdened with too many non-scientific sentiments.

***Illumination**:* The consequence of the above argumentation is quite straightforward. Accepting constraints on „top-down" models based on non-observation of UHE photons requires a certain type of belief. One has to believe, that quantum electrodynamics confirmed well for energies up to 10^{12}eV can be extrapolated for energies up to 10^{20}eV, it must be believed that the hadronic properties of a 10^{12}eV photon can be extrapolated to energies eight orders of magnitude larger, and, finally, we should believe that the spacetime does not have properties that cannot be observed in the processes, where particles of energies up to 10^{12}eV are involved, but which could affect propagation of UHE photons.

Making the above assumptions and extrapolating over many orders of magnitude is scientifically justified, moreover, it is the best thing one can do to probe the unknown domain of physics. But such a far-reaching extrapolation should always be accompanied by the awareness of the risk of being mistaken. This is like a risk of the assumption about the flatness of the Earth based on the observation of the flat surroundings around you.

Being aware of the uncertainties about the physics at energies of 10^{20}eV and higher, one has to be aware that even a slight diversion of our extrapolations in this energy range from the actual physics laws might lead to a dramatic change in the expectations of the UHE photon flux at Earth. In addition, if our understanding of the environmental conditions to which an UHE photon is exposed on its way to us is not complete, for instance if we underestimate the absorbing power of interstellar medium (e.g. unknown molecules underlying the diffuse interstellar bands – DIB, see the contribution of B. Wszołek in these proceedings), we can be wrong about the UHE expectations even without any exotic physics assumptions.

It is therefore the right thing not to constrain the non-existence of SHDM from non-observation of UHE photons without keeping in mind a list of assumptions underlying these constraints. But if one keeps this list in mind, an interesting logical issue becomes evident: to constrain the exotic models (e.g. SHDM) with non-observation of photons we have to exclude some exotic physics models. Doesn't it obviously weaken the constraints? Ones one gives up imposing constraints on SHDM or other „top-down" models using questionable assumptions and logics, a new, wide perspective for the research on UHE photons becomes apparent. This new perspective is presented below.

Let us consider an example process taken into account in the studies on UHE photons: conversion of an UHE photon into an electron/positron pair in the presence of the magnetic field, in particular geomagnetic one, followed by the radiation of photons by electrons via magnetic bremsstrahlung. This process is known in the literature as the *preshower effect*, as it leads to a cascading of a primary photon into a bunch of electromagnetic particles (electrons and photons) above the Earth atmosphere, i.e. before extensive air showers can be initiated. If one combines our (quite good) knowledge of the geomagnetic field (**B**) with the high order extrapolation of the well known quantum electrodynamics rules, it turns out that the threshold energy for the preshower effect to occur near Earth exceeds 10^{19} eV (see e.g. Homola et al., 2005). This threshold energy of course depends on the orientation of the arrival direction with respect to the local geomagnetic field vector: UHE photons arriving nearly in parallel to the geomagnetic field vector are expected to interact less likely than those coming from the directions nearly perpendicular to **B**. A typical preshower is expected to occur at altitudes less than 1000 km a.s.l and it should be composed of less than

1000 particles (mainly photons). It is also expected that all the preshower particles would travel along a common trajectory (trajectories of preshower photons are separated negligibly) and that the subsequent air shower develops in the atmosphere earlier than a shower induced by an unconverted UHE photon but clearly later than showers initiated by nuclei. The lack of observation of such a delayed air shower development is one of the basic pillars of the conclusion on non-observation of UHE photons.

Now let us consider an example hypothetic deviation of quantum electrodynamics that would manifest itself in a reduction of the threshold energy at which an UHE photon interacts with the geomagnetic field. Such a reduction would cause UHE photons to interact with **B** more frequently i.e. at larger altitudes. But the larger the altitude of the preshower effect, the more time electrons have to radiate magnetic bremsstrahlung photons. In consequence the cascade is composed of more particles, ie. the average energy per particle in a preshower gets lower. On the other hand, a longer time of radiation and larger energy losses of electrons result in the increasing lateral spread of a preshower. Since both lateral spread of preshower particles and reduced energy per particle have direct observational consequences, merely admitting the existence of hypothetical deviations from the standard physics laws opens our eyes to a variety of new experimental tests of fundamental physics never tried before!

To explain this strong conclusion in more detail let us consider two physical situations that could not be questioned within the present scientific paradigm: a) an UHE photon interacting with the cosmic microwave background photons somewhere in the Universe, extremely far from the Earth; and b) an UHE photon interacting with the geomagnetic field (note that this is also a photon-photon interaction) nearby the Earth (the preshower effect). The state-of-the-art astrophysics makes us consider case a) as an UHE photon extinction, because the electromagnetic cascade generated after the primary interaction gets so much laterally spread, that on Earth we could see at best only one low energy photon which, even if observed somehow, would be counted as a diffused background. On the other hand, case b) is a phenomenon that could easily be observed: it would be „just" a single extensive air shower, only developing in atypical way, if it only occurs. It gives us an obvious conclusion that between these two observational „extremes", between an obvious extinction and an obvious detection, there must be something like a „detection border": the scale of the lateral spread of a preshower above which any detection cannot be made with the current infrastructure. Interestingly, this observational limitations have not yet been studied, although from the mere considerations of the above cases a) and b) it can be safely concluded that if UHE photons exist, they are capable of producing electromagnetic cascades of DIFFERENT scales.

A good example of a large preshower is a cascade initiated by an UHE photon in the magnetic field of the Sun, let us call it *Sun-preshower* (cf. W. Bednarek, 1999). Such a cascade on its way to Earth could grow to contain even millions of photons spread over millions square kilometers. If the primary ultra-high energy is split into so many photons then the preshower cascade might be missed even if it hits a large detector. For an example, the Pierre Auger Observatory, designed to detect single air showers of energies above 10^{18} eV, might not fail to see an ensemble of simultaneous low energy air showers induced by a „tail" of a Sun-preshower but it will certainly not classify this ensemble as an event. It would go to the background „trash can", at least within the current trigger scheme. On the other hand, if one only slightly modifies the trigger algorithms of the existing observatories, and supplement their data with the readings of all the other available detectors, no matter how large, it would give us a completely new scientific tool oriented to hypothetic large preshowers.

The slight modification of the present triggers should then incorporate the idea of a small but meaningful generalization of the UHECR detection strategy: instead of focusing on

single extensive air showers (Nprimary=1) let us try to catch also ensembles of simultaneous (more or less) air showers (Nprimary>1). The latter phenomena could be initiated not only by the „known" preshowers, but also by other cascades originated outside the Earth atmosphere, no matter the underlying physical processes. Let us call this extraterrestrial cascades of all possible origins *super-preshowers (SPS).* We can immediately categorize super-preshowers with respect to their spread in space (Δx) and time (Δt). This categorization is presented in Fig. 5. It is interesting to note that possible existence of SPS with large Δt or Δx (classes B, C and D) were practically not discussed in the literature, only one type of SPS type C, Sun-preshower, was discussed by W. Bednarek in the above mentioned article. Consequently, there has been no experimental effort oriented towards detecting air showers induced by SPS. It therefore can be safely stated that the SPS field is a scientific *terra incognita.* This means that a research resulting in either observing or constraining the existence of SPS would be a contribution to understanding fundamental physics laws. Although this new scientific land might turn out to be a desert, it might be worthwhile to check it if allowed by economy. And the economy says „yes". Entering the SPS territory is very easy, actually the SPS research has already been initiated on a global scale.

Super-preshowers can be observed with the existing cosmic-ray infrastructure. A particularly easy detection strategy is possible in case of SPS class C. We need a global analysis of the available cosmic-ray data collected by large observatories, medium size arrays and educational detectors and the most popular citizen devices: smartphones. Taking the data as a whole, one should look for correlations between the arrival times of particles recorded by very distant detectors. If the SPS signal is sufficiently strong, which we can not exclude *a priori*, such correlations could be distinguishable from the diffuse cosmic-ray background given not only the expected excess of events in a narrow time window, but also the order of arrival times. These expectations give hope for a unique signature of an SPS – enabling a proper classification of single events. As explained earlier, such a signature could have been invisible for single observatories, even the largest one, due to the possible scale of the effect to be seen and because of small energies of air showers contributing to the ensembles of cascades initiated by SPS.

It is then clear that to pursue the global SPS strategy it is enough to talk to the colleagues working on cosmic-rays and work together, as a community, towards an important and well defined goal. And you will always do better and faster if you allow help from other colleagues. Sure, you will have to share the success, but what is more appealing to you: achieve a really big goal being a part of a really big group, where you are nearly anonymous, or reach a success of secondary importance but allowing a brilliant exposure of your individuality? Yes, this is the crossroads again, and the latter choice is again not uncommon, not only in science, I suppose. Can one have any signpost based on reason here? With the super-philosophical assumption type B) – yes.

Needless to say that with observations of super-preshowers, i.e. after discovery that can be made only within a very wide community of cosmic-ray physicists and science enthusiasts, we would get closer than ever to testing the physics at the energies of Grand Unification Theories (GUT), where strong, weak and electromagnetic interactions can be described with one model. And who knows how close GUT could be from the Theory of Everything – the model that unifies all the interactions, including gravity?

Practical consequences*:* As far as I can understand the logics of the evolution of my scientific activity, I cannot doubt that I have identified an uncharted realm of science – the domain of super-preshowers – in consequence of some theological considerations, although in a full compliance with the state-of-the-art astrophysics methods. This brings me to a clear answer to the title question: can a theologian inspire a physicist? Apparently it is possible, it happened in my case.

And how about an inspiration in the other direction? If, as it is postulated in natural theology, the Nature is the signature of God, then theologians should study this signature as deeply as possible – to avoid self-contradiction. It was noted already by St. Augustine, who advised both „intellege ut credas" and „crede ut intelligas". In other, words natural sciences should support the religious faith, and the religious faith should be the context for natural sciences. In this perspective the inspiration should obviously be mutual. Taking this seriously evokes a number of practical consequences. Let us list the two of key importance: 1) an effort towards organizing a theological formation of interested scientists should be made (something like „theology of science" is needed – after M. Heller); and, in parallel, 2) an education of the clergy curious about the largest signature of God enabling doing a scientific research should be organized systemically. Activity 1) can be organized by beneficiaries of activity 2), and vice versa – this would be the most natural approach.

Great examples of combining the theological and scientific competences are Michał Heller and Konrad Rudnicki, the present conference was dedicated to the latter. It is, however, difficult to find other similarly influential personalities. On the other hand, our world would have probably been a better place if we could have more authorities like Heller or Rudnicki. Can we do something about it? How to form authorities? For a good beginning I propose a name for a religious congregation committed to a scientific research: Rationalist Order. The name is provocative on purpose – to restore the right meaning of the beautiful word „rational" by invoking its religious context. It is not a joke. The Reader interested to contributing to action 1) or 2) is welcome to contact the author of this article. Once we start to talk to each other about our common dreams we might get the community feeling which could lead us even to making the dreams come true, who knows.

Probably not yet the Epilogue: The idea to investigate on super-preshowers attracted in the last months a considerable number of colleagues from around quite a few countries around the world. In order to optimally explore the potential of the SPS realm and enable a further grow of the project, an international collaboration was formed at the meeting in Krakow, on 30 August 2016. The full name of the collaboration is Cosmic-Ray Extremely Distributed Observatory, shortly CREDO (https://credo.ifj.edu.pl). Everybody (also non-physicists) is welcome.

Acknowledgements: The author thanks Tadeusz Pabjan and Bogdan Wszołek for their critical reading of the Polish version of the article manuscript and for very useful remarks.

Życie pozaziemskie – kilka refleksji astronoma

Marek Jamrozy[1,2]

[1] Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
[2] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Nasienia życia błądzą w przestrzeniach wszechświata, trafiają na planety i powierzchnie ich zapełniają życiem, jeśli są tam warunki potrzebne dla istnienia organizmów. Życie mogło się przenosić z jednego układu słonecznego na inny, lub z jednej planety na inną w obrębie tego samego układu. Jednemu z biliona a może tryliona zarodków, wygnanych z planety w przestrzeń przez ciśnienie światła, uda się spaść na dotąd nietkniętą przez życie planetę i tam dać początek różnorodnym tworom żywym.

Jak powstają światy Svante A. Arrhenius

Inspiracją do napisania niniejszego tekstu, pochylenia się nad problemem istnienia życia pozaziemskiego, był krótki artykuł zatytułowany *Pozaziemskie cywilizacje: kilka pytań teologicznych,* napisany przez astrofizyka prof. Marka Abramowicza (PAUza Akademicka, nr 331, z 10 marca 2016 r.). Autor stawia w nim wiele pytań, m. in. *Czy Obcy mają duszę? Czy ciąży na nich Grzech Pierworodny, wymagający odkupienia? Czy mogą być zbawieni i czy zmartwychwstaną ich ciała, zupełnie niepodobne do naszych? Czy są wśród nich inne narody wybrane, z którymi Bóg zawarł inne Przymierza? Czy ich aniołowie to są ci sami aniołowie, co nasi, zebrani w niebiańskie hierarchie, opisane przez Pseudo-Dionizego Areopagitę?* Istnieje wiele podobnych do powyższych wątpliwości, które rodzą się na styku nauki i wiary, z którymi Kościół będzie musiał się zmierzyć i na te trudne pytania – odpowiedzieć. Papież Franciszek niedawno – być może chcąc sprowokować dyskusję - zapytał „*Czy należy ochrzcić Kosmitę?"*. Głosy w tej kwestii zabierają inni teologowie, odbywają się sympozja i wydawane są książki (np. *Aniołowie i kosmici. Kościół wobec cywilizacji pozaziemskich*, praca zbiorowa, red. Tomasz Rowiński, Wydawnictwo M). Pozostawiając rozwiązywanie tych trudnych teologiczno-moralnych zagadnień specjalistom, sądzę, że wkrótce, być może w niedalekiej przyszłości, pojawią się inne wyzwania...

Na pytanie sformułowane: czy istnieje życie pozaziemskie - odpowiedź jest jednoznacznie twierdząca, choć nieco przewrotna. Od kilkunastu lat na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej ISS przebywają ludzie. W przeszłości było jeszcze kilka innych stacji orbitalnych, z których najbardziej znanymi były Skylab (amerykańska) i Mir (rosyjska). Życie na stacjach orbitalnych nie jest jednak w pełni samodzielnym i jego podtrzymywanie zależy od łączności z Ziemią. W niedługim jednak czasie ludzie wybiorą się na Marsa. Początkowo będą wracać na Ziemię po wieloletnich ciężkich lotach, ale kolejne wyprawy dostarczą na Czerwoną Planetę wystarczającą ilość sprzętu, by można było założyć tam stałe bazy, w których urodzą się z pewnością pierwsi Marsjanie. Jak będzie wyglądało ich życie? Jedno jest pewne: podczas swojego mozolnego i niebezpiecznego życia, w pewnym sensie osamotnieni, będą potrzebowali kogoś, kto pomoże im w pokonywaniu rozterek – moralnych, etycznych, egzystencjalnych...

Poszukiwanie sprzyjających życiu warunków i sygnałów mogących świadczyć o istnieniu życia we Wszechświecie toczy się obecnie na wielu naukowych polach (patrz np. Uniwersytet Kalifornijski w Berkeley, https://seti.berkeley.edu/). I z tego też punktu widzenia nie mogę zgodzić się z opinią, że *jakiekolwiek dyskusje na temat życia pozaziemskiego, choć rozpalają wyobraźnię i wzbudzają sensację, nie mają większego sensu* – tak napisał ks. Tomasz Stępień dla Fronda.pl w artykule *Czy istnienie kosmitów jest sprzeczne z wiarą?* (http://www.fronda.pl/a/ks-tomasz-stepien-dla-frondapl-czy-istnienie-kosmitow-jest-sprzeczne-z-wiara,36659.html).

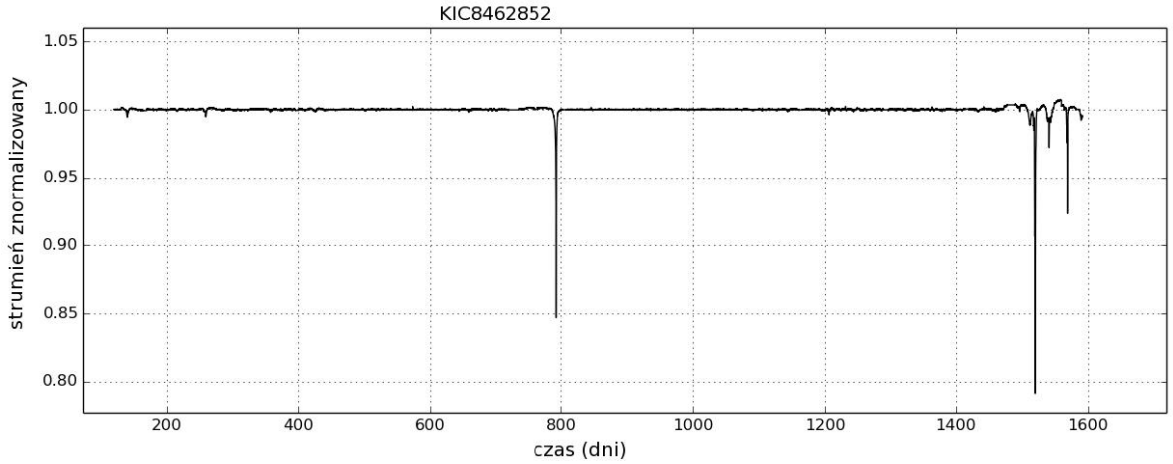
Co dziś jest pewne? Astronomowie poczynili w ostatnim dziesięcioleciu znaczne postępy na drodze do ustalenia czy życie w odległym Wszechświecie mogło zaistnieć. Odbieramy sygnały elektromagnetyczne generowane w różnego typu procesach zachodzących w odległych obiektach. Dzięki zgromadzonej wiedzy możemy zastanawiać się czy życie we Wszechświecie może być powszechne. Sądzę, że myślenie o unikatowości życia na Ziemi w kontekście Galaktyki i Wszechświata jest niepoprawne i głęboko „geocentryczne". Dociera do nas coraz więcej dowodów potwierdzających, że - podobne do ziemskich - warunki do rozwoju życia mogą istnieć w pobliżu innych gwiazd. Wydaje się, że do powstania życia (przynajmniej w takiej formie jak ziemskie) konieczne jest równoczesne istnienie czterech czynników: a) odpowiednia ilości energii – dostarczana przez gwiazdę; b) sprzyjająca lokalizacja - planeta (ew. masywny księżyc); c) budulec – węgiel i inne ciężkie pierwiastki wyprodukowane wcześniej w reakcjach nuklearnych w gwiazdach i wprowadzone do ośrodka międzygwiazdowego w wybuchach supernowych; d) odpowiednie warunki termiczne do istnienia wody (w ciekłej postaci).

Czy jednak wymienione wyżej warunki są wystarczające? Wiele na to wskazuje, że istnienie i ewolucję życia na Ziemi zawdzięczamy również całemu szeregowi zbiegów okoliczności. Masa Ziemi jest odpowiednio duża by utrzymać atmosferę. Nieco mniejszy Mars miał z tym kłopoty i w zasadzie atmosfery już nie posiada. Brak tej ochronnej warstwy będzie nie lada wyzwaniem dla jego przyszłych mieszkańców. Obecności masywnego Księżyca zawdzięczamy najprawdopodobniej: usunięcie pierwotnej, podobnej do wenusjańskiej, atmosfery; generację pola magnetycznego chroniącego nas przed energetycznymi cząstkami promieniowania kosmicznego; stabilizację osi rotacji Ziemi; oraz istnienie pływów morskich, które przyczyniły się do wyjścia organizmów z oceanów na stały ląd. Nie bez znaczenia była też rola kosmicznych katastrof. Upadki komet i meteoroidów na Ziemię spowodowały wyginięcie olbrzymich dinozaurów. W dużym skrócie i uproszczeniu - ta sytuacja dała szansę rozwoju innych organizmów, sporo mniejszych, prowadząc do wyewoluowania człowieka. Patrząc globalnie na istnienie życia na Ziemi możemy stwierdzić, że fakt ten jest ściśle powiązany z parametrami fizycznymi panującymi we Wszechświecie, a nasze istnienie determinowane jest przez warunki fizyczne panujące w Kosmosie (np. określone wartości stałych fizycznych, wiek Wszechświata). Możemy nawet zaryzykować stwierdzenie, że nasz Wszechświat jest tak fizycznie zdeterminowany, by powstało w nim życie.

Współcześnie astronomowie posiadają odpowiednie narzędzia i metody badawcze do odkrywania bardzo odległych ciał o niewielkiej masie. Wiemy z całkowitą pewnością, że planety poza Układem Słonecznym istnieją i są powszechne. Znamy obecnie ok. 3000 planet, a liczba odkrywanych gwałtownie wzrasta. Na razie potrafimy estymować ich masy i odległości od macierzystych gwiazd, bez możliwości

podania większej ilości konkretów (np. czy posiadają atmosferę, jaki jest jej skład chemiczny itd.). Niektóre z odkrytych planet są bardzo interesujące.

W czasopiśmie Nature z 2 maja 2016 roku pojawił się artykuł (*Temperature Earth-sized planets transiting a nearby ultracool dwarf star*, M. Gillon i in., 2016, Nature, 533, 221) o odkryciu trzech planet w układzie nazwanym TRAPPIST-1 oddalonym od Słońca tylko o 40 lat świetlnych. Warto wspomnieć, że tego niezwykłego odkrycia dokonano małym teleskopem o średnicy 60-ciu centymetrów. Planety te mają masy podobne do Ziemi. Jak wynika z obliczeń, na dwóch z nich może panować temperatura odpowiednia do utrzymania wody w stanie ciekłym. Ciekawostką w tym układzie jest to, że macierzystą gwiazdą jest karłowaty bardzo chłodny (temp. 2700 K) wolno-ewoluujący obiekt. Gdyby powstało tam prymitywne życie, to miałoby ono o wiele więcej czasu na wyewoluowanie do bardziej zaawansowanych form, niż miało to miejsce w przypadku zmian zachodzących na Ziemi.



Rys. 1. Krzywa zmian blasku gwiazdy KIC8462852.

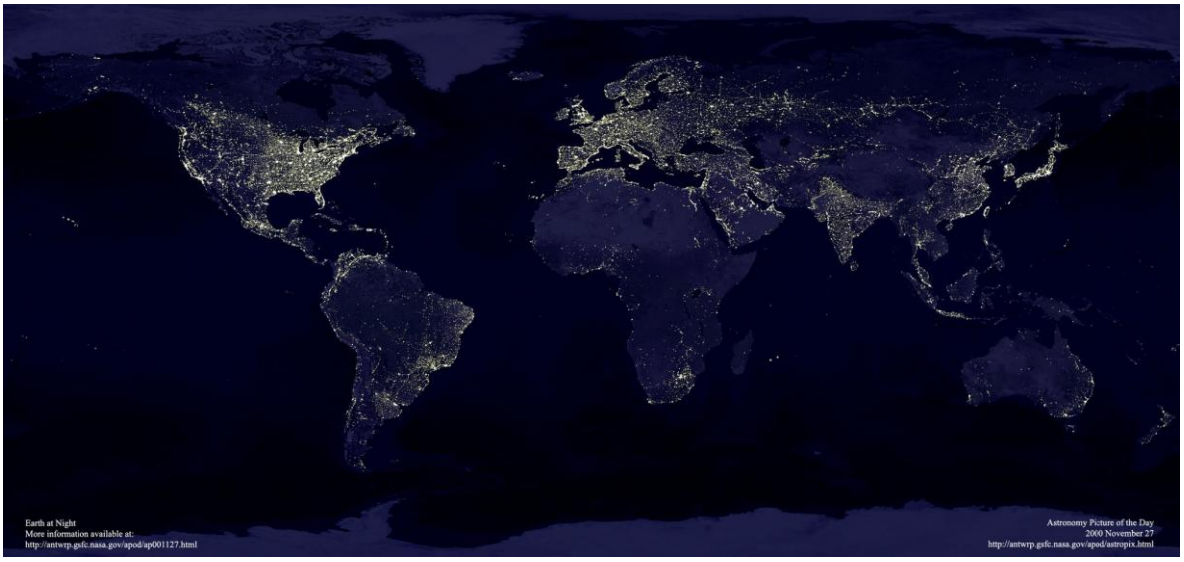
Innym bardzo ciekawym obiektem jest gwiazda KIC8462852. Jej dziwne zmiany blasku, niepodobne do żadnej innej gwiazdy wcześniej obserwowanej, wykrył teleskop kosmiczny Kepler (zmiany natężenia światła są widoczne na Rys. 1). Obiekt ten, podobny do Słońca, znajduje się w gwiazdozbiorze Łabędzia i jest oddalony o 1500 lat świetlnych od nas. Jak do tej pory nie udało się wyjaśnić aperiodycznych zmian blasku (do 20%) tej gwiazdy, zachodzących w czasie od 5 do 80 dni. Podejmowane są różne próby rozwiązania tej zagadki. Postuluje się np. istnienie licznych rojów komet w tym układzie, które w chaotyczny sposób na krótki czas przesłaniają światło gwiazdy. Niektórzy jednak spekulują i zakładają istnienie wokół tej gwiazdy sztucznych gigantycznych konstrukcji. Olbrzymie panele miałyby za zadanie przejmować energię wypromieniowaną przez macierzystą gwiazdę i kierować do użytku istniejącej tam cywilizacji. Taka hipotetyczna megastruktura, nosząca nazwę Sfery Dysona, została wymyślona i po raz pierwszy opisana w 1959 roku przez amerykańskiego fizyka Freemana Dysona.

W najbliższych latach będziemy odkrywać kolejne układy planetarne, a planowana budowa wielkich optycznych teleskopów (np. o średnicy zwierciadła 30 m) pozwoli bardzo dokładnie zbadać te systemy. Całkiem możliwe, że dostrzeżemy na nich ślady „sztucznych" związków chemicznych, oświetlenia lub inne sygnały (np. radiowe) podobne do tych, jakie wytwarza nasza cywilizacja na Ziemi. Od jakiegoś czasu wiele organizacji (głównie związanych z rozwojem astronomii) czyni starania

o ograniczenie zbędnego oświetlenia i zachowania ciemnego nieba. Jednak sztuczne oświetlenie może mieć też pewną „naukową” zaletę.

A. Loeb i E. L. Turner (w pracy *Detection Technique for Artificially Illuminated Objects in the Outer Solar System and Beyond*; 2012, AsBio, 12, 290) zaproponowali wykorzystanie obserwacji optycznych do wykrywania sztucznego oświetlenia na odległych ciałach niebieskich. Strumień pochodzący od obiektu okrążającego macierzystą gwiazdę, który świeci tylko światłem odbitym w funkcji jego odległości od tej gwiazdy, będzie się inaczej zachowywał, jeśli dodamy do odbitego światła jeszcze przyczynek od sztucznego „wewnętrznego” oświetlenia. Obecnie istniejące największe teleskopy optyczne na Ziemi byłyby w stanie wykryć w świetle obiektu znajdującego się na obrzeżach Układu Słonecznego (w tzw. Pasie Kuipera) przyczynek pochodzący od rozświetlonej dużej aglomeracji typu ziemskiego. Teleskopy przyszłej generacji będą w stanie wykryć ten efekt na planetach krążących wokół najbliższych gwiazd. Możemy również odwrócić nasze rozumowanie: jeśli odległe cywilizacje posiadają zaawansowane techniki obserwacyjne, to będą w stanie stwierdzić, że na trzeciej planecie w Układzie Słonecznym żyją mieszkańcy, którzy używają sztucznego oświetlenia.

Naszymi umysłami próbujemy przenikać, ogarniać i udowadniać to, co jeszcze niedawno pozostawało wyłącznie w sferze domysłów, fantazji, wiary. „Mędrca szkiełko i oko” to dziś wiele nowych, nowoczesnych dziedzin nauki, np. astrobiologia, która rozwija się bardzo prężnie, z dużym zaangażowaniem intelektualnym i finansowym. Poszukiwanie sprzyjających życiu warunków i sygnałów mogących świadczyć o istnieniu życia we Wszechświecie trwa, realizowane są kolejne projekty badawcze, pokonując często własne lęki, niepewność, poszerzając intelektualne horyzonty. Wszechświat jest niezwykły, a jego badanie fascynujące. W tej przygodzie poznawania Kosmosu bierzmy udział, bądźmy otwarci na nowe. W tym tkwi sedno postępu.



Rys. 2. Rozświetlona sztucznym światłem Ziemia.

Granice obserwacji – granice poznania?

Aleksander Kurek

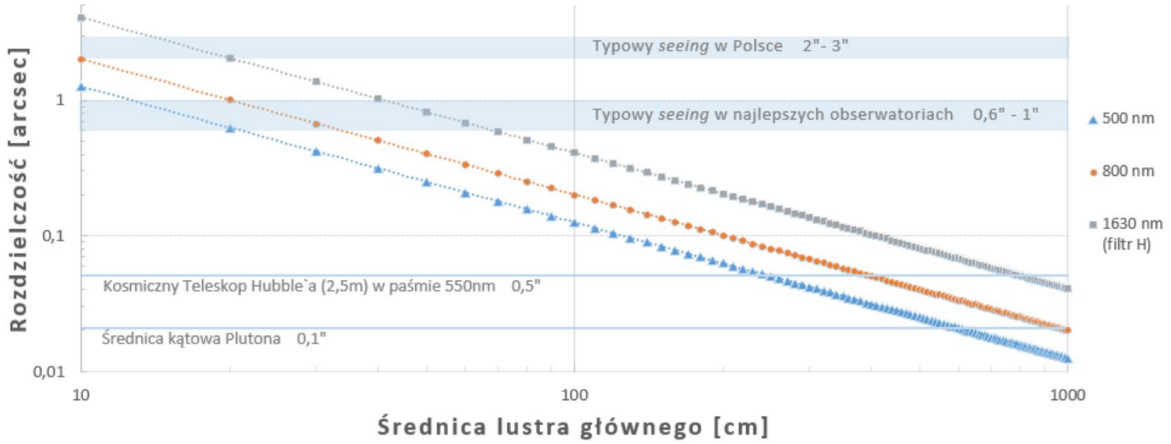
Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie

Rozmiary kątowe obiektów obserwacji astronomicznych są jednym z podstawowych problemów ograniczających mocno postęp w naukach astrofizycznych. To samo dotyczy ludzkiego poznania: po prostu ich nie widać – ani gołym okiem, ani przez największe teleskopy. W dużym skrócie można powiedzieć, że prawie wszystkie te obiekty mają zbyt małą szerokość kątową, aby dało się łatwo rozróżniać szczegóły ich budowy. Większość, w tym wszystkie gwiazdy we Wszechświecie oprócz Słońca, widoczne są nawet w największych teleskopach jako punkty świecące światłem o stałym natężeniu, lub też z natężeniem zmieniającym się w czasie. Co więcej, żaden z obecnie projektowanych teleskopów nie zaoferuje tutaj zbyt dużego postępu. Budowany od niedawna teleskop naziemny European Extremely Large Telescope (E-ELT) o średnicy lustra głównego ~40m [1, 2], pozwoli zwiększyć rozdzielczość obrazowania astronomicznego co najwyżej ok. 3-krotnie ponad obecne możliwości – i to tylko na bardzo małym polu widzenia, dużo mniejszym niż rozmiar kątowy Księżyca. Przyszłe teleskopy kosmiczne, jak James Webb Space Telescope JWST [3] albo – będący w fazie wczesnych projektów – ATLAST [4], chociaż docelowo mają pchnąć nauki astrofizyczne mocno do przodu, nie zaoferują również zbyt dużej poprawy rozdzielczości kątowej. Dla przykładu, najmniejsze szczegóły rozróżniane przez obecnie funkcjonujący Teleskop Kosmiczny Hubble`a (HST) mają rozmiar nie mniejszy, niż pół sekundy łuku (0,5 arcsec). Teleskop JWST, którego planowane uruchomienie ma nastąpić w 2018 roku – zaoferuje podobną lub taką samą rozdzielczość, choć w nieco dłuższych falach – falach podczerwonych. Niedawno oddany do użytku interferometr radiowy ALMA [5] potrafi dostrzec 6-krotnie drobniejsze szczegóły, niż HST, choć tylko we falach radiowych. Aby udało się dostrzec horyzont zdarzeń najbliższej nam czarnej dziury, z minimalną choćby ilością szczegółów, potrzebna jest jeszcze ok. 8000 razy wyższa rozdzielczość [6, rys. 1].

Jeśli na tym polu nastąpi w najbliższych dekadach jakakolwiek rewolucja, to raczej tylko za sprawą technologii alternatywnych do klasycznych teleskopów, gdyż na powierzchni Ziemi prawdopodobnie nie jest możliwe zbudowanie teleskopu większego, niż o stumetrowym lustrze głównym.

Jedną z takich alternatywnych technologii są interferometry optyczne [7], albo raczej ich specjalna odmiana – zwana hiperteleskopami [8]. Interferometry optyczne jako takie już istnieją i działają. Największy z nich to Interferometr Chara, którego maksymalna średnica to 330 m. Pozwala on w pewnych rzadkich wypadkach na robienie dość szczegółowych zdjęć najjaśniejszych gwiazd. Bardzo znany jest krótki filmik wykonany tymże interferometrem,

przedstawiający gwiazdy AB Algol (układ β Perseusza) orbitujące wokół wspólnego środka masy [9]. Czynnikami limitującymi efektywność interferometrów naziemnych są głównie: drgania atmosferyczne, resztkowe świecenie powietrza nocą oraz wysoki stopień skomplikowania toru optycznego tychże interferometrów, co powoduje, że są one zdolne dostrzec tylko względnie jasne obiekty. Umieszczenie działającego interferometru w przestrzeni kosmicznej byłoby dość trudne, gdyż wymaga to wystrzelenie przynajmniej kilku osobnych teleskopów oraz sprzęgnięcie tak utworzonej flotylli w taki sposób, aby wysyłały one światło do wspólnego ogniska optycznego. Znacznie łatwiej prawdopodobnie będzie użyć do tego celu wspomnianych wcześniej hiperteleskopów.



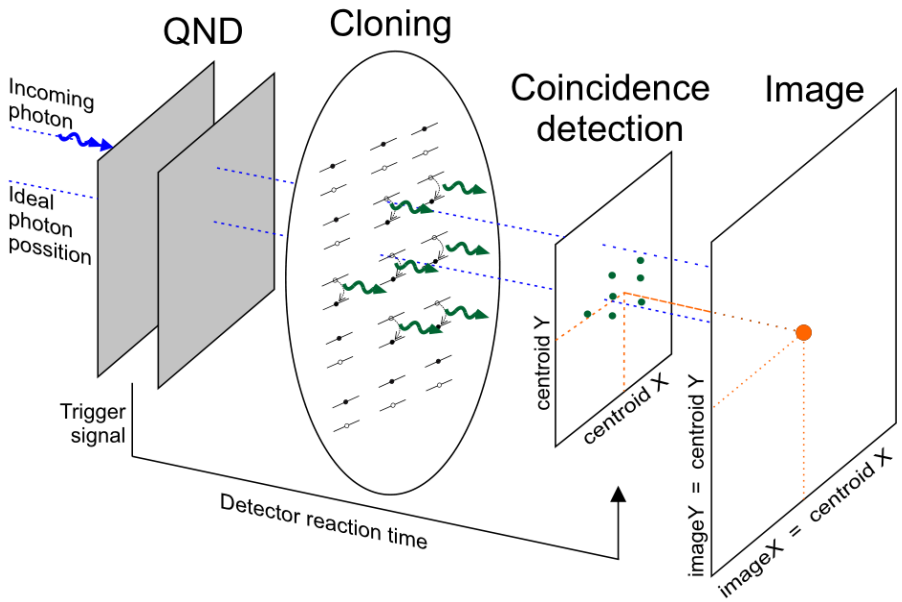
Rys. 1. Skale rozdzielczości w astronomii.

Hiperteleskpy różnią się od interferometrów głównie tym, że o ile w wypadku interferometrów całe urządzenie składa się z kilku identycznych teleskopów, o tyle w wypadku hiperteleskopów – zamiast poszczególnych teleskopów używa się (tylko) luster, które odbijają światło do wspólnego ogniska, w którym umieszczony jest skomplikowany układ optyczny, gdzie zachodzi formowanie się obrazu [8]. Hiperteleskopy są na razie we wczesnej fazie badań i charakteryzacji wydajności, ale obecnie funkcjonuje już przynajmniej jeden działający prototyp, a jego pierwsze testy wypadły pomyślnie [10]. Niestety, mniej rozwinięta jest technologia operowania satelitami latającymi w precyzyjnych formacjach, chociaż pierwsze kroki ku jej opracowaniu zostały już zrobione (satelita LISA Pathfinder). Niemniej jednak, zanim zobaczymy pierwsze dane z interferometrów kosmicznych lub hiperteleskopów, upłynie jeszcze kilka dekad. Z drugiej strony, jeśli kiedyś zobaczymy szczegółowe zdjęcia planet poza Układem Słonecznym, to najprawdopodobniej właśnie dzięki hiperteleskopom. Pozostaje mieć nadzieję na jak najszybszy rozwój technologii niezbędnych do produkcji tego typu instrumentów.

W przypadku pierwszych, naziemnych hiperteleskopów, głównym problemem jest zazwyczaj konieczność bardzo stabilnego utrzymania ogniska w jednym miejscu, pomimo wiatru i różnych innych zakłócających czynników. Dobrą wiadomością natomiast jest to, że przyszłe kosmiczne hiperteleskopy

skopy mogą mieć prawdopodobnie bardzo duże, lub wręcz prawie nieograniczone rozmiary – a tym samym i rozdzielczość kątową. Aby dostrzec szczegóły planet poza U. S. i tym samym przekonać się, czy istnieje tam wyraźnie widoczne życie, jak np. widmo chlorofilu zanikające zimą, potrzebny byłby hiperteleskop o średnicy ok. 100 tyś. km, składający się ze 150 3-metrowych luster. Brzmi to przerażająco, ale w każdym razie teoretycznie jest możliwe do wykonania. Być może fundamentalnym ograniczeniem wielkości hiperteleskopów okaże się kiedyś fakt, że tor światła jest zakrzywiany przez masywne obiekty. Zjawisko to na pewno występuje, ale na razie nie ma pewności, jak bardzo utrudni funkcjonowanie gigantycznych hiperteleskopów. W każdym razie wpływ tego efektu uwidaczniałby się na skalach znacznie większych, niże te niezbędne do obserwowania planet pozasłonecznych (tzw. egzoplanet).

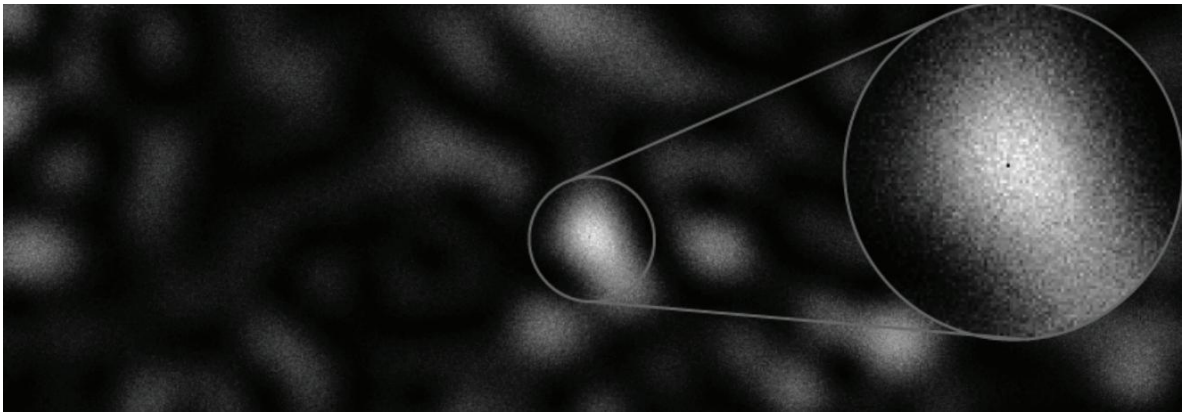
Zarówno interferometry, jak i hiperteleskopy mogą być zaliczone do klasycznej optyki, której wydajność – pod kątem rozdzielczości kątowej – odpowiada ich średnicy oraz, w mniejszym stopniu, jakości wykończenia elementów optycznych. Niedawno natomiast stało się dość modne poszukiwanie innych rozwiązań, wykorzystujących dualizm korpuskularno-falowy światła [11] i tamtejsze referencje]. Innymi słowy, teleskopy zaczęły wkraczać w erę mechaniki kwantowej, a dokładniej – optyki kwantowej. Być może najwyższy czas na to, gdyż dzięki sztuczkom kwantowym już od jakiegoś czasu udaje się zwiększać rozdzielczość w mikroskopii [12], a od niedawna także w litografii. Jednakże wszystkie obecnie używane do tego techniki wymagają bardzo precyzyjnego przygotowania obserwowanego przedmiotu, co jest (z oczywistych względów) niemożliwe w astronomii. Staje się zatem jasne, że zastosowania astronomiczne wymagają zupełnie jeszcze innych sztuczek kwantowych.



Rys. 2. Schemat działania proponowanego Teleskopu Kwantowego [15].

Także i takie sztuczki od niedawna są badane. Jedną z nich jest koncepcja Teleskopu Kwantowego [13, rys. 2], w której proces obrazowania polega głównie na produkcji dokładnych kopii każdego z osobna fotonu przylatują-

cego z Kosmosu i odczytywaniu informacji o dokładnym pochodzeniu kątowym tegoż fotonu z całej chmury jego kopi („klonów"). Realność wykonania tego typu urządzeń jednakże wydaje się dziś dość wątpliwa – szum związany z procesem produkcji kopii prawdopodobnie jest zbyt duży, aby udało się istotnie zwiększyć rozdzielczość obrazowania [14, rys. 3].

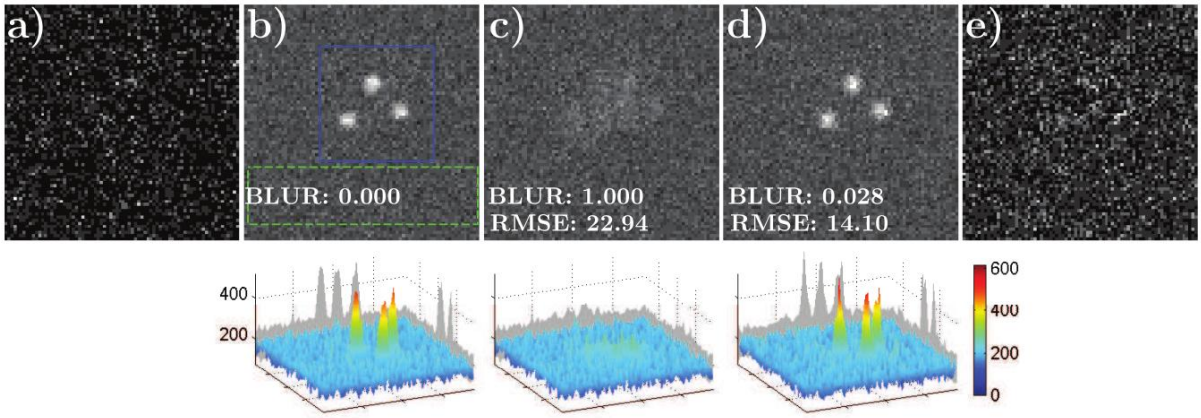


Rys. 3. Symulowany obraz, jaki produkowałby T. K. Ze złożenia wielu takich klatek powstawałby docelowy ostry obraz obserwowanego obiektu. Niestety, w obecnej chwili wydaje się, że widoczny na powyższej klatce sygnał (w kółku) będzie nieodróżnialny od grudek szumu otaczających go i tym samym funkcjonowanie T. K. jest wątpliwe [14].

Jeszcze inną koncepcją jest tzw. rozdzielanie modów przestrzennych światła (SPADE, SPAtial-mode DEmultiplexing). Ponad rok temu środowisku optyków kwantowych zostało zaskoczone pewną prowokacyjną publikacją, która pojawiła się w internetowym repozytorium prac badawczych z tejże dziedziny [16]. Wypływające z niej wnioski były szokujące: wydawały się wskazywać, że dotychczasowy sposób obserwacji zwartych układów podwójnych gwiazd jest błędny, a mówiąc bardziej naukowo – nieoptymalny kwantowo. Autor pracy przedstawił przekonującą teorię dowodzącą, że istnieją znacznie bardziej efektywne metody dokonywania takich obserwacji, niż klasyczne teleskopy. Co więcej, z pracy wynika w sposób oczywisty, że możliwa do uzyskania poprawa rozdzielczości jest ogromna. Najnowsza praca autora przedstawia pomysły wdrożenia i rozwinięcia zaproponowanego przed rokiem pomysłu tak, aby zbudowane na tej podstawie urządzenia były w stanie obserwować np. planety poza Układem Słonecznym [17]. Pomysły te doczekały się wielu pomysłów pokrewnych, które także są obecnie intensywnie badane. Co więcej, prowadzone są już pierwsze eksperymenty, które po około dwóch latach od chwili obecnej mogą zacząć dawać pozytywne wyniki.

Warto wspomnieć także o pewnym realizowanym już obecnie pomyśle na wysokorozdzielczy instrument, który pierwsze zdjęcia ma wykonać już w 2017 roku. Jest nim tzw. Event Horizon Telescope (EHT), który w istocie stanowi precyzyjne połączenie dużej ilości naziemnych interferometrów radiowych [6]. Dzięki temu urządzeniu być może już za rok ludzkość ujrzy po raz pierwszy w historii horyzont czarnej dziury. Co prawda tylko w niewidzialnych dla człowieka falach radiowych oraz w rozdzielczości zale-

dwie ok. 10 pikseli, ale i tak stanowi to niewyobrażalny wręcz kilka dekad temu postęp. Jako cel wybrano czarną dziurę w centrum naszej Galaktyki, czyli obiekt o nazwie Saggitarius A*. Z EHT jednakże wiąże się kilka niepewności, chociaż nie mają one natury technologicznej. Największą z nich jest pytanie, czy horyzont zdarzeń tej czarnej dziury jest w ogóle widoczny z naszego kierunku. Może się bowiem okazać, że jest przysłonięty zbyt dużą ilością kosmicznego pyłu, którego akurat w centrach galaktyk – to już wiadomo od dawna – nie brakuje. To samo może dotyczyć horyzontów zdarzeń innych czarnych dziur, ale EHT i tak nie będzie w stanie ich dostrzec z przyczyn technologicznych. Niewykluczone, że kiedyś odkryta zostanie bliższa nam niż Sag A* duża czarna dziura, która już przez sam fakt nie znajdowania się w centrum Galaktyki byłaby łatwiejsza w obserwacji, choć na razie takowych doniesień brak.



Rys. 4. Zastosowanie algorytmu ewolucyjnego do wyostrzania zdjęć astronomicznych wykonanych przez rozedrganą atmosferę [18]. Ze serii ekspozycji (a) źródła (b), które przez atmosferę klasyczną metodą udaje się sfotografować jak pokazano na (c), udało się odtworzyć obraz (d) z błędem odtworzenia (e).

W podsumowaniu, pozostaje czekać na rozwój nowych technologii obrazowania astronomicznego. Niestety, rewolucje w tej dziedzinie następują co kilka dekad, zatem nie będzie to krótkie czekanie. I choć postępy o mniejszym znaczeniu (przykład na rys. 4) mają miejsce dość często, ale nie są one w stanie doprowadzić do zupełnie nowej jakości w obrazowaniu astronomicznym.

O ile jest prawie pewne, że kiedyś zobaczymy zdjęcia powierzchni najbliższych egzoplanet, o tyle na pytanie, czy kiedyś zobaczymy egzoplanety w sąsiednich, a tym bardziej – w odległych galaktykach, na razie nie ma odpowiedzi.

Bibliografia

[1] E. S. W. Group, Science Cases and Requirements for the ESO ELT. Report of the ELT Science Working Group, 2006, Tech. rep., European Organization for Astronomical Research in the Southern Hemisphere, ESO Headquarters

[2] J. Liske, E-ELT Design Reference Mission, 2011, Tech. rep., European Organization for Astronomical Research in the Southern Hemisphere, ESO Headquarters

[3] J. Mather, James Webb Space Telescope Project. Science Requirements Document, 2012, Tech. rep., Goddard Space Flight Center
[4] Postman, M. et al., Advanced Technology Large-Aperture Space Telescope (ATLAST): A Technology Roadmap for the Next Decade, 2009, eprint arXiv:0904.0941
[5] ALMA Partnership, The 2014 ALMA Long Baseline Campaign: First Results from High Angular Resolution Observations toward the HL Tau Region, 2015, The Astrophysical Journal Letters, Vol. 808, Iss. 1, article id. L3, 10 pp.
[6] Falcke, H. et al., Viewing the Shadow of the Black Hole at the Galactic Center, 2000, The Astrophysical Journal, Vol. 528, Iss. 1, pp. L13-L16
[7] Labeyrie, A., Interference fringes obtained on VEGA with two optical telescopes, 1975, Astrophysical Journal, vol. 196, Mar. 1, 1975, pt. 2, p. L71-L75
[8] Labeyrie, A., ELTS, interferometers, and hypertelescopes at different wavelengths, 2008, Proceedings of the SPIE, Vol. 6986, article id. 69860C, 12 pp.
[9] Baron, F. et al., Imaging the Algol Triple System in the H Band with the CHARA Interferometer, 2012, The Astrophysical Journal, Vol. 752, Iss. 1, article id. 20, 13 pp.
[10] Labeyrie, A., Hypertelescopes: potential science gains, current testing and prospects in space, 2016, EAS Publications Series, Vol. 78-79, pp.45-70
[11] Shih, Y., Quantum Imaging, 2007, eprint arXiv:0707.0268
[12] Nicole, C. et al., Photoionization Microscopy, 2002, Physical Review Letters, Vol. 88, Iss. 13, id. 133001
[13] Kellerer, A., Beating the diffraction limit in astronomy via quantum cloning, 2014, Astronomy & Astrophysics, Vol. 561, id. A118, 6 pp.
[14] Kurek A. R. et al., Parametric light amplification in astronomy: a quantum optical model, 2016, w recenzji Optics Letters
[15] Kurek, A. R., Quantum Telescopes: feasibility and constrains, 2016, Optics Letters Vol. 41 no. 6
[16] Tsang, M. et al., Quantum Theory of Superresolution for Two Incoherent Optical Point Sources, 2016, Physical Review X6, 031033
[17] Tsang, M., Subdiffraction incoherent optical imaging via spatial-mode demultiplexing, 2016, eprint arXiv:1608.03211
[18] Popowicz A. et al., Beyond the current noise limit in imaging through turbulent medium, 2015, Optics Letters, Vol. 40, Iss.10, pp. 2181-2184

Tranzyt Merkurego 2016

Artur Leśniczek

Częstochowski Oddział PTMA

Można powiedzieć, że największym wydarzeniem obserwacyjnym roku 2016 był tranzyt Merkurego na tle tarczy Słońca w dniu 9 maja. Z tego względu na tarasie obserwacyjnym Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie zostały zorganizowane obserwacje, zarówno fotograficzne jak i wizualne. Do tego celu zostały użyte dwa teleskopy, dwa teleobiektywy i jedna luneta. Zostały ustawione przedstawione poniżej stanowiska obserwacyjne.

- Meniskas – teleskop systemu Maksutova (150/2250), szklany filtr słoneczny, obserwacje wizualne, obsługa wspólna
- teleskop Sky-Watcher systemu Newtona (200/1200), filtr słoneczny z folii mylarowej, obserwacje fotograficzne lustrzanką cyfrową Canon 450D, obsługa Artur Leśniczek
- teleobiektyw systemu Maksutova (100/1000), telekonwerter x2, słoneczny filtr z folii mylarowej, obserwacje fotograficzne lustrzanką cyfrową Nikon D800, obsługa Marek Nowak
- teleobiektyw 500mm, słoneczny filtr z folii mylarowej, obserwacje fotograficzne lustrzanką cyfrową Canon 600D, obsługa Grzegorz Czepiczek
- luneta Telementor (60/800), obserwacje wizualne na ekranie, obsługa wspólna

Zjawisko w Częstochowie miało się rozpocząć o 13:11:59, ale nie miało być widoczne w całości, ponieważ Słońce zachodziło o godz. 20:18, czyli niecałe pół godziny przed końcem tranzytu. Pogoda nie była sprzyjająca i krótko przed rozpoczęciem niebo było w zasadzie całkowicie zachmurzone. Do tego padał niezbyt intensywny deszcz, nie pozwalający odfoliować wcześniej przygotowanego Meniskasa i rozstawić reszty sprzętu. Tak było prawie do samego początku tranzytu, co spowodowało, że nie udało się uchwycić pierwszego i drugiego kontaktu ani wizualnie ani fotograficznie. Krótko potem niebo zaczęło się przecierać, dając z początku krótkie, a później długie przerwy w chmurach, niemal do całkowitego rozchmurzenia. Przed zachodem, kiedy Słońce z planetą były już nisko, chmury zaczęły znów dawać znać o sobie. Mimo wszystko obserwacje można zaliczyć do udanych, ponieważ zrobiono wiele zdjęć Merkurego, defilującego przed naszą dzienną gwiazdą.

Frekwencja zainteresowanych podziwianiem zjawiska, nie była nadzwyczaj duża. Nie licząc członków i sympatyków częstochowskiego oddziału PTMA, którzy byli bardzo pomocni w zorganizowaniu obserwacji, odwiedziło nas około 50 osób przychodzących z zewnątrz.

Merkury podczas tranzytu jawi się, jako bardzo mała czarna tarcza na tle dużo większego Słońca. Obydwa obiekty znajdują się daleko od Ziemi i różnica w ich rozmiarach kątowych jest bezpośrednio związana z różnicą

rozmiarów rzeczywistych. Słońce ma średnicę niecałe 1 400 000 km, a Merkury zaledwie 4879 km.

Tabela. Obliczone momenty poszczególnych kontaktów dla tranzytu Merkurego 9 maja 2016.

	Czas dla Częstochowy	Czas dla ustawienia geocentrycznego
I kontakt	13:11:59	13:12:19
II kontakt	13:15:11	13:15:31
maksimum	16:56:01	16:57:26
III kontakt	niewidoczne	20:39:14
IV kontakt	niewidoczne	20:42:26

Obecnie tranzyty Merkurego występują wyłącznie w maju i listopadzie. Jest to związane z tym, że w tym czasie Merkury przechodzi przez węzły swojej orbity, czyli miejsca gdzie przecina się ona z ekliptyką. W takim układzie Słońce, Merkury i Ziemia ustawiają się w jednej linii. Orbita Merkurego jest silnie spłaszczona, a jej węzły znajdują się blisko aphelium i peryhelium, co dalej przekłada się na dużą różnicę w jego odległości od dziennej gwiazdy. W maju jest to 70 mln km, a w listopadzie tylko 46 mln km. Również prędkości orbitalne sporo się różnią, wynosząc odpowiednio 38 km/s i 59 km/s. Obydwa te czynniki powodują, że listopadowe tranzyty można obserwować prawie dwa razy częściej niż majowe. W ciągu stulecia zjawisko występuje średnio 13 razy, przy czym w listopadzie powtarza się w okresach 7, 13 i 33 letnich, a w maju 13 i 33 letnich. Rozmiar kątowy tarczy planety nie różni się bardzo drastycznie osiągając w listopadzie 10″, a w maju 12″.

Zaobserwowanie tranzytów Merkurego stało się możliwe wraz z wynalezieniem teleskopu. Po raz pierwszy zjawisko to obserwował francuski astronom Pierre Gassendi 7 listopada 1631 roku. Umożliwiły to wydane w 1627 roku przez Johannesa Keplera Tablice Rudolfińskie, najdokładniej przewidujące w tamtych czasach położenia i ruchy planet. Miesiąc wcześniej, Gassendi podjął też próbę zaobserwowania, przewidzianego również dzięki tym tablicom, tranzytu Wenus, jednak bez powodzenia. Czas wystąpienia zjawiska nie był wystarczająco dokładnie znany i w rzeczywistości miało ono w Europie przebieg podczas nocy.

Kolejne tranzyty były obserwowane między innymi przez: Jeremy'ego Shakerly'a 3 listopada 1651 roku, Christiana Huygensa 3 maja 1661 roku i Edmunda Halley'a 7 listopada 1677 roku.

Obecnie obserwacje tranzytów nie mają większego znaczenia naukowego. Inaczej było w dawnych czasach, kiedy Edmund Halley zaproponował metodę obliczania odległości Ziemi od Słońca w oparciu o obserwacje tranzytów. W przypadku Merkurego metoda ta nie znalazła zastosowania, ze względu na mały rozmiar tarczy planety i ograniczenia obserwacyjne. Udało się to natomiast z wykorzystaniem, zapewniających większą dokładność, choć występujących rzadziej, tranzytów Wenus.

Obserwacje tranzytu planety można przeprowadzać tak samo jak obserwacje Słońca. Najbezpieczniej jest rzutować obraz z lunety lub teleskopu na biały ekran za okularem. Bezpośrednie obserwacje można przeprowadzać wyłącznie przy użyciu filtrów obiektywowych.

Merkury na tle tarczy Słońca 9 maja 2016. Planeta jest widoczna, jako czarna kropka poniżej i na lewo od środka tarczy. Powyżej Merkurego widoczne są na zdjęciu również grupy plam słonecznych (*fot. Artur Leśniczek, aparat Canon 450D, czas 1/500s, ISO 100*)

Obserwacje Tranzytu Merkurego w OAKJ w Rzepienniku Biskupim.

Naukowe szlaki Konrada Rudnickiego

Krzysztof Maślanka

Instytut Historii Nauki PAN, Warszawa-Kraków

Konrad Rudnicki, 15 X 2011 (*fot. A. Walanus*)
ur. 2 lipca 1926 w Warszawie, zm. 12 listopada 2013 w Krakowie

Kilka lat temu, na prośbę dr. Bogdana Wszołka, astronoma z Instytutu Fizyki Akademii Jana Długosza w Częstochowie, pomysłodawcy i niestrudzonego budowniczego Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, a także ucznia, wieloletniego współpracownika i przyjaciela Konrada Rudnickiego, napisałem krótki artykuł dedykowany Profesorowi „z okazji urodzin, wraz z życzeniami wielu dalszych lat owocnej aktywności". Niniejszy tekst, pisany już po odejściu Profesora, jest znacznie rozbudowaną wersją tamtego[1] – rozbudowaną o rozmaite epizody, których byłem świadkiem i które dobrze pamiętam.

Można by postawić zarzut, że taki tekst jest mało naukowy. Bywali w przeszłości skryci z natury uczeni, którzy świadomie i bardzo skrupulatnie dbali o to, by o ich życiu świadczyły wyłącznie ścisłe wyniki naukowe oraz konkretne publikacje; starannie zacierali wszelkie ślady, których naturalne miejsce jest w pamiętnikach i nieformalnych wspomnieniach. Taki był np. wybitny matematyk francuski Adrien-Marie Legendre (1752-1833) i fakt ten przy-

[1] *Częstochowski Kalendarz Astronomiczny na rok 2014*, str. 73. Wersja elektroniczna dostępna na stronie internetowej www.astronomianova.org. – Niniejszy tekst wygłoszony jako referat na konferencji ku czci śp. Konrada Rudnickiego w Rzepienniku Biskupim 9 V 2015 r. ukazał się w wersji skróconej w czasopiśmie Instytutu Historii Nauki PAN „Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki", 2016, s. 43.

pomniał na jego pogrzebie inny matematyk Siméon D. Poisson (1781-1840): „Nasz kolega [Legendre] często wyrażał życzenie, by oceniać go wyłącznie na podstawie jego prac naukowych".

W przypadku Konrada Rudnickiego można by także odwołać się tylko do jego książek, publikacji i konferencyjnych referatów. Uważam jednak, że tych kilka wspomnień i anegdot, a także spontanicznie robionych zdjęć pokaże wyjątkowo niebanalnego człowieka, pełnego przekory oraz osobliwego poczucia humoru. Może to zatem stanowić istotne uzupełnienie tego, co zawierają biblioteczne półki i archiwa placówek naukowych. Są one pełne trwałych wyników naukowych, ale skutecznie ukrywają człowieka, ich twórcę. Na przykład: Któż po latach domyśli się, że gorąca polemika dwu adwersarzy w czasopiśmie (jeśli się nie mylę) „Astronautyka" to teksty tego samego autora, czyli właśnie Konrada, z tym, że jeden był pisany pod jakimś wymyślnym pseudonimem…

Kiedyś, może nieco naiwnie, zapytałem wprost bliskiego współpracownika Konrada Rudnickiego: „Jaki on właściwie był jako naukowiec?" Odparł bez zastanowienia: „Był rozpoznawalny w świecie nauki".

Myślę, że to dużo. Zwłaszcza dzisiaj, w środowisku usilnie reklamujących się naukowców, którzy lokalnie uchodzą za wybitnych, ale o których nieco dalej nikt nigdy nie słyszał.

Niniejszy tekst, pisany spontanicznie, nie uwzględnia chronologii wydarzeń.

*

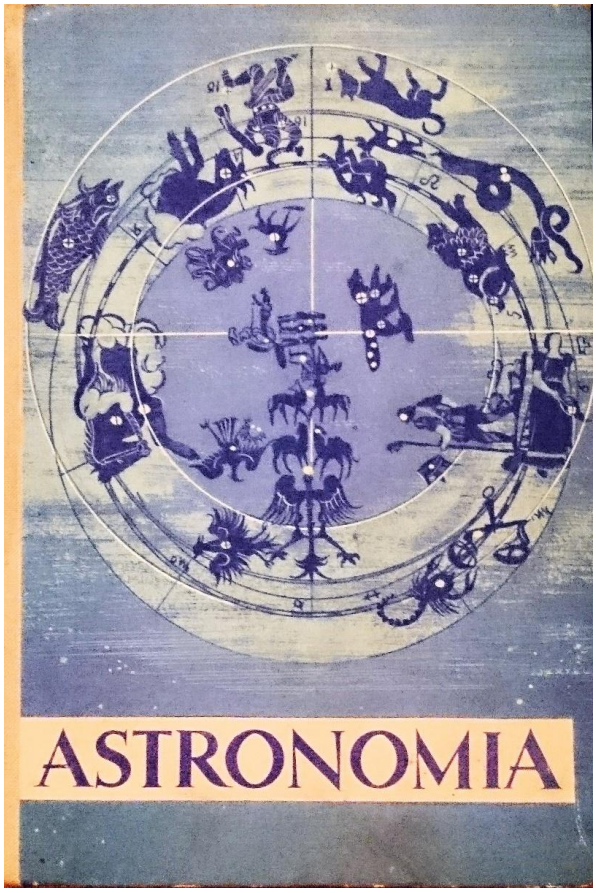
Każdy z nas spotyka w ciągu życia tysiące ludzi. Większość z nich pojawia się na krótko i szybko odchodzi do swych spraw. W pamięci tli się jeszcze ślad po nich, ale z czasem i on zanika. Jednak spotkanie kogoś nietypowego, mimo względnie rzadkich potem kontaktów, pozostawia trwały ślad. Wiemy z pewnością,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

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

Gdzieś wiosną 1972 roku poszedłem na wieczorną prelekcję w krakowskiej siedzibie Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Odbywały się one w poniedziałki przy ulicy Solskiego 30 o dziewiętnastej[2]. Ten nieistniejący już dzisiaj lokal miał swoją niepowtarzalną atmosferę. Dla mnie było to wejście w dorosłe życie, w krąg ludzi, którym wiele zawdzięczam. Konrad Rudnicki, wtedy docent krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego UJ, mówił o jakiejś niedawnej paryskiej konferencji (dokładniej: kolokwium) poświęconej rozmieszczeniu gromad galaktyk. Byłem wtedy w drugiej klasie liceum,

[2] Później, po 1989 r., wrócono do pierwotnej nazwy: ulica Św. Tomasza. Przy tej ulicy mieściła się też lokalna siedziba przewodniej siły narodu. Oczywiście adres typu: „Komitet Wojewódzki PZPR przy ulicy Św. Tomasza" brzmiałby osobliwie, zwłaszcza dla towarzyszy radzieckich, stąd w czasach PRL ulicy patronował Ludwik Solski.

nie rozumiałem wielu szczegółów, zapamiętałem głównie transparencje z kolorowymi rysunkami, ale mimo to poczułem, że stoję u progu prawdziwej nauki.



Napisany przez Konrada bardzo rzetelny dydaktycznie podręcznik do astronomii dla klasy IV liceum, wydany w roku 1970. Z tej książki uczyłem się podstaw astronomii sferycznej, astrofizyki i kosmologii. W przeciwieństwie do większości uczniów z mojej klasy wiedziałem już kim jest autor podręcznika. Astronomia była wtedy w moim liceum traktowana jako kula u nogi, a nauczał jej dość miły, ale zupełnie niekompetentny człowiek prowadzący ponadto lekcje z geografii oraz tzw. wychowania obywatelskiego (podobno był też lokalnym TW SB). Z inicjatywy stowarzyszenia *Astronomia Nova* podręcznik ten w wersji elektronicznej jest dostępny na stronie AN.

Nieistniejąca już sala wykładowa krakowskiego oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii przy ulicy Solskiego 30, gdzie w roku 1972 spotkałem po raz pierwszy Konrada Rudnickiego.

Wtedy jeszcze nie wiedziałem, że słucham inicjatora programu głębokiego przeglądu galaktyk znanego w świecie jako Pole Jagiellońskie, odkrywcy komety C/1966 T1, współpracownika Włodzimierza Zonna (1905-1975) i ucznia sławnego Fritza Zwicky'ego (1898-1974), syna lewicowego pisarza Lucjana Rudnickiego (1882-1968) (którego powieść *Stare i nowe* była wcześniej moją lekturą szkolną), partyzanta Gwardii Ludowej (miał wówczas nieco ponad 17 lat), dalej – teologa, filozofa i metodologa nauki, a także człowieka, który

w czasie wojny, wraz z matką, Marią Szukiewicz-Rudnicką (1887-1980), uratował w Piotrkowie Trybunalskim kilku Żydów[3]. Zawsze lojalnie poważał swego dowódcę z czasów wojny, Mieczysława Moczara (1913-1986), pomimo generalnie niechlubnej roli, jaką ten odegrał w powojennej Polsce, zwanej Ludową, a zwłaszcza w czasie wydarzeń z roku 1968. Zapytany, czy może jest z Moczarem „na ty", odpowiedział: – „Nie, my jesteśmy «na wy»".

Mając taką przeszłość i takie koneksje, mógł, jak wielu innych, zacząć robić po wojnie, w nowej komunistycznej rzeczywistości, łatwą i skuteczną karierę polityczną. Jego ojciec, Lucjan, po wojnie przez parę miesięcy burmistrz Sulejowa był później posłem do Sejmu z ramienia PZPR oraz współzałożycielem i członkiem Zarządu Głównego Stowarzyszenia Ateistów i Wolnomyślicieli. Konrad tymczasem zastanawiał się, czy oddać się swej pasji – muzyce. Ostatecznie wybrał astronomię, którą pasjonował się już przed wojną. Zachęciły go do niej pamiątki pozostałe po starszym, zmarłym przedwcześnie przed jego urodzeniem bracie Kazimierzu: mała lunetka, atlas nieba wydany przez M. Arcta i kilka odręcznych mapek nieba[4].

Jesienią 1945 r. Konrad podjął studia astronomii na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie słuchał wykładów m. in. światowej sławy matematyków: Wacława Sierpińskiego (1882-1969), Kazimierza Kuratowskiego (1896-1980), Karola Borsuka (1905-1982) i innych. Po kilkunastu latach (1959) został duchownym Kościoła Starokatolickiego Mariawitów.

Drugie spotkanie jest w mojej pamięci równie wyraźne. Było to 4-go kwietnia 1974 roku, finał XVII-tej Olimpiady Astronomicznej w chorzowskim Planetarium. Organizatorzy zaprosili Konrada, który wygłosił wtedy dla uczestników olimpiady krótką prelekcję. Zapamiętałem jedną tezę, którą z naciskiem przedstawił: „Zawodowy astronom powinien umieć i lubić skutecznie liczyć". Było to trafne, niezbędne uzupełnienie nieznanego mi wtedy jeszcze powiedzenia Tadeusza Banachiewicza (1882-1954): *Observo ergo sum* („Obserwuję, więc jestem") – czytelna parafraza sławnej sentencji Kartezjusza. Dla mnie natomiast – o czym wtedy jeszcze nie mogłem wiedzieć – były to słowa prorocze, jako że z czasem przeszedłem od astronomii i kosmologii do teorii liczb oraz jej historii.

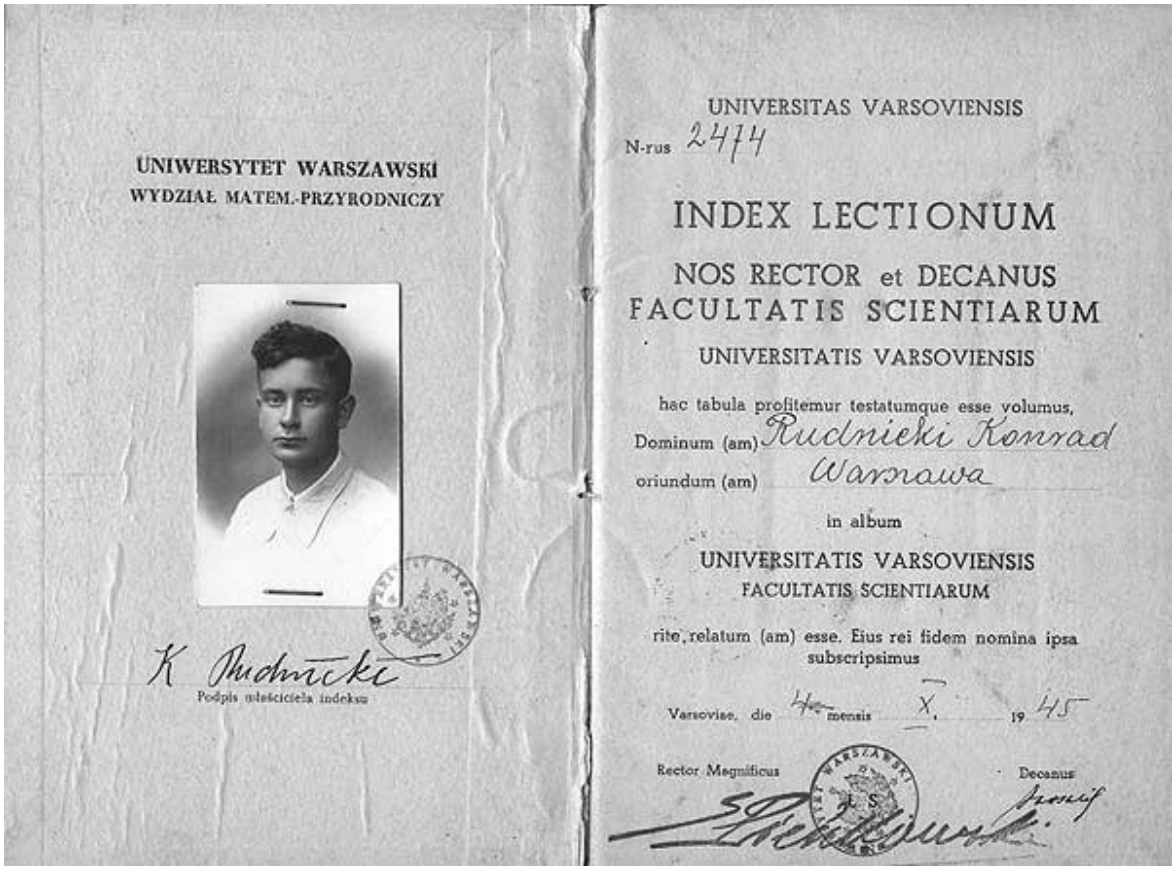
Potem, w zabytkowym budynku starego Obserwatorium przy ul. Kopernika 27, słuchałem jego wykładu z astronomii ogólnej i sferycznej na pierwszym roku studiów (1974/75) – wykładu, który wszyscy doceniliśmy szczególnie wtedy, gdy, wskutek planowego wyjazdu wykładowcy, zorganizowano zastępstwo. Wtedy dopiero,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

---

[3] Zachowała się relacja rodziny Weintraubów. W styczniu roku 1996 Konrad, oraz pośmiertnie jego matka, uzyskał za to tytuł „Sprawiedliwy wśród Narodów Świata" i medal Yad Vashem.

[4] Konrad Rudnicki, *Jak zostałem astronomem? (O studiach astronomicznych przed pół wiekiem)*, „Urania-Postępy Astronomii", nr 2/2003.

Zdjęcie opublikowane przez Konrada w „Uranii-Postępach Astronomii” z podpisem: „Konrad Rudnicki piastujący lwa na łonie. Rok 1936. W tym czasie opracowywał metodę pomiaru odległości Księżyca od Ziemi”.


UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ MATEM.-PRZYRODNICZY

K Rudnicki
Podpis właściciela indeksu

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS
N-rus 2414

INDEX LECTIONUM
NOS RECTOR et DECANUS
FACULTATIS SCIENTIARUM
UNIVERSITATIS VARSOVIENSIS

hac tabula profitemur testatumque esse volumus,
Dominum (am) Rudnicki Konrad
oriundum (am) Warszawa
in album
UNIVERSITATIS VARSOVIENSIS
FACULTATIS SCIENTIARUM
rite relatum (am) esse. Eius rei fidem nomina ipsa subscripsimus

Varsoviae, die 4 mensis X. 19 45

Rector Magnificus
Decanus

Konrad[5] był purystą językowym i zwracał uwagę na subtelności zupełnie niedostrzegane przez innych. W czasie wykładów podkreślał np., że nie należy mówić „teleskop zwierciadlany" lecz „zwierciadłowy", czyli posiadający zwierciadło (tzw. reflektor). Ta pierwsza nazwa sugeruje bowiem mylnie, że sam teleskop jest wykonany z materiału odbijającego światło.

Na początku lat osiemdziesiątych zdarzyło się, że jeden ze świeżo upieczonych krakowskich adeptów astronomii dostał roczny staż w USA – przypadek wówczas nieczęsty. Po powrocie zrobił z przywiezionego materiału ekspresowy i błyskotliwy doktorat. Jako ktoś, kto otarł się o wielką naukę patrzył z wyższością na lokalnych astronomów oraz snobował się na oryginalność: w rozmowie często wtrącał manierycznie, bez żadnej potrzeby, słowa angielskie i rozmaite irytujące *hesitating devices*. Na szczęście po paru miesiącach przeszło mu. Usłyszał wówczas od Konrada swoisty komplement: „Chciałbym zauważyć, że pan coraz lepiej mówi po polsku!".

Z kolei na seminarium Konrad pouczył początkującego kosmologa, który używał erudycyjnej terminologii i zamiast *rozszerzanie* i *kurczenie się* Wszechświata mówił *ekspansja* i *kontrakcja*. To jeszcze było w porządku, ale zwrot „Wszechświat kontraktuje" wywołał zdecydowaną reakcję Konrada, który z powagą wyjaśnił speszonemu prelegentowi, że kontraktować to można

[5] Wtedy, oczywiście, nie byłem z Nim „na ty" (ani nawet „na wy"). Zaproponował mi to ok. roku 1995. W całym tekście będę pisał po prostu Konrad.

zboże albo kartofle, natomiast – ze względu na łacińską formę *contraho* – należy powiedzieć „Wszechświat kontrahuje".

*

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

Pamiętam też jakąś nieformalną naukową dyskusję w małym gronie w kuchni „nowego" Obserwatorium Astronomicznego przy ul. Orlej 171 na Bielanach w Krakowie na początku lat osiemdziesiątych. Konrad, wtedy już profesor, uczestniczył w niej aktywnie, ale jednocześnie pracowicie oddzielał kawałek żółtego sera (towar wówczas rzadki i luksusowy) od oblepiającego go czerwonego wosku. Potem nieoczekiwanie zapytał, czy ktoś ma przy sobie kawałek sznurka. Podano mu jakąś nitkę, którą zgrabnie owinął tym woskiem robiąc maleńką świeczkę. Z powagą zapalił ją i z figlarnym uśmiechem zapytał (a dzień był wyjątkowo słoneczny): – Czy nie uważacie, że dyskusja przy świecy będzie bardziej nastrojowa?

Zniewalająco logiczna uwaga…

*

Zamieszczone na początku niniejszego tekstu zdjęcie przedstawia Konrada na konferencji z okazji jego 85-tych urodzin, zorganizowanej przez dr. Bogdana Wszołka 15 października 2011 roku w zabytkowym, liczącym ponad 200 lat budynku „starego" Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie przy ul. Kopernika 27. Fotografię tę, jak równie kilka innych zamieszczonych tu, wykonał prof. Adam Walanus, geofizyk z krakowskiej Akademii Górniczo-Hutniczej, a jednocześnie ceniony artysta fotograf[6].

Na wspomnianą sesję urodzinową przyjechała też specjalnie z USA z referatem[7] prof. Virginia Trimble, specjalizująca się w teorii ewolucji gwiazd i ga-

[6] Warto zajrzeć na jego stronę internetową: http://www.adamwalanus.pl/, a szczególnie do katalogu *wydarzenia*, gdzie można zobaczyć wiele znanych twarzy nauki, sztuki i polityki. Namówiłem prof. Walanusa, by pojawił się na konferencji Konrada „uzbrojony" w swój profesjonalny sprzęt fotograficzny. Podświadomie czułem, że będzie to dokumentacja historyczna. Pod datą 15 X 2011 w katalogu wydarzenia jest komplet zdjęć z tej konferencji.

[7] Tytuł referatu prof. Trimble (którego trafne przetłumaczenie przekracza moją znajomość angielskiego) brzmiał: *Nor yet the last to lay the old aside*. Jest to fragment zaczerpnięty z pracy Aleksandra Pope'a pt. *Essay on Criticism*.

laktyk, a także w historii astronomii. W czasie pobytu Konrada w Kalifornii w latach 60-tych była jego uczennicą. Jej mężem był Joseph Weber (1919-2000), niezmordowany poszukiwacz fal grawitacyjnych. Na pytanie organizatorów sesji, czy, wobec swych licznych obowiązków, zechce przylecieć ze Stanów na ten jeden dzień prof. Trimble odparła po prostu: „Przyjaciołom się nie odmawia".

Prof. Virginia Trimble. (*fot. A. Walanus*)

Szczególnie sympatyczne i oryginalne było zakończenie urodzinowej sesji. Syn Konrada, Dawid Sulej Rudnicki, wykonał na specjalnie przywiezionym klawesynie utwór ojca z roku 1940 pt. *Do Lusi* dedykowany, jak przypuszczam, jakiejś młodzieńczej sympatii Konrada oraz własną kompozycję z roku 2011 na klawesyn i flet pt. *Entropia*. Było to prawykonanie obydwu utworów[8].

[8] Zapis nutowy obydwu utworów zamieszczono w książce z referatami z konferencji: *Człowiek i Wszechświat*, Akademia Jana Długosza, Częstochowa 2012.

Dawid Sulej Rudnicki przy klawesynie. (*fot. A. Walanus*)

*

Przy nazwisku Konrada pod zdjęciem otwierającym niniejszy tekst świadomie pominąłem jego tytuły naukowe. Przypomniałem sobie bowiem epizod z roku 1982, kiedy to miałem wyjechać na dwuletni staż do Triestu w celu napisania tam doktoratu. Do tego potrzebne były dwie opinie samodzielnych pracowników naukowych. Jedną napisał mi ks. doc. Michał Heller, o drugą poprosiłem właśnie Konrada z OA UJ, gdzie wówczas byłem asystentem. Powiedział mi wtedy: „Niech pan sam napisze, a ja to podpiszę". Napisałem więc ważąc każde zdanie i starannie dbając o to, by nie przesadzić z autoreklamą, a potem pokazałem to Konradowi pytając nieśmiało, czy może być. Rzucił okiem i powiedział zdecydowanie: „Absolutnie nie". I odszedł.

Nie ukrywam, że zwyczajnie zgłupiałem. Jedynym wytłumaczeniem było, że, mimo wszystko, chyba jednak przesadziłem z autoreklamą. Z drugiej strony, zależało mi na tym zagranicznym stażu naukowym, więc trudno było napisać, że się nie nadaję.

Zupełnie nieoczekiwanego wyjaśnienia dostarczył mi starszy kolega, doktorant Konrada, Piotr Flin, obecnie emerytowany profesor Instytutu Fizyki Akademii Jana Kochanowskiego w Kielcach. „To ty nie wiedziałeś, że jemu nie należy pisać «doc. dr hab.»?". „Ale dlaczego? Przecież niejeden zakompleksiony naukowiec, któremu pominięto by tytuły naukowe wpadłby w złość!".

Jednak tu było inaczej. Wyjaśnienie okazało się wyjątkowo proste: „Kto nie wie, kim jest *Konrad Rudnicki* nie będzie też wiedział kim jest *doc. dr hab. Konrad Rudnicki*". Nie byłem przekonany taką logiką. Ale zaryzykowałem. Przepisałem starannie na maszynie swoją opinię (wtedy nikt jeszcze nie używał do edycji komputerów), pominąłem w podpisie tytuły i zaniosłem Konra-

dowi. „A, teraz w porządku”. Nie czytając podpisał. „Ale co mu szkodziło powiedzieć mi o tym od razu?” – pomyślałem w duchu.

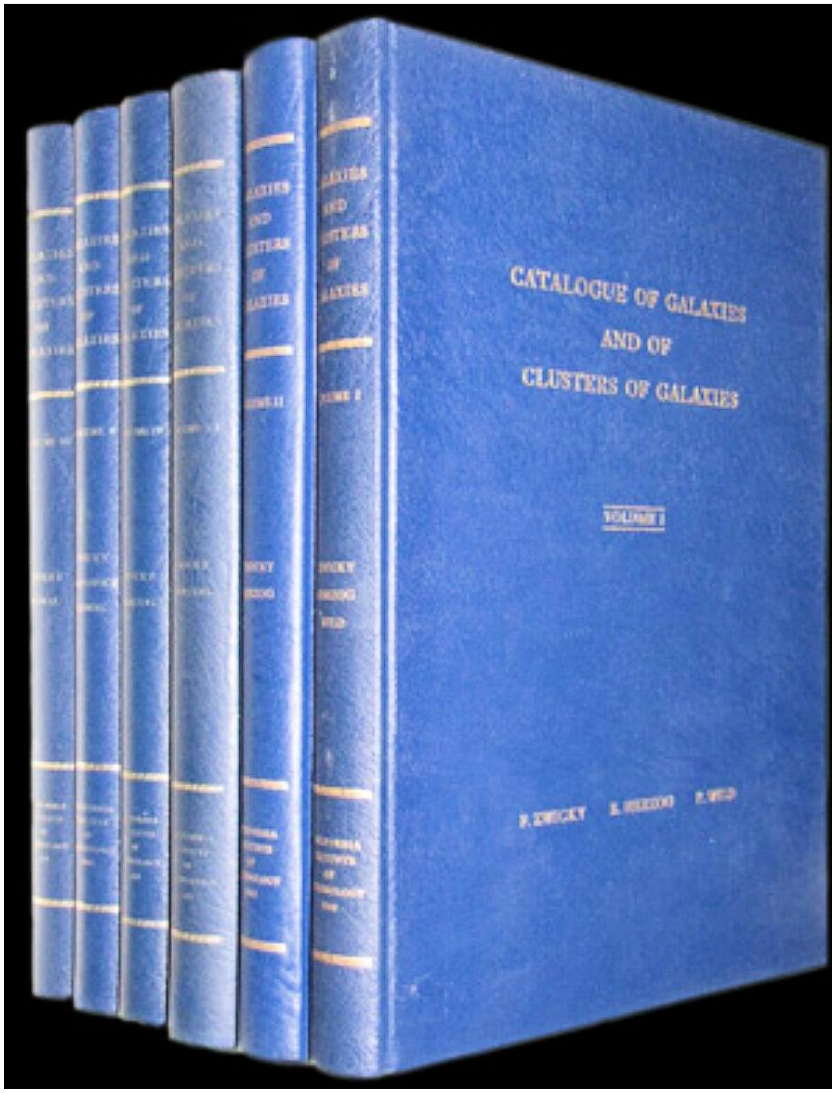
Anegdota ta pokazuje jedną z tych cech Konrada, której oczywiście nie widać w jego publikacjach: swoistą przekorę. Paradoksalnie jednak, cecha ta, choć ukryta, była jednak przydatna w jego podejściu do nauki, o czym opowiem w dalszym ciągu.

*

Współpracownikiem i naukowym mistrzem Konrada stał się amerykański astronom pochodzenia szwajcarsko-czeskiego, Fritz Zwicky (1898-1974), twórca kilku przełomowych koncepcji w astrofizyce i kosmologii, m. in. gwiazd neutronowych, a także odkrywca aż 120 gwiazd supernowych (rekord do dziś nie pobity!). W latach 30-tych, badając dynamikę galaktyk spiralnych, Zwicky doszedł do wniosku, że widoczna, czyli świecąca materia to stanowczo zbyt mało, aby prawidłowo wyjaśnić obserwowane orbity gwiazd; musi zatem istnieć materia niewidoczna, ale oddziałująca grawitacyjnie. Idea ta, tzw. „ciemnej materii” jest obecnie istotnym elementem każdego modelu Wszechświata, chociaż fizyczna jej istota do dziś pozostaje zagadką. Zwicky jest także autorem fundamentalnego, sześciotomowego katalogu galaktyk i gromad galaktyk wydawanego w latach 1961-1968.

Fritz Zwicky, mentor i współpracownik Konrada Rudnickiego,
ur. 14 lutego 1898 w Warnie, zm. 8 lutego 1974 w Pasadenie, USA.

Po raz pierwszy Konrad spotkał Zwicky’ego podczas pobytu w Pasadenie w Kalifornii w roku 1961 i od razu znalazł z nim wspólny język. Połączyła ich koncepcja filozofii wielkiego niemieckiego poety Johanna Wolfganga Goethego (1749-1832) oraz metodologia tzw. „skrzynki morfologicznej” wymyślonej przez Zwicky’ego. Kwestii tych nie podejmę tutaj, bo – jako filozoficzny dyslektyk – nie znam się na nich, a także, nie ukrywam, nie do końca się z nimi zgadzam.



Monumentalny sześciotomowy *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies* opublikowany w latach 1961-68 przez Fritza Zwicky'ego i jego współpracowników: F. Herzoga i P. Wilda. Zawiera 31,350 galaktyk oraz 9,700 gromad galaktyk zarejestrowanych na płytach fotograficznych wykonanych w Palomar Observatory. Wprowadzony w tym katalogu system klasyfikacji gromad galaktyk jest wciąż używany, a sam katalog jest nadal uzupełniany (ostatnio w roku 2001, jako *The Updated Zwicky Catalog of Galaxies*).

Kierując się sugestią Zwicky'ego Konrad wybrał na niebie niewielki obszar szczególnie bogaty w galaktyki. Potem, z pomocą zasłużonego teleskopu systemu Schmidta z Obserwatorium Mount Palomar wykonano serię zdjęć tego obszaru z użyciem filtrów o trzech barwach: niebieskiej, żółtej i czerwonej. W owym czasie był to rekord świata, jeśli chodzi o głębokość przeglądu nieba: sięgnięto w nim tak daleko w głąb Wszechświata, jak tylko było to przy ówczesnej technice możliwe. Drewniana skrzynka z cennymi zdjęciami na szklanych płytach dodarła do Krakowa, gdzie rozpoczęło się żmudne opracowanie. Pamiętam kartkę naklejoną na ową skrzynkę z napisem: „Instrukcja dla Pana Celnika". Były to czasy żelaznej kurtyny, istniała obawa, że podejrzliwi celnicy zaczną grzebać w szklanych kliszach w poszukiwaniu materiałów wywrotowych i uszkodzą cenny materiał.

Wspomniany w tekście teleskop systemu Schmidta, uruchomiony w roku 1936, obecnie już nie używany. Przy okularze „szukacza" teleskopu sławny amerykański astronom Edwin P. Hubble (1889-1953) z nieodłączną fajką, odkrywca rozszerzania się Wszechświata (1929). Jego imię nosi teleskop wyniesiony na orbitę przez NASA.

Wkrótce potem założono czasopismo, jedyne w świecie poświęcone wyłącznie kosmologii, „Acta Cosmologica". Jego pierwszy numer zawierał katalog 15650 galaktyk ze wspomnianego obszaru nieba, nazwanego przez krakowskich astronomów „Polem Jagiellońskim". Pod taką też nazwą katalog ten wszedł do światowej literatury naukowej. W oparciu o ten cenny materiał obserwacyjny powstało kilka wartościowych publikacji naukowych cytowanych przez wybitnych znawców problemu gromadzenia się galaktyk.

Ks. prof. Michał Heller opowiadał mi po latach, że któryś z ówczesnych urzędników postawił kuriozalny warunek „patriotyczny": będzie zgoda na założenie nowego periodyku, ale ma to być czasopismo polskojęzyczne. Współpracownik Konrada, matematyk prof. Andrzej Zięba, z trudem wytłumaczył owemu urzędnikowi, że wtedy międzynarodowy zasięg czasopisma będzie znikomy. Tamten ustąpił[9].

[9] Przy okazji gorzka uwaga. Po kilkunastu latach od wydania pierwszego numeru „Acta Cosmologica" zawieszono (czytaj: zlikwidowano). W nowej rzeczywistości nauki rynkowej nie opłacało się tam pisać, bo czasopismo, nie będąc na żadnej liście, nie dawało autorom punktów do rozliczeń. Fakt, że miało chlubną

Halton Arp
ur. 21 marca 1927 w Nowym Jorku, zm. 28 grudnia 2013 w Monachium.

Inną pokrewną naukowo, przekorną duszą był dla Konrada amerykański astronom Halton Arp (1927-2013). (Arp był kilka miesięcy młodszy od Konrada, a zmarł miesiąc po nim.) Uczony ten dał się mocno we znaki współczesnym kosmologom, często skłonnym do samozadowolenia z własnych koncepcji[10]. Arp metodycznie i niezmordowanie, wręcz obsesyjnie kompletował przykłady galaktyk, których cechy stoją w jawnej sprzeczności z tzw. standardowym modelem kosmologicznym. Wydał też własny katalog zawierający 338 takich osobliwych obiektów (*Atlas of Peculiar Galaxies*, Caltech, 1966). Są tam np. pary galaktyk, z których jedna ma tzw. przesunięcie ku czerwieni[11] względnie małe, a druga – duże. Zatem, zgodnie ze wspomnianym modelem standardowym, ta pierwsza powinna być stosunkowo blisko, a druga – daleko. Ale obie te galaktyki łączy wyraźne pasmo materii sugerujące, że są one jakoś powiązane. Arp nie wierzył także w kosmologiczne pochodzenie kwazarów – do końca życia uważał, inaczej niż większość kosmologów, że są to obiekty względnie bliskie, powstałe wskutek wybuchów w jądrach galaktyk.

---

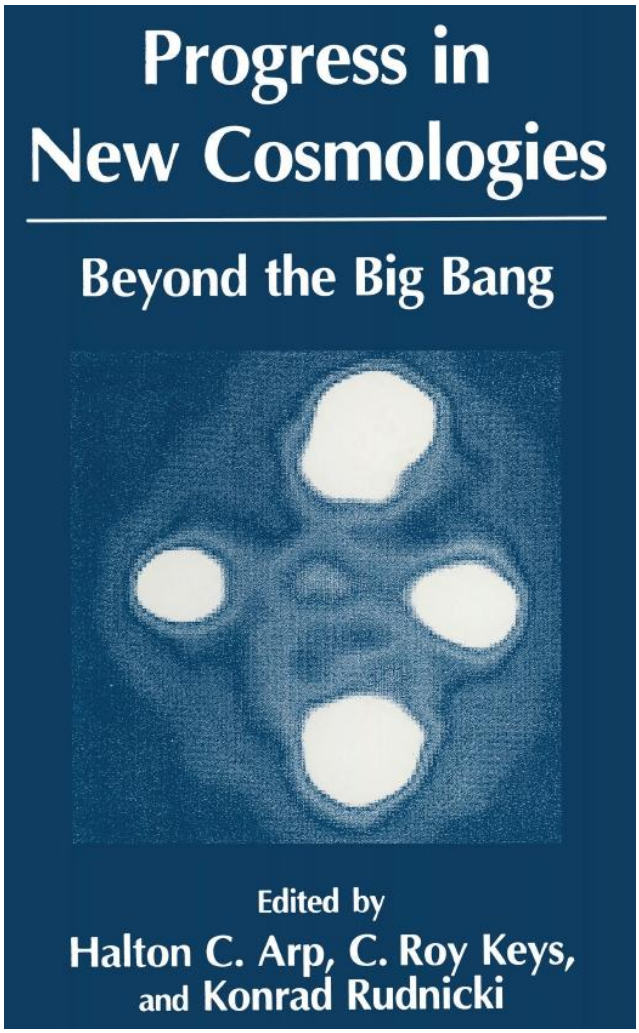
tradycję i ustaloną w świecie renomę nie grał roli. Urzędnicza mania rankingów i pogoń za punktami zwyciężyła.

[10] Znany z ciętego języka wybitny rosyjski fizyk Lew D. Landau (1908-1968) zwykł mawiać: „Kosmologowie często się mylą, ale nigdy nie mają wątpliwości”.

[11] Jest to obiektywna miara prędkości, z jaką dana galaktyka oddala się od obserwatora na Ziemi. Standardowy model kosmologiczny z a k ł a d a , że im większa prędkość oddalania się, tym dalej ta galaktyka się znajduje. Większość współczesnych kosmologów przyjmuje to założenie, ale istnieje też niewielka grupa naukowych „dysydentów”, którzy szukają alternatywnych wyjaśnień poczerwienienia światła galaktyk i kwazarów.

Metodyczny upór Arpa w zakłócaniu kosmologom ich dobrego samopoczucia sprawił, że w końcu przestano mu przyjmować prace do druku, nie dostawał też czasu obserwacyjnego na teleskopach. Co dziwne, sławny teleskop orbitalny Hubble'a do dzisiaj nie przebadał wszystkich z niewygodnych przykładów z katalogu Arpa… Nie sugeruję, że to celowa zmowa, ale jednak coś zastanawiającego. Halton Arp był współorganizatorem kolejnej z serii Krakowskich Szkół Kosmologicznych, która odbyła się w roku 1994, tym razem w Łodzi; razem z Konradem został edytorem pokonferencyjnego tomu referatów pt. *Cosmologies beyond the Big Bang*.

Trzecim cenionym przez Konrada uczonym o przekornych, nieortodoksyjnych poglądach był hinduski astrofizyk Jayant V. Narlikar (ur. 1938). Po raz ostatni spotkali się w czasie pobytu Narlikara w Polsce na jego referacie pt. *The Case for an Alternative Cosmology*. Było to na posiedzeniu Międzywydziałowej Komisji Astrofizyki Polskiej Akademii Umiejętności w Krakowie w Małej Auli PAU w dniu 1 czerwca 2012 r., tj. na półtora roku przed śmiercią Konrada.



Strona tytułowa tomu referatów wygłoszonych na łódzkiej Szkole kosmologicznej. Książka dedykowana jest Fritzowi Zwicky'emu. Wstępny referat przeglądowy przedstawił Halton Arp. Konrad wygłosił referat o zasadach kosmologicznych, a jego doktorant dr Bogdan Wszołek mówił o materii w pustkach międzygalaktycznych.

Konrad dyskutujący z Narlikarem, 1 VI 2012. (*fot. A. Walanus*)

W krakowskim Obserwatorium Konrad pojawił w roku 1968, po przeniesieniu się z Warszawy. Objął wtedy Katedrę Astronomii Obserwacyjnej OA UJ po prof. Eugeniuszu Rybce (1898-1988), który przeszedł na emeryturę. Sprowadził wówczas do Krakowa matematyka prof. Andrzeja Ziębę (1929-1986), zdolnego ucznia wrocławskiego matematyka Hugona Steinhausa (1887-1972). Wtedy też w Obserwatorium zaczął bywać ks. Michał Heller (ur. 1936), już wtedy dość znany ze swoich głębokich książek. Rozpoczęło działalność Konwersatorium Astronomii Pozagalaktycznej, o którym więcej poniżej.

Ale kolejne lata były dla Obserwatorium okresem burzliwym, który do dzisiaj wywołuje emocje. Nastąpiło dramatyczne zwolnienie czterech pracowników, astronomów o ustalonej renomie, nazwane potem dyplomatycznie „reorganizacją". Jeden z tych zwolnionych użył w „Postępach Astronomii" zwrotu „tak zwana reorganizacja" i te dwa niepozorne słowa „tak zwana" wywołały potem ostre protesty…

Nie chcę wchodzić w te sprawy. Składają się one na najnowszą i niewątpliwie trudną historię nauki – trudną, bo chyba niemożliwą do definitywnego opisania, które zadowoliłoby wszystkich. Każda ze stron, które brały udział w tych wydarzeniach przedstawia inną ich wersję, a pewne z tych wersji są wzajemnie sprzeczne. Przyglądałem się tym wydarzeniom jako student, z dystansu, oczywiście bez żadnego zaangażowania. Ważniejsze były wtedy kwestie terminowego zdawania egzaminów, niż to, kto kogo nie lubi, zwalnia

z pracy, albo jaką ma wizję uprawiania nauki i co w niej uważa za ważne, a co widzi jako zaściankowe.

Nie dostrzegłem szczególnego zaangażowania Konrada w te konfliktowe kwestie. (Jeśli było, to zupełnie niezauważalne[12].) Miał wtedy swoje priorytety. Jednym z nich było Konwersatorium Astronomii Pozagalaktycznej, które zorganizował i które odbywało się w piątki w południe, na przemian z regularnymi zebraniami naukowo-organizacyjnymi Obserwatorium. Pierwsze posiedzenie Konwersatorium odbyło się 7 listopada 1969 r., a do połowy roku 1979 odbyło się ich 267. Zgromadziło rzeszę prelegentów, wśród nich znanego astrofizyka z Moskwy, Jakowa B. Zeldowicza (1914-1987) oraz Stanisława Lema (1921-2006), na którego referat przyszło ponad stu słuchaczy.

W związku z Konwersatorium byłem świadkiem jedynego przypadku, kiedy Konrada poniosły nerwy. Było to przed stanem wojennym w czasie wpływów Solidarności. W sali posiedzeń Obserwatorium odbywało się nieformalne zebranie w sprawie wędlin przejętych przez związkowców, a przeznaczonych do podziału przez pracowników UJ, jak też używanej odzieży z Zachodu, która przyjechała w paczkach. Dziś trudno to pojąć, ale wtedy emocji z udziałem pracowników, zarówno naukowych, jak i technicznych, było wiele. W ferworze dyskusji nie zauważono, że minęła godz. 12^{15} – pora rozpoczęcia piątkowego Konwersatorium.

Siedziałem obok Konrada i z niepokojem obserwowałem zmiany na jego twarzy: był coraz bardziej czerwony. Po kilku minutach niespodziewanie zerwał się i wrzasnął na zebranych: „Kiedy wreszcie skończy się to skandaliczne zachowanie?!”.

Wrażenie było piorunujące. Czy to na pewno ten sam, zawsze spokojny i uśmiechnięty Konrad? Dyrektor OA, prof. Józef Masłowski zaczął gorliwie zapewniać: „Już, już, natychmiast kończymy”. Towarzystwo rozpierzchło się w mgnieniu oka. Konwersatorium rozpoczęło się, ale niewiele pamiętam z jego przebiegu. Jednak wszyscy zrozumieli jedno: godzina rozpoczęcia Konwersatorium jest święta i nic nie może być wtedy ważniejsze, a już na pewno nie przyziemne kiełbasy czy używane ciuchy. Ale był to jedyny przypadek jawnego zdenerwowania Konrada. Zwykle kontrolował emocje.

Jesienią roku 1979 zostałem stażystą w krakowskim Obserwatorium mieszczącym się od maja 1964 r. w tzw. Forcie Skała, na zachodnich peryferiach miasta. Wtedy to dwu moich kolegów będących na piątym roku studiów zdenerwowało czymś Konrada. (Jeden z nich, obecnie dyrektor znanej placówki naukowej, bezwiednie i bez zażenowania nadużywał w mowie słowa, które po łacinie oznacza krzywiznę, a po włosku zakręt.) Konrad udał się wtedy do wicedyrektora OA do spraw dydaktycznych, dra Macieja Winiarskiego (1939-2015), i spokojnie oświadczył, że dla tych dwóch nie będzie prowadził seminarium. Znany z cierpliwości oraz życzliwości dla studentów dr Winiar-

[12] Na sesji naukowej ku czci prof. Andrzeja Zięby zorganizowanej w OA UJ jesienią w roku 2002 Konrad otwarcie i uczciwie przyznał, że jednak miał swój znaczący udział w owej „reorganizacji”.

ski, widząc, że Konrad nie ustąpi, a krnąbrni koledzy nie są skłonni do złożenia przeprosin, zwrócił się do mnie, bym poprowadził dla nich to seminarium. Oczywiście wyraziłem zgodę – po upewnieniu się, że Konrad zaaprobuje takie rozwiązanie.

*

I kolejny odosobniony przypadek, kiedy to Konrad pokazał swój upór. Przekonany o swej racji, wręcz zaciął się i nie ustąpił. Było to ok. roku 1990. Poszło o oprowadzanie wycieczek w OA UJ. Był to sympatyczny obowiązek, swoisty dług spłacany wobec podatników. Ja w każdym razie lubiłem to, bo dawało sporo satysfakcji, a nie było uciążliwe. Raz na parę tygodni pojawiał się autobus z chmarą szkolnych dzieciaków, którym trzeba było pokazać teleskopy optyczne i radioteleskopy, oprowadzić po terenie i odpowiedzieć na parę naiwnych, ale szczerych pytań, np. „Czy pan już był na Księżycu?".

Ale jeden z czołowych astrofizyków OA (skądinąd postrach studentów astronomii) stanowczo odmówił oprowadzania wycieczek. Po konsultacji z prawnikami sformułował formalne zarzuty typu: „A jeśli ktoś wpadnie do fosy, to kto za to odpowie?" (Na terenie krakowskiego Obserwatorium znajduje się stary poaustriacki fort z głęboką, ale suchą fosą, adaptowany m. in. na warsztat i magazyny. Kiedyś na jego szczycie stała austriacka armata pod pancerną kopułą; dziś, także pod kopułą, stoi tam zabytkowa luneta – astrograf.)

Podejrzewam, że wspomniany astrofizyk po prostu nie bardzo wiedział, jak otworzyć kopułę, uruchomić teleskop, a jego teoretyczna godność obcująca na co dzień z równaniami Einsteina nie pozwalała mu zniżyć się do tak przyziemnych spraw, jak obracanie kopułą czy identyfikacja obiektów w atlasie i skuteczne szukanie ich potem na niebie.

Czując, że na specjalnie zwołanym nadzwyczajnym zebraniu w spornej kwestii wycieczek może dojść do gorszącej awantury, celowo spóźniłem się w tym dniu do pracy i ukryłem w jakimś kącie. Ale Konrad jakoś wypatrzył mnie i nakazał: „Niechże pan tam szybko idzie, bo już się zaczynają kłócić". Nie było rady. Rozkaz dyrekcji nie podlegał dyskusji. Na szczęście sprawa powoli ucichła, do fosy nikt nie wleciał, wycieczki przetrwały, a sprytnym teoretykom udawało się jakoś od nich skutecznie wymigiwać.

*

Jesienią 2007 roku, w niedzielę 11 listopada, Konrad doznał rozległego zawału serca. Pomimo cierpień i realnego zagrożenia życia prosił mnie, przez swego współpracownika dr. Bogdana Wszołka, by usprawiedliwić jego nieobecność na Radach Naukowych Instytutu Historii Nauki PAN oraz na posiedzeniach Komitetu Historii Nauki i Techniki PAN.

Wkrótce jednak wrócił do swych licznych obowiązków. Metodyczny i pracowity nie uważał wcale, że słabnące siły są dostatecznym powodem, by chociaż trochę zredukować częste wyjazdy, spotkania, wykłady. (Ostatni swój wykład wygłosił niespełna tydzień przez śmiercią.) Spotykałem go też regu-

larnie na posiedzeniach Rady Naukowej IHN PAN w Warszawie w Pałacu Staszica. Do sali obrad przychodził zwykle jako pierwszy. Referował sprawy m. in. przewodów doktorskich, komentował też trafnie rozmaite problemy. A kiedy zarządzano krótką przerwę na obliczenie wyników głosowania sporządzał swoje charakterystyczne miniaturowe rysunki, których na ogół nie zabierał. Jeden z nich, wykonany w roku Jego śmierci, zachowałem na pamiątkę.

Konrad przygotował referat na doroczną konferencję *Filozofia kosmologii. Wokół myśli Michała Hellera*, który zamierzał wygłosić 6 grudnia 2013 r. Tytuł tego referatu brzmiał: *Istota kosmologii w zaskakującym ujęciu książki Michała Hellera „Filozofia kosmologii”*. Bardzo mu zależało na jego wygłoszeniu. Był dość zirytowany bałaganem informacyjnym organizatorów konferencji. W maju 2013 roku przysłał mi maila:

Krzysztofie,

Uprzejmie Cię zawiadamiam, że dowiedziałem się wreszcie,
że konferencja hellerowska odbędzie sie w dniach 6-7
grudnia b.r. Nie wiem jeszcze gdzie (w jakiej miejscowości)
i po co (co ma być jej celem), ani czy organizuje ją
jakaś instytucja, czy osoba prywatna. Będę prosił oczywiście
o dalsze informacje. Jeśli Cię to też interesuje to dowiaduj
się sam. Będzie prościej i szybciej.

Pozdrawiam
Konrad

13 V 2013 19:49

Referatu tego już nie przedstawił. Zamiast niego wygłoszono krótkie wspomnienie, które przygotował uczeń i jeden z pierwszych doktorantów Konrada – prof. Piotr Flin[13].

W streszczeniu referatu, które wydrukowano w materiałach konferencyjnych Konrad sformułował kilka zdań nieco krytycznych wobec poglądów

[13] Warto dodać, że planetoida o numerze 296987, odkryta 11 marca 2011 r. w obserwatorium Andrushivka na Ukrainie, otrzymała nazwę od imienia i nazwiska Piotra Flina. Planetoida ta obiega Słońce w odległościach od 2.5 do 3.9 jednostki astronomicznej. Jej jasność jest na tyle mała, że dostępna jest tylko dla dużych teleskopów. Dotychczas obserwowano ją zaledwie 113 razy. Jej okres obiegu wokół Słońca wynosi ok. 6 lat.

z książki Hellera. Napisał też, że „pragnie na konferencji wypowiedzieć kilka podejrzeń". Nie wypowiedział ich. Zabrakło mu trzech tygodni.

*

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

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

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

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

*

W latach 80-tych i 90-tych bibliotekę Obserwatorium prowadził ceniony tłumacz książek popularnonaukowych, Marek Krośniak. Dla ewidencji korzystających z biblioteki wyłożył w czytelni wielki zeszyt wraz z prośbą o podpisy odwiedzających, „z których zwolnieni są tylko niepiśmienni". Przychodzący wpisywali się lub nie, ale Konrad nigdy nie zaniedbał tego. Co ciekawe, każdy jego podpis był uczyniony innym charakterem pisma, jakby podpisywały się różne osoby. Któregoś dnia podpisał się przekornie jako „Kąrad", z charakterystycznym „K", często dłuższym niż cała reszta imienia.

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

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

Pamiętam też rozmowę sprzed kilku lat w Warszawie, w pokoju nr 4 – małej klitce w Pałacu Staszica użytkowanej przez kilkanaście osób oraz dwie albo trzy redakcje wydawanych przez nasz Instytut periodyków. Do rozpoczęcia obrad Rady Naukowej było jeszcze sporo czasu. Prócz żony Konrada, Teresy, była tam jeszcze, zmarła przedwcześnie, dr hab. Grażyna Rosińska (1937-2013). Konrad wspominał jeden ze swych pobytów w USA w latach sześćdziesiątych. Wtedy to, w rozmowie z miejscowymi naukowcami, podczas posiłku poprosił, by mu podano czajnik. Zapomniał jednak angielskiego słowa *kettle* i odruchowo powiedział po polsku: „czajnik". Zdziwieni amerykańscy koledzy zapytali wtedy, czy nie ma on jakichś koneksji żydowskich. – Dlaczego? – zdziwił się. – Przecież ty mówisz w jidysz. Użyłeś wyraźnie słowa z tego języka: „czajnik".

Epizod, który wspominam najcieplej wiąże się ze zwariowanym, aperiodycznym zjawiskiem naukowo-satyrycznym znanym jako czasopismo „Acta Brutusica"[14], które, wraz z kolegą Markiem Gierlińskim wydawałem spontanicznie w latach 1992-96. Krajowi astronomowie wiedzą, co to takiego; pozostałym nie będę tłumaczył, gdyż trwałoby to zbyt długo. „Acta" czytali wszyscy: studenci, portierzy, pracownicy naukowi; widziano je nawet na biurku ówczesnego rektora UJ, prof. Andrzeja Pelczara (1937-2010). Otóż po wydaniu pierwszego numeru naszego pisma Konrad przyniósł nam kilka swoich świetnych, dowcipnych tekstów literackich sprzed lat, wierszem i prozą (poniżej przytaczam trzy z jego wierszy). Z jego inicjatywy kilku krakowskich astronomów wzięło udział w konkursie na wesołe, miniaturowe wiersze jego pomysłu, które nazwał „wierszami znikowymi". Te nietypowe dawki humoru wśród poważnej naukowej rzeczywistości cenili wszyscy. Co ciekawe, w czasie konferencji z okazji 50-lecia istnienia „nowego" Obserwatorium krakowskiego na Forcie Skała, w maju 2014 roku zorganizowano wystawę wydawnictw OA UJ. Zauważyłem z satysfakcją, że obok poważnego „Acta Cosmologica" leży tam też skrajnie niepoważne „Acta Brutusica"…

[14] Tytuł czasopisma nawiązywał do imienia inteligentnej czarnej kotki o paradoksalnym imieniu Brutus (1982-1997), która skutecznie uratowała Obserwatorium od uciążliwej plagi myszy. Wraz z kolegą mianowaliśmy ją redaktorem naczelnym czasopisma, a sami zostaliśmy jej zastępcami…

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

*

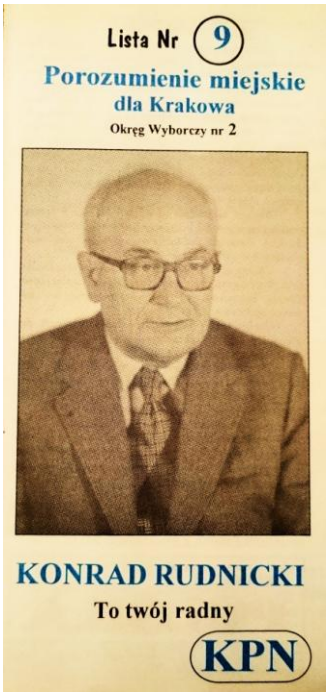
Konrad prawie nigdy nie nawiązywał do swej partyzanckiej przeszłości w Gwardii Ludowej (zima 1943/44 – luty 1945). Rzadko też mówił o swej rodzinie. Dopiero gdy w roku 1980 zmarła jego matka otworzył się bardziej. Przypomniał, że w roku 1906 była współuczestniczką zamachu na carskiego gubernatora Warszawy, znanego z okrucieństwa wobec Polaków Gieorgija Antonowicza Skałona (1847-1914), że miała do czynienia z materiałami wybuchowymi, a wnuki czasem pytały ją: „Babciu, opowiedz jak się robi bomby”. Jednym słowem, była… terrorystką. Warto dodać, że wspomniany zamach nie udał się w tym sensie, że Skałon wyszedł z niego bez szwanku; niemniej incydent ten dał do myślenia zaborcy, bo represje „nieco” zelżały – zaprzestano wydawania kary śmierci bez wyroku sądu.

Raz jeden tylko Konrad opowiedział mi o epizodzie z czasów partyzanckich. Nie pamiętam szczegółów, ale sens był następujący. Otóż pod koniec wojny, w miasteczku gdzie stacjonował mały oddział partyzancki, dowództwo wydało stanowczy rozkaz, by nie wszczynać potyczek z Niemcami, bo i tak zbliża się front rosyjski, a Niemcy są mimo wszystko na tyle silni, że ich odwet na ludności cywilnej mógłby być dotkliwy. Mimo to jeden z partyzantów wdał się w awanturę i zabił Niemca. Spodziewano się więc brutalnego odwetu. Wobec tak jawnego złamania rozkazu nieszczęsny partyzant został przez sąd polowy skazany na śmierć.

Konrad przy teleskopie
w krakowskim OA UJ,
około 1995 roku.

Konrad przy pianinie pół roku przed śmiercią,
5 III 2013 r.

Tymczasem miejscowa ludność, dowiedziawszy się o tym incydencie zaczęła wiwatować na cześć dzielnego partyzanta; co więcej, spontanicznie przepędziła Niemców z miasteczka i wyręczyła Rosjan wyzwalając je. Dowództwo miało więc nie lada dylemat. Po krótkiej naradzie zapadł salomonowy werdykt: Zamiast rozstrzelania – odznaczenie.



Konrad był zwykle neutralny politycznie i bardzo tolerancyjny dla odmiennych poglądów. Ale raz jeden dał się namówić swemu współpracownikowi z krakowskiego Obserwatorium, dr. Włodzimierzowi Godłowskiemu, i w roku 1990 wystartował, bez powodzenia, w wyborach samorządowych z listy partii KPN.

Konrad w swoim mundurze z czasów wojny

*

Pogrzeb Konrada 19 listopada 2013 r. na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie zgromadził tłumy Jego przyjaciół i uczniów. Wygłoszono kilka przemówień w imieniu różnych środowisk, m. in. Kościoła Starokatolickiego Mariawitów RP, Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego, Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Przyjaciel, doktorant i bliski współpracownik Konrada, dr Bogdan Wszołek, oddał swemu mistrzowi hołd odczytując swój spontanicznie napisany wiersz: „Nic nie wzrusza nieba bardziej, jak śmierć astronoma”.

Miejsce, gdzie 19-go listopada 2013 r. złożono urnę z prochami Konrada: krakowski Cmentarz Rakowicki, kwatera LXV, rząd 8, grób 37. W centrum hierarchowie Kościoła Mariawitów, z prawej syn i synowa Konrada. (*zdjęcie autora*)

***

Fragmenty wierszy Konrada Rudnickiego

(pisanych zapewne w latach 60-tych, zamieszczone w czasopiśmie naukowo-satyrycznym „Acta Brutusica", wyd. K. Maślanka i M Gierliński, w roku 1993)

Słowo wstępne autora wierszy: Publikujemy tu wiersze pisane w ciągu różnych okresów życia jednego z naszych zasłużonych kolegów. Starsi krakowscy astronomowie pamiętają go jeszcze, gdy przez długie lata pracował w Obserwatorium Astronomicznym UJ i gdy później nadal był tam zatrudniony już nie pracując. Mało kto wiedział jednak, że jego prawdziwą pasją była nie astronomia, lecz poezja. Zapisem wyrażonym w testamencie zezwolił na opublikowanie tych wierszy w „Acta Brutusica", jednak zastrzegł sobie przez skromność ich anonimowość. Gdy po upływie 25 lat będzie nam wolno wyjawić imię i nazwisko autora, wiersze te staną się znakomitym przyczynkiem do historii jego życia. Pisane od wczesnej młodości po sędziwą starość będą stanowić pierwszorzędny materiał dla przyszłego biografa, oddając to, czego nie sposób wyczytać w jego pracach naukowych, a mianowicie głębię jego przeżyć wewnętrznych. Nie da się ściśle ustalić dat powstania poszczególnych

wierszy, czasem datują je, niezbyt zresztą dokładnie, takie zwroty jak „znaczek za 60 groszy" lub „spódnica maksi". Istotne jest wszakże to, że składają się te wiersze w zwarty opis biegu jego, jakże bogatego uczuciowo życia.

Kaktus i serce

Z kaktusem małym przyszłaś w dłoni
Rzekłaś, że Kiciuś zdradził cię
Ale nie myślisz płakać po nim
Chcesz u mnie być, chcesz kochać mnie

Na oknie kaktus postawiłaś
Ach, jak słonecznie było nam
Gdy mi szczebiocąc tłumaczyłaś
Że się nim opiekować mam

W toniach miłości zanurzeni
Płynęliśmy i ja, i ty
A serca rytmem zjednoczeni
Kaktusik podlewaliśmy

Lecz między nas się Cipciuś dostał
Rzuciłaś mnie, odeszłaś z nim[1]
Na oknie kaktus sam pozostał
I żal pozostał w sercu mym

Podlewam kaktus wciąż bez słowa
Spełniając polecenie twe
A każda kolka kaktusowa
To igła wbita w serce me

Za oknem pachnie magnoliami
W powietrzu melancholią czuć
Podlewam kaktus swymi łzami
Eluchno, wróć!

Pieśń o gałęzi

Chcę się powiesić na gałęzi
Lecz nie na suchej – na zielonej
I żeby było wkoło złociście
I listki słońcem barwione
I żeby wróbelek śpiewał
I wietrzyk żeby powiewał
(nie taki duży, lecz mały)
I żeby sikorki skakały…

Żeby skakały sikorki
I różne inne ptaszynki
A pod gałęzią, na dole
Żeby chodziły dziewczynki
W różnobarwnych spódniczkach[2]
W kratkę lub w kwiatki całych
Żeby im było smutno
I żeby bardzo płakały
Że się powiesił Konradek…

Miłość w podróży

Z czarnymi włosami, z oczami jak gwiazdy
siedziałaś a pociąg wciąż pędził po szynach
Siedziałem naprzeciw i cicho patrzyłem
na ciebie, urocza, na ciebie, jedyna

Coś chciałem powiedzieć, lecz brakło odwagi
i chciałem całować, lecz… ludzie w przedziale
Więc tylko patrzyłem na ciebie szeroko
a pociąg przed siebie biegł dalej i dalej

I rytm kół po szynach i rytm mego serca
i wiosna za oknem słoneczna, wspaniała
I chciałem tak jechać wciąż dalej, bez kresu
byś tylko naprzeciw, urocza, siedziała

A potem wysiadłaś, więc – i ja wysiadłem
nie pomny gdzie jadę, nie wiedząc co czynię
I szedłem za tobą przez peron i dworzec
by wciąż być przy tobie, uroczej dziewczynie

I szliśmy śródmieściem wśród domów wysokich
wśród wystaw sklepowych, trawników zielonych
A potem skręciłaś w przedmiejskie ogrody
a ja wciąż za tobą, miłością szalony

A kiedy zniknęłaś za furtką ogrodu
samotny ulicą na dworzec wracałem
Na pociąg następny czekałem sześć godzin
i patrząc przez okno znów dalej jechałem…

Rozmyślania w noc bezsenną

Antoni jest bardzo mądry, a ja nie…
Antoni ma dobrze w głowie, a ja źle…
Antoni się zna na logice,

[1] Żona zaraz po ślubie.

[2] Wyjątkowo Lusia Załuska może być w spodniach; jest w nich wystarczająco ponętna.

Antoniego drukują w Ameryce, a mnie nie…
Antoni prowadzi ćwiczenia,
Antoni ma coś do powiedzenia, a ja nie…
Antoniego kocha Hania,
a nie mnie…
To rzecz widoczna jak na dłoni
……..
Czyż mam być gorszy niż Antoni?

Nie! Aby zdziałać mu na szkodę
Zapuszczę
…sobie
…brodę!

I doda mi ta broda urody
I będę bardzo mądry – od tej brody
I dadzą mi prowadzić ćwiczenia
I będę miał coś do powiedzenia
I zorientuję się w logice
I wydrukują mnie w Ameryce
I zaraz wszyscy będą innego zdania
……..
I kochać mnie będzie Hania!!

Zresztą, cóż to obchodzi mnie
Gdy będę miał brodę
Długą brodę!
Wspaniałą brodę!
Kręconą brodę!
Patriarchalną brodę!
Półmetrową brodę!
FANTASTYCZNĄ BRODĘ!!
…a Antoni – nie!!!

Oleńce

Izdebkę dostałaś dla siebie
Hen blisko chmur, aż gdzieś pod niebem
I często biegłem tam do ciebie
Na pięter się drapałem siedem[3]

Izdebka była czysta, miła
Słońce świeciło przez okienka
Zboku kanapka miękka była
Oraz czarowna twa kuchenka

I śliczne były wspólne chwile
Twoje blond włosy, twoje usta
Z kuchenki tak pachniały mile
Kartofle, pieczeń i kapusta…

Kochałaś mnie jestestwem całym
Me życie być przestało puste
I brałem tyle, ile chciałem
Wchłaniałem miłość i kapustę…

I kiedy czasem śmy wracali
Późno z koncertu lub z teatru
I mokli w deszczu, lub słuchali
Śmy szumu jesiennego wiatru

Jak do cichego szliśmy portu
Tam na poddaszu majaczyła
Izdebka twoja – szczyt komfortu
W niej miłość… i kapusta była

Izdebka mała, gdzie cieplutkie
Uściski twoje mnie czekały
I gdzie serduszko twe milutkie
Tak dla mnie biło przez czas cały…

Dziś, gdy nas dola rozłączyła
Gdy znów me życie smutne, puste
Wspominam cię Oleńko miła
I twe pieszczoty i kapustę…

Rozważania, *gdy ze skupioną miną słuchałem na posiedzeniu naukowym referatu o nowych metodach astronomicznych w geodezji (fragmenty)*

……
Jak wygrzebiemy się kiedy z nędzy,
Jak mi da żona dużo pieniędzy,
Tak sobie marzę, co wtedy zrobię:
Pójdę i znaczków nakupię sobie,
kopert, papieru, aby w ten sposób
Napisać listy do różnych osób:
Do Aleksandry z ulicy Długiej,
Do Jadzi jednej, do Jadzi drugiej
I do Danusi Flakiewiczówny,
Meli Żukówny, Izy Żukówny,
Zosi, Eluchny, Krysi i Danki,
Do Lusi drugiej (znaczy – hrabianki)
Do pierwszej Lusi (tej z Palestyny)
Do Joli, Cesi i do Haliny,
Marty, co szerzy sport bojerowy,
Eleonory z bólami głowy,
Do dwu Oleniek oraz Haneczki,
Do Ewy, Basi, Iny, Ireczki,
Do Asi, Nisi i Feli w Szadku,
Do Honoraty, a na ostatku
Do panny Lidii napiszę dwa.
Aha…!

[3] Bo windy nie uruchomili.

Potem zakleję je uroczyście,
Przylepię znaczek na każdym liście,
Spać już nie idąc, o rannym brzasku
Do Bielańskiego pojadę Lasku.
Tam spacerując wśród leśnych alej
Będę rozmyślał, co zrobić dalej.
I rozważywszy różne pomysły
Powrzucam wszystkie listy do Wisły.
I będę patrzył z stromego wału
Jak moje listy toną pomału:
Jeden i drugi, trzeci, dwunasty
I siedemnasty, i dziewiętnasty.
Wreszcie utoną ostatnie dwa.
Aha…

Wprawka w osiemnastozgłoskowcu

Resztki młodości wciąż we mnie grały,
sen mi mąciły i zdrowie,
Kiedy z rąk mistrza – fotometrysty
brałem katedrę w Krakowie

A wraz z katedrą wziąłem w inwentarz
blond-włose, zwinne stworzenie,
Nosek, co zmysły me w drżenie wprawia,
a gesty nóg – wprost olśnienie!

Lecz mam wśród zasad życiowych jedną
i nie zamierzam jej zmienić,
Że: „nie podrywaj nigdy podwładnej
(chyba, że chcesz się z nią żenić)".

Biegły więc lata pełne zgryzoty.
Z rozpaczy zostałem dziadkiem[4].
O asystentce śniłem po nocach,
piłem jej uśmiech ukradkiem.

Aż kiedy żądze natarły mocniej,
chcąc wreszcie spełnić marzenie
Magnificencji podałem prośbę
o z kierownictwa zwolnienie.

Niestety los mnie doświadczył szpetnie.
Podanie zlekceważyli.
Co dalej? Czy mam złamać zasady?
Czy zrezygnować z Maryli?

Anna ma spódnicę maksi (fragment)

Dziś reumatyzm i skleroza
Łysina się posuwa skokiem
Dziś osiemnastoletnia koza
Nie rzuci na mnie nawet okiem

A jeśli która i dostrzeże
W tramwaju gesty śle znaczące
Ja w uśmiech losu już nie wierzę
Wiem, chce mi miejsce dać siedzące

Skalkulowałem więc, machnąłem
Na kozy, gąski oraz łanie
Od kilkunastu lat zacząłem
Podrywać tylko starsze panie

Lecz i wśród starszych pań – zaraza !
Zryw, wyczyn strzelił im do głowy
Skoczka by chciały, grotołaza
Cóż im… pracownik naukowy

Znów w trąbę jestem wciąż puszczany
Wbrew skrupulatnej kalkulacji
Nie mają moje męskie plany
Zupełnie szans realizacji

* * *

Aż tu poznałem cud-dziewicę
Młodziutka, zgrabna i urocza
U dołu maksi ma spódnicę
U góry ma – ocean w oczach

Więc znowu kalkulację zmieniam
O Annie składam moje wiersze
Gdy tak i tak brak szans spełnienia
Wybieram z marzeń te najśmielsze!

Co roku nowe tają lody
Lecz się nie wszystko w życiu zmienia
Bo kiedy jeszcze byłem młody
to też nie miałem powodzenia

Chodziłem trochę z jedną Lusią
Potem z Danusią, Jadzią, Zosią,
Coś mnie kochały Maria z Fusią
I flirtowałem kiedyś z Tosią

Było ich coś ze sto lub dwieście
Dziś wszystkich imion już nie pomnę
Z początku – owszem, ale wreszcie
Z reguły mnie puszczały w trąbę

Młode to takie było, płoche
Dufne w urody siłę czystą
A że rozumu ani trochę
Gardziły intelektualistą

I tak niedola los mój gnała

[4] Wnuczkowi dali Siemek

Bój wciąż toczyłem w straży przedniej
Kolejna miłość pomagała
Przeżyć cierpienia po poprzedniej

Wiersz melancholijny

Już od dość dawna do mej głowy
Idea mi się wbija ćwikiem
Że mógłbym być skromnym, pocztowym
Prowincjonalnym urzędnikiem

Codziennie rano bym dostojnie
Ze skobla kłódkę sam wyjmował
Włosy przygładzał i spokojnie
Siadał i sobie urzędował

To za sześćdziesiąt groszy znaczek
To przekaz za siewnik na raty
To znów przyjęcie jakichś paczek
Za radio pobranie opłaty

Centralka by też z boku stała
I kilka wtyczek do łączenia
Więc kiedy klapka by spadała
Łączyłbym według polecenia:

Z Ge-Esem szkoła podstawowa
Awizo z stacji kolejowej
Lub błyskawiczna, zamiejscowa
Z prezydium rady powiatowej

A jakby w dołku zbytnio rwało
Wtedy zwolnienie brałbym sobie
A na drzwiach poczty by wisiało:
„Zamknięta. Jestem na chorobie"

* * *

I może tam z dala od świata
Żyłaby sobie jakaś panna
Bez powodzenia, niebogata
Nie bardzo młoda, ani ładna

I gdyby dola tak ziściła
Kto wie, może by mnie zechciała?
Może by mnie i polubiła
Bo może nawet… pokochała?

Pewnie by oko krzywe miała
I nogi nie w najlepszym guście
Ale by za to podgrzewała
Pierogi i boczek w kapuście

W domu bigosem by pachniało
Na ścianie landszaft z łabędziami
Łóżko by zdobne kapą stało
I kredens lśniący talerzami

Szczęścia bym przeżył choć niewiele
Nim by rozeszła się nowina
Że ktoś tam mówił przy kościele
Że zmarł ten z poczty, poczciwina[5]

[5] Data śmierci poety jeszcze nie została ustalona. Wiadomo tylko, że jest to jego ostatni wiersz.

Konrad Rudnicki podczas obserwacji teleskopem na Palomarze.
Przebywał tam w latach 1965-67.

Moje wspomnienia o profesorze Konradzie Rudnickim

Zofia Miśkiewicz

Towarzystwo Antropozoficzne w Polsce

Profesora Konrada Rudnickiego poznałam w roku 1985-tym. Polecona przez wspólnego znajomego antropozofa przepisywałam Profesorowi kilka jego tekstów. Nie pamiętam czy były to wykłady czy artykuły, w ogóle nie pamiętam ich treści. Chciałam to zrobić dobrze, aby Profesor był zadowolony. Był to jeszcze czas pisania na maszynie, a więc poprawki były niedopuszczalne. Profesor jawił mi się wówczas, jako ktoś stojący na niebotycznej górze wiedzy, gdyż moja znajomość astronomii była na poziomie szkolnym, a antropozofia dopiero uchylała przede mną swe tajemnice.

Taki był początek mojej znajomości z profesorem Konradem Rudnickim. Przez następne lata i później, już po reaktywowaniu w roku 1992 w Polsce Towarzystwa Antropozoficznego, Profesor był bardzo aktywnym wykładowcą nie tylko w Kole Krakowskim, ale i w innych Kołach w Polsce. Swe wykłady opierał na dziełach Rudolfa Steinera, przybliżając je słuchaczom w sposób niezwykle jasny i szeroki. Antropozofię wykładaną przez Profesora przeżywało się tak, jak przypuszczalnie kiedyś przeżywali ją słuchacze samego Rudolfa Steinera. W Krakowie słuchaliśmy wykładów w sali Instytutu Fizyki UJ, w Towarzystwie Astronomicznym, w szkołach i przedszkolu Waldorfskim, w zainteresowanych bibliotekach, a nawet w mieszkaniu Profesora i później w moim domu. Na wykłady, które odbywały się u mnie, przygotowywałam zawsze dla Profesora stary rzeźbiony stoliczek - dziedzictwo po mojej babci, na którym rozkładał potrzebne do wykładu książki i stałe najważniejsze pomoce, czyli stos karteczek z hasłami.

Jak dowiedziałam się już po odejściu Profesora, nie ma innych zapisów treści wykładów. Koperty pozostały starannie ułożone w szufladzie, ale bez możliwości „ich odtajnienia". Taki był styl pracy Profesora, jako wykładowcy antropozofii. Widocznie czemuś, co było już dokonane, czyli powiedziane, została postawiona granica.

Nie było natomiast stawianych granic w osobistych kontaktach z Profesorem. Nie segregował ludzi na mniej lub bardziej ważnych. Nie było dla Niego mniej lub bardziej ważnych pytań i ludzkich problemów. Zwracaliśmy się nieraz do Profesora prosząc o pomoc w podejściu do naszych własnych spraw. Profesor nie oceniał ich z pozycji suchego obserwatora, ale żywo wnikał w przedstawione zagadnienie. „Był razem z nim". Czuło się wówczas Jego obecność przy sobie.

Niezwykłą cechą Profesora była Jego gotowość do podejmowania działania. Gdy patrzę teraz wstecz, mam w pamięci i w sercu obraz człowieka, „który był gotów". Jak harcerz w ordynku, jak żołnierz w szeregu, jak człowiek, który posłyszał głos Ducha Świętego – na zadane gromkim głosem pytanie - „gotów?", odpowiadał „gotów!" i ruszał w świat by pełnić swe posłannictwo. Nie

ośmielam zastanawiać się czy wszystkie odpowiedzi na „zew" były słuszne. Również nie chcę przechowywać we wspomnieniach „spiżowej postaci". Chcę móc zawsze pamiętać: „Znałam Człowieka, Konrada Rudnickiego". I niczego więcej nie pragnąłby Konrad.

Profesor Konrad Rudnicki był również kapłanem Kościoła Mariawitów. Pełnił w nim nawet jakąś wyższą funkcję i nosił imię – Brat Paweł. Odprawiał msze święte w swojej domowej kaplicy oraz, w ostatnich latach, w Kościele Ewangelickim św. Marcina w Krakowie. Ilość uczestników mszy świętej była różna – czasami kilkanaście, a czasami kilka osób. Gdy czas mi pozwalał, starałam się w nich uczestniczyć. Jasne, pozbawione ozdób wnętrze kościoła, w ławkach kilka osób, Dawid syn Profesora, ze swym instrumentem muzycznym i u stopni ołtarza – brat Paweł. Siwy, osłabiony niełatwym życiem posłaniec Boży. W czasie celebracji musiał niekiedy wspierać się na ramieniu towarzyszącego mu diakona. Podczas mszy wygłaszał również 5-minutowe kazanie. W tak krótkim czasie powiedział zawsze to, co miało zostać powiedziane. Każde słowo było na przynależnym mu miejscu i nawet gdy po pewnym czasie treść kazania umykała z pamięci, słowa pozostały zapisane w sercach słuchających osób. Nie sadzę aby to było tylko moje wrażenie – przy postawieniu już pierwszego kroku w kościele, wchodziło się w atmosferę świętości, wewnętrznej ciszy i gotowości na cud przemienienia. Cud własnego zmartwychwstawania. Po zakończeniu mszy lubiłam sama iść przez miasto. Było zupełnie inne, niezwyczajne.

Po wielu latach znajomości, w kilka lat po śmierci profesora Konrada Rudnickiego - po prostu - również Konrada, decyduję się napisać: „Był to Boży Człowiek". Myślę, że gdy w ostatniej swej chwili na ziemi, posłyszał skierowane już tylko do siebie wielkie pytanie – „Konradzie, jesteś gotów?".....odpowiedział – „Tak Panie, jestem gotów"…

Wielki Wybuch a stworzenie świata

Tadeusz Pabjan

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie

Spośród wielu interesujących zagadnień z pogranicza nauk przyrodniczych i teologii pojmowanej jako rozmowa, metodyczna refleksja nad treściami wiary zawartymi w Objawieniu, problem zamknięty w temacie „Wielki Wybuch a stworzenie świata" z wielu względów zasługuje na uwagę. Kwestia wzajemnej relacji pomiędzy dwiema koncepcjami – Wielkim Wybuchem, który stanowi chronologicznie pierwsze wydarzenie w historii obecnej fazy ewolucji Wszechświata, oraz teologicznie pojmowanym stworzeniem – dostarcza jednego z najlepszych przykładów problematyki interdyscyplinarnej, dyskutowanej od wielu lat na pograniczu nauk ścisłych, filozoficznych i teologicznych. Z wielu różnych aspektów tego zagadnienia najważniejszym wydaje się ustalenie, czy Wielki Wybuch można utożsamić z teologicznie pojmowanym stworzeniem świata przez Boga.

Współczesna kosmologia relatywistyczna pozwala na zrekonstruowanie globalnej historii Wszechświata. Chronologicznie pierwszym epizodem tej historii jest Wielki Wybuch, będący fizycznym odpowiednikiem początkowej osobliwości, w której załamują się obecnie znane prawa przyrody. Aby odpowiedzieć na pytanie, czy to fundamentalne dla całej historii Wszechświata zdarzenie można w perspektywie teologicznej utożsamiać z aktem stworzenia świata przez Boga, należy najpierw przyjrzeć się temu, co kryje w sobie idea Wielkiego Wybuchu, i dowiedzieć się, jaki status ma teoria, która uzasadnia słuszność tej idei.

Krótka historia teorii Wielkiego Wybuchu

Rekonstruując historię teorii Wielkiego Wybuchu należy cofnąć się w czasie do początku XX wieku. To właśnie wtedy Vesto Slipher zarejestrował pierwsze przesunięcia ku czerwieni w widmach odległych galaktyk (w sensie ścisłym, chronologicznie pierwszy wynik uzyskany przez tego uczonego w roku 1912 dotyczył galaktyki Andromedy, która ze względu na lokalne ruchy galaktyk w gromadzie wykazuje przesunięcie w stronę niebieskiego krańca widma, ale wszystkie następne pomiary, uzyskiwane w kolejnych latach, wskazywały na przesunięcie w stronę czerwonego krańca).[1] Interpretacja odwołująca się do efektu Dopplera sugerowała, że takie a nie inne wyniki świadczą o oddalaniu się galaktyk, lecz to wyjaśnienie wydawało się wówczas nie mieć większego sensu fizycznego. Powszechnie bowiem sądzono – co istotne, argumenty za tym przekonaniem miały raczej charakter filozoficzny a nie naukowy – że Wszechświat jest statyczny. W roku 1915 Albert Einstein sformułował ogólną teorię względności, a już dwa lata później – w roku 1917 – zna-

[1] Por. M. Way, D. Hunter (red.), *Origins of the Expanding Universe: 1912-1932*, Astronomical Society of the Pacific, San Francisco 2013.

lazł pierwsze rozwiązanie równań pola, określające chronologicznie pierwszy model kosmologiczny, który przedstawiał Wszechświat statyczny.[2] Publikację pracy zawierającej ten wynik traktuje się obecnie jako moment narodzin kosmologii relatywistycznej, czyli dyscypliny naukowej, w której wykorzystuje się ogólną teorię względności do badania struktury i ewolucji całego Wszechświata. Warto zaznaczyć, że w pracy tej Einstein w pewien sposób wymusił statyczność modelu, wprowadzając do równań pola człon kosmologiczny, którego zadaniem było przeciwdziałanie przyciągającej sile grawitacji i stabilizowanie całego układu.

Einstein sądził, że istnieje tylko jedno możliwe rozwiązanie równań pola – to które on sam znalazł – ale jeszcze w tym samym, 1917 roku, Willem de Sitter znalazł kolejne rozwiązanie: uzyskany przez niego model kosmologiczny opisywał Wszechświat pusty (z zerową gęstością materii) ale zarazem ekspandujący.[3] Poprawne zinterpretowanie tego dziwnego wyniku stało się możliwe w roku 1922, kiedy to Aleksander Friedman znalazł kolejne rozwiązania równań pola, opisujące trzy możliwe scenariusze ewolucji Wszechświata: model zamknięty, w którym ekspansja Wszechświata rozpoczyna się od zera, a następnie na pewnym etapie tego procesu rozszerzanie czasoprzestrzeni zostaje zatrzymane i rozpoczyna się kontrakcja, oraz dwa modele – płaski i otwarty – opisujące stałą i niczym nieograniczoną ekspansję czasoprzestrzeni.[4] Okazało się, że model de Sittera to finalna faza ewolucji Wszechświata otwartego, w którym nieustannie rośnie objętość przestrzeni, i w którym w nieskończoności średnia gęstość materii faktycznie jest równa zeru. Niezależnie od Friedmana podobną klasę różnych rozwiązań równań pola znalazł w roku 1927 Georges Lemaître.[5] To właśnie u tego autora po raz pierwszy pojawiła się wyraźna sugestia – on sam określał ją mianem „hipotezy pierwotnego atomu" – że historia Wszechświata mogła rozpocząć się od stanu osobliwego, w którym cała materia skupiona była w jednym punkcie. Status tej hipotezy zmienił się w roku 1929, kiedy to Edwin Hubble ogłosił swoje słynne prawo, ukazujące liniową zależność wielkości przesunięcia ku czerwieni od odległości i prędkości ucieczki galaktyk: im większy *redshift*, tym większa odległość i prędkość ucieczki. Po tym odkryciu stało się jasne, że Wszechświat rzeczywiście podlega ekspansji, i że model statyczny nie jest słuszny (to

[2] A. Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*, "Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften", 1 (1917), s. 142-152.
[3] W. de Sitter, *On the relativity of inertia. Remarks concerning Einstein's latest hypothesis*, "Koninklijke Nederlandse Akademie van Weteschappen Proceedings", 19 (1917), s. 1217-1225.
[4] A. Friedman, *Über die Krümmung des Raumes*, "Zeitschrift für Physik", 10 (1922), s. 377-386; tenże, *Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung des Raumes*, "Zeitschrift für Physik", 21 (1924), s. 326-332.
[5] G. Lemaître, *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*, "Annales de la Société Scientifique de Bruxelles", 47 (1927), s. 29-39.

właśnie wtedy Einstein stwierdził, że wprowadzenie stałej kosmologicznej do równań pola było największym błędem jego życia).[6]

Czy jednak ekspansja Wszechświata rzeczywiście musiała rozpocząć się od gigantycznej eksplozji? Przez długi czas alternatywą dla teorii Wielkiego Wybuchu (początkowo określenie *Big Bang* miało charakter pejoratywny, ponieważ sama idea „wybuchu" Wszechświata wydawała się dziwna i mało prawdopodobna) była tzw. teoria stanu stacjonarnego, propagowana przez Freda Hoyle'a, Hermana Bondi'ego i Tomasa Golda.[7] Zgodnie z tą teorią, Wszechświat pozostaje w stanie „stacjonarnym", to znaczy galaktyki się od siebie oddalają, ale na miejsce uciekającej materii pojawia się nowa – było to arbitralne i całkowicie nieuzasadnione założenie (pojawianie się nowych atomów należało w tym przypadku rozumieć, jako swego rodzaju kreację *ex nihilo*), ale mimo to teoria stanu stacjonarnego cieszyła się znaczną popularnością i była traktowana, jako poważna alternatywa dla teorii Wielkiego Wybuchu. Ostateczny upadek pierwszej z tych teorii, i zarazem potwierdzenie słuszności drugiej z nich, przyniosło odkrycie mikrofalowego promieniowania tła – dokonali go w roku 1965 Arno Penzias i Robert Willson – będącego „śladem", albo raczej „reliktem", Wielkiego Wybuchu. Ponieważ teoria stanu stacjonarnego nie przewidywała tego efektu, odkrycie to ostatecznie rozstrzygnęło spór pomiędzy zwolennikami obydwu teorii.

Czym jest stworzenie?

Jednym z powodów, dla których zwolennicy teorii stanu stacjonarnego nie chcieli uznać słuszności idei Wielkiego Wybuchu było to, że idea ta bardzo przypomina teologiczną koncepcję stworzenia. I rzeczywiście, wielu fizyków interesujących się kosmologią zaczęło w latach 40. i 50. XX wieku głosić, że teoria Wielkiego Wybuchu dostarcza naukowych argumentów – a może nawet naukowych dowodów – na to, że świat został stworzony przez Boga, i że momentem stworzenia jest właśnie początkowa osobliwość. Jednym z takich fizyków był Edmund Tylor Whittaker[8], który do podobnych wypowiedzi zainspirował nawet samego papieża Piusa XII. Ten ostatni, w specjalnym przemówieniu zatytułowanym wymownie „Dowody istnienia Boga w świetle nowoczesnej nauki" z dnia 21 listopada 1951 roku, wyraźnie dał do zrozumienia, że właśnie w taki sposób (jako naukowy dowód na istnienie Boga i stworzenie świata) należy traktować teorię Wielkiego Wybuchu.[9] Czy interpretacja Whit-

[6] Obecnie wiadomo, że - ze względu na problem ciemnej energii - była to pomyłka w pewnym sensie szczęśliwa; na ten temat por, np. S. Weinberg, *The Cosmological Constant Problem*, „Review of Modern Physics", 61 (1989), s. 1-23; D. Goldsmith, *Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce wszechświata*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.

[7] H. Bondi, T. Gold, *The Steady-State Theory of the Expanding Universe*, "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society", 108 (1948), s. 252-270.

[8] Por. np. E.T. Whittaker, *Space and Spirit*, Thomas Nelson and Sons LTD, Londyn 1946; tenże, *The Beginning and End of the World*, Oxford University Press, Londyn 1942.

[9] Pius XII, *Dowody istnienia Boga w świetle nowoczesnej nauki*, Dokumenty nauki Kościoła, seria III, tom 2, red. T. Dobrowolski, Londyn 1952; tekst oryginalny w języku włoskim: *Acta Apostolice Sedis* 44 (1952), 31-43.

takera i Piusa XII jest poprawna? Aby odpowiedzieć na to pytanie należy najpierw przyjrzeć się temu, co teologia rozumie pod pojęciem stworzenia.

Zagadnieniem tym, z oczywistych względów, zajmowali się teologowie już od pierwszych wieków chrześcijaństwa, ale szczególne zasługi miał na tym polu św. Tomasz z Akwinu. Zwrócił on najpierw uwagę na to, że „stworzenie" nie jest tym samym co „początek" tego co stworzone. Stworzenie to zależność o charakterze ontycznym zachodząca pomiędzy Stwórcą (który jest bytem samoistnym, który w sobie samym ma rację swojego istnienia) i stworzonym światem (który jest bytem przygodnym i jako taki rację swojego istnienia ma w Bogu). Zależność ta jest a-czasowa: Bóg jest w tej interpretacji przyczyną, która poprzedza świat, ale tylko w sensie logicznym, a nie czasowym. To właśnie z tego powodu Bóg równie dobrze mógł stworzyć świat mający swój początek w czasie, jak i świat istniejący odwiecznie (czyli taki, który nie ma swojego początku w czasie). Co istotne, stworzenie nie jest aktem jednorazowym i definitywnie zakończonym, ponieważ zależność ontyczna rozciąga się na cały okres istnienia tego co stworzone (jest to tzw. ciągłe stwarzanie – *creatio continua*).[10] Sposób, w jaki św. Tomasz doprecyzował intuicję dotyczącą stworzenia, ma istotne znaczenie dla teologicznej interpretacji współczesnych teorii mówiących o początku Wszechświata: jeśli któraś z przyszłych teorii dostarczy argumentów za tym, że przed Wielkim Wybuchem Wszechświat istniał w jakiejś innej postaci – albo nawet, że Wszechświat istnieje odwiecznie – to nie będzie to problemem dla teologii: stworzenie jest aktem niezależnym od czasu, więc nic nie stoi na przeszkodzie by uznać, że akt ten dotyczy rzeczywistości, która nie ma swojego początku w czasie ale jest odwieczna.

Obecnie wiadomo, że utożsamianie Wielkiego Wybuchu z aktem stworzenia świata jest niewłaściwe: analizowane przez nauki empiryczne zagadnienie początkowej osobliwości (początkowa osobliwość jest matematycznym odpowiednikiem Wielkiego Wybuchu) jest neutralne wobec teologicznie pojmowanego stworzenia świata przez Boga - w tym sensie, że ani go nie potwierdza, ani nie wyklucza. Przemawia za tym kilka niezależnych racji, które można podzielić na racje ściśle naukowe, metodologiczne i teologiczne.[11]

Argumenty naukowe w teologii?

Jeśli chodzi o racje naukowe to najważniejszą z nich jest to, iż znane obecnie teorie nauk empirycznych pozwalają na zrekonstruowanie całej historii Wszechświata, która trwa już niemal 14 miliardów lat, ale są bezradne gdy idzie o zbadanie i wyjaśnienie chronologicznie pierwszego okresu tej historii, zwanego erą Plancka. Osobliwe warunki panujące w tym pierwszym, bardzo krótkim, przedziale czasu (ogromne ciśnienie, gęstość, temperatura) odpowia-

[10] Św. Tomasz z Akwinu, *O wieczności świata*, w: *Dzieła wybrane*, J. Salij (tłum.), De Agostini – Altaya, Warszawa 2001, s. 277-285.

[11] Na ten temat por. np. M. Heller, T. Pabjan, *Stworzenie i początek wszechświata. Teologia - Filozofia - Kosmologia*, Copernicus Center Press, Kraków 2013, rozdział III i IV.

dają bowiem za to, że w erze Plancka musiały się ujawnić kwantowe efekty grawitacji. Do opisu i wyjaśnienia charakteru tych efektów potrzebna jest teoria powstała z połączenia mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności – nazywana ogólnie kwantową teorią grawitacji – której bezskutecznie od wielu lat poszukują fizycy. Bez tej teorii współczesna nauka nie potrafi jednoznacznie rozstrzygnąć tego, czy Wielki Wybuch faktycznie wyznacza absolutny początek historii Wszechświata. Nie jest wcale wykluczone, że teoria kwantowej grawitacji dowiedzie, iż „przed" początkową osobliwością (nawet jeśli „przed" nie będzie oznaczało poprzedzania czasowego, a jedynie poprzedzanie logiczne) istniały inne, „wcześniejsze" okresy historii Wszechświata, lub inne, nieznane obecnej nauce struktury (być może, struktury a-czasowe), z których wyłonił się Wszechświat w znanej nam postaci. To właśnie z tego względu Wielki Wybuch nie jest we współczesnej kosmologii określany mianem „początku Wszechświata"; jest to raczej „początek obecnej fazy" ewolucji Wszechświata. Jeśli zatem nie można – z czysto naukowego punktu widzenia – utożsamić Wielkiego Wybuchu z początkiem świata, to tym bardziej w interpretacji teologicznej nie należy dopatrywać się w nim aktu stworzenia.

Najważniejszą racją metodologiczną nakazującą daleko posuniętą ostrożność gdy idzie o nadawanie wynikom nauk szczegółowych interpretacji teologicznej, jest zasada naturalizmu metodologicznego, która domaga się, by Wszechświat „wyjaśniać zawsze samym Wszechświatem" – tzn. by w wyjaśnianiu zdarzeń fizykalnych nie odwoływać się do czynników o charakterze pozafizykalnym. Wielki Wybuch jest z pewnych względów wyjątkowym zdarzeniem w całej historii Wszechświata, ale z metodologicznego punktu widzenia nie ma żadnych powodów, by zdarzenie to traktować inaczej, niż wszystkie inne zdarzenia analizowane przez nauki empiryczne. Z oczywistych względów naturalizm metodologiczny określa pewną regułę metody naukowej, natomiast nie jest to zasada ontologiczna (naturalizm metodologiczny nie jest tym samym co naturalizm ontologiczny czyli materializm), co oznacza, że z postulatu "to co fizykalne należy wyjaśniać przez to co fizykalne" wcale nie wynika, iż "istnieje tylko i wyłącznie to co fizykalne".

Odrzucenie zasady naturalizmu metodologicznego prowadzi do wyjaśnień pseudonaukowych, w których funkcjonowanie poszczególnych elementów - obiektów, zjawisk lub procesów - świata przyrody tłumaczy się bezpośrednim działaniem Boga. Akceptacja takiego prowadzenia badań naukowych oznacza powrót metody *God of the gaps*, oznaczającej "wypełnianie" Bogiem dziur w naukowej wiedzy o świecie. Metoda ta charakteryzowała XVIII-wieczną fizykoteologię, która gustowała w odkrywaniu i analizowaniu naukowych "dowodów" działania Boga w świecie przyrody.[12] Współcześnie, metodę tę ocenia się w sposób jednoznacznie negatywny. Błąd teologiczny takiego podejścia wiąże się z traktowaniem Boga w kategoriach jednej z wielu innych przyczyn naturalnych (fizykalnych) oraz z niewłaściwą interpretacją tego, na

[12] Na temat przyczyn powstania, a także upadku fizyko-teologii, por. E. McMullin, *Ewolucja i stworzenie*, J. Rodzeń (tłum.), OBI – PAT, Kraków 1993, s. 53-73.

czym polega Jego stwórcze działanie: w tym ujęciu Bóg jest niedoskonałym "rzemieślnikiem", który tworzy świat wymagający nieustannych poprawek i bezpośrednich ingerencji ulepszających pierwotną "wersję" stworzonego świata. Z teologicznego punktu widzenie Bóg wszechmocny i wszechwiedzący powinien stworzyć taki świat, który nie wymaga później poprawek i ulepszeń. Słabość wyjaśnień opartych na metodzie "Boga od dziur" polega również i na tym, że rozwój nauki powoduje, iż z upływem czasu nauka sama wyjaśnia to, co wcześniej wyjaśniano bezpośrednim działaniem Boga. W ten sposób to, co miało być argumentem czy wręcz dowodem na istnienie Stwórcy, staje się czymś dokładnie przeciwnym. Dodatkową racją o charakterze teologicznym przeciwko utożsamianiu Wielkiego Wybuchu ze stworzeniem świata przez Boga jest to, co wcześniej zostało powiedziane o stworzeniu: istotą tego aktu jest zależność o charakterze ontycznym (a nie fizykalnym) pomiędzy Bogiem, który jest bytem samoistnym, i światem, który jest bytem przygodnym.

Podsumowanie

Zawsze istniała i dawała o sobie znać pokusa traktowania wyników badań nauk szczegółowych w kategoriach naukowych argumentów czy wręcz dowodów na rzecz teologicznej prawdy o stworzeniu i działaniu Boga w świecie przyrody. Przywołane kontrowersje dotyczące interpretacji teorii Wielkiego Wybuchu stanowią najbardziej wymowną ilustrację tej tezy. Wspomniane w ostatniej części artykułu argumenty przemawiają jednak za tym, że nauki przyrodnicze nie mogą być bezpośrednio wykorzystywane w argumentacji teologicznej. To właśnie z tej racji teoria Wielkiego Wybuchu nie jest dowodem na stworzenie świata przez Boga. Nauki ścisłe - jedną z nich jest kosmologia, która pozwoliła na zbudowanie tej teorii - mogą jednak dostarczać pewnych pośrednich argumentów dla interpretacji teologicznej, ponieważ ukazują racjonalność, harmonię i piękno stworzonego świata. Pozwalają dostrzec działanie Boga, który nie jest jedną z wielu innych przyczyn o charakterze fizykalnym, ale który inne przyczyny obdarza istnieniem i uzdalnia do działania. Człowiek religijny instynktownie szuka śladów działania Boga w stworzonym świecie, ale nie jest możliwe znalezienie takich śladów w "technicznych detalach" mechanizmu świata, badanych przez nauki ścisłe (Wielki Wybuch jest właśnie takim "detalem"). Całe stworzenie - w szczególności cały fizyczny Wszechświat - jest jednym wielkim śladem Boga, i dlatego żeby zauważyć ten ślad należy zwracać uwagę nie na "techniczne szczegóły", ale na to, co charakteryzuje Wszechświat na najgłębszym, metanaukowym poziomie. Najważniejszą tego typu cechą jest racjonalność świata, przejawiająca się w działaniu matematycznych praw przyrody.[13]

[13] Por. M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, Universitas, Kraków 2008, s. 169-242.

Pośmiertnie o Ojcu

Dawid Sulej Rudnicki

(Artykuł opublikowany w 73. zeszycie aperiodyku „Praca nad sobą”)

To była sytuacja bardzo typowa dla Ojca. Miał wygłosić referat o Miłosierdziu na sesji ekumenicznej. Była ustalona data, godzina i miejsce. Na ogół mówił referaty z głowy - na kartce miał zapisane jedynie pojedyncze wyrazy. Tym razem jednak przygotował wersję do druku, napisaną pełnym tekstem. Tydzień przed planowaną prelekcją umarł. Ponieważ udało mi się odnaleźć ten tekst na jego komputerze - na prośbę organizatorów sesji odczytałem referat niejako zamiast niego. Okazało się, że przeczytanie tego tekstu na głos zajmuje 20 minut. Dokładnie tyle ile organizatorzy przewidzieli na poszczególne referaty. Nieraz widziałem jak Ojciec przygotowując się do publicznego wystąpienia sprawdzał z zegarkiem ile ono trwa, żeby spokojnie zmieścić się w zaplanowanym czasie, ale nie sądziłem, że dotyczy to też tekstów przewidzianych do druku. Ojciec zawsze przedkładał sprawy publiczne i zawodowe ponad sprawy prywatne. Tak było i tym razem. Jego "prywatna" śmierć nie wpłynęła na fakt, że jego publiczny referat odbył się w czasie i miejscu od dawna zaplanowanym.

Dziś nie jest to wyjątkowa postawa. Wielu ojców, może nawet większość z tych, którzy mają pracę - żeby jej nie stracić - przedkłada ją ponad sprawy rodzinne. Ale z moim Ojcem było nieco inaczej. Po pierwsze postępował tak jeszcze w czasach, kiedy obowiązywała zasada "czy się stoi czy się leży...", po wtóre - miał kilka zawodów. Był pełnoprawnym członkiem kilku środowisk. Wszystkie były niszowe, w jakiś sposób niepopularne i - w moim odczuciu - zupełnie ze sobą niekompatybilne. Mimo to we wszystkich się dobrze czuł i wszystkie traktował jednakowo serio.

Na kolanach Ojca przy domowym pianinie.

Ojciec - partyzant

Ojciec był w młodości komunistą, szczerze przekonanym, że bój to będzie ostatni, a bratni związek ogarnie ludzki ród. Dlatego wstąpił do Armii Ludowej (AL). Po wojnie dość szybko się z tego wyleczył. Kroplą, która przepełniła czarę było głosowanie, w trakcie którego kazano młodym (w tym mojemu Ojcu) robić sztuczny tłok przy urnach wyborczych i przepuszczać tylko tych co głosowali bez skreśleń. Ojciec złożył wniosek o wydalenie z partii w 1950 roku. To nie był dobry czas na występowanie z partii. A raczej na bycie wydalanym, bo regulamin PZPR nie przewidywał wówczas możliwości dobrowolnego wystąpienia. Później Ojciec związał się z opozycją, z którą łączyło go dużo więcej niż z komunistami. Należał do Solidarności od początku jej istnienia aż do okrągłego stołu. Potem - w III RP z Solidarności wystąpił nie godząc się na politykę postsolidarnościowych rządów. Ale od swoich towarzyszy broni z AL nigdy się nie odciął.

Ze środowiskiem partyzanckim utrzymywał kontakt do końca życia. Bronił AL na łamach prasy. Gdy jeden z byłych żołnierzy AK napisał w gazecie, że alowcy to była banda przestępców i uargumentował to konkretnymi przykładami, Ojciec odpisał mu, że przecież on sam przykłady te bierze z wewnętrznych dokumentów alowskich sądów wojennych. Dziwni to bandyci, którzy swoje przestępstwa dokumentują i jeszcze sami się karzą, czasem przez rozstrzelanie. Taki sam artykuł można by napisać o każdej z polskich formacji partyzanckich, korzystając z dokumentów ich sądów wojennych. Inna sprawa, że oddział AL, w którym walczył Ojciec, też nie był typowy. Współpracował z AK, a dowodzony był przez niejakiego Hanicza - Borutę, który wcześniej był akowcem i po wojnie został zdegradowany za odstępstwa od linii partyjnej i aresztowany. Oczywiście rodzinne partyzanckie opowieści nie są niczym wyjątkowym. Większość, czy spora część ludzi z mojego pokolenia miało w takiej czy innej partyzantce dziadków. Ale ojców - niewielu.

Ojciec – astronom

Zainteresował się astronomią jeszcze przed wojną, gdy chodził do gimnazjum. Jako licealista (uczeń tajnych kompletów) zorganizował obserwatorium astronomiczne w Dobrej Wodzie koło Sulejowa. Po wojnie studiował astronomię na Uniwersytecie Warszawskim. Był pierwszym powojennym absolwentem tego kierunku w Polsce. W latach sześćdziesiątych pracował w obserwatorium na Palomarze w Kalifornii, gdzie miał do dyspozycji ówcześnie największy na świecie teleskop. Pracując w Polsce, na dużo słabszych instrumentach, aby osiągnąć wyniki zbliżone do tych, które osiągali naukowcy na zachodzie nauczył się działać niekonwencjonalnie. Kiedy podobne metody zastosował na palomarskim teleskopie, otrzymał wyniki, których Amerykanie nie potrafili uzyskać. W Kalifornii zrobił swoje

najważniejsze prace naukowe, które - mówiąc brzydko - ustawiły go w świecie nauki zarówno polskiej jak i międzynarodowej do końca życia.

Ciekawostką jest fakt, że kometę nazwaną jego nazwiskiem, którą wielu uważa za jego najważniejsze odkrycie, on sam traktował jako mało znaczący drobiazg. Nie szukał jej, po prostu nawinęła się na kliszę. Z dzieciństwa pamiętam Ojca, jak będąc dyrektorem obserwatorium siedział w gabinecie, czytał korespondencję, podpisywał jakieś papiery, przyjmował interesantów. Wtedy już nie obserwował - nie pozwalał mu na to pogarszający się wzrok. Ale do końca życia angażował się w różne astronomiczne projekty naukowe i służył wiedzą i pomocą, gdy tylko mógł. Moja mama najbardziej ceniła Ojca właśnie jako astronoma. Poznali się w czasie, gdy mama studiowała astronomię na UJ, a Ojciec był wykładowcą. Dzięki Ojcu - astronomowi mogła nie pracować i zajmować się mną. A ja od czasu do czasu mogłem towarzyszyć rodzicom w wyjazdach zagranicznych.

Ojciec - antropozof

Zawsze był wierzący. Kiedy runęła jego wizja komunizmu, w którą jako ateista mocno wierzył, zaczął szukać czegoś innego. Przez naukę trafił do goetheanizmu a przez goetheanizm do antropozofii. Potem przez antropozofię do chrześcijaństwa. Ale goetheanistą i antropozofem został na całe życie. W antropozofii widział świadomą, nieatawistyczną duchowość. Przyznaję, że było to środowisko, które - jako dziecko - najmniej rozumiałem i którym się najmniej interesowałem, choć było bardzo mocno obecne w życiu Ojca i moim.

Ojciec - mariawita

Kiedy zdecydował się zostać chrześcijaninem, zaczął szukać sobie odpowiedniego wyznania. Początkowo blisko mu było do prawosławia (które z resztą cenił do końca życia), ale zdecydował się na mariawityzm. Widział w nim bardzo wiele cech wspólnych z antropozofią. Z czasem został duchownym mariawickim. Wychowałem się więc w malutkiej wspólnocie mariawickiej w Krakowie, której Ojciec był duszpasterzem. Msze początkowo odprawiane były w kaplicy domowej w naszym mieszkaniu, potem w gościnnym kościele Ewangelicko - Augsburskim p.w. św. Marcina. Ale oficjalnym adresem naszej placówki pozostał prywatny adres rodziców. Rodziło to różne śmieszne sytuacje. Raz na przykład do drzwi zapukała pani z walizką i powiedziała, że chciałaby zamieszkać na plebanii. Mama cierpliwie (choć niekoniecznie w milczeniu - zawsze głośno mówiła co myśli) znosiła niedogodności związane z byciem żoną kapłana. Bardzo ceniłem Ojca, jako przewodnika duchowego. Do dziś jestem mu wdzięczny choćby za to, że na pierwszą komunię nie dostałem nic poza drewnianym różańcem.

Cztery wcielenia Ojca, z których każde ważniejsze było niż sprawy prywatne. Cztery środowiska, w których obracałem się jako dziecko, każde

zupełnie inne, każde na swój sposób dziwne i nie "mainstreamowe". Oczywiście gdy byłem mały najbardziej imponowało mi to, że Ojciec jest prawdziwym partyzantem, sierżantem a potem podporucznikiem - oficerski awans dostał już w III RP. Kazałem sobie opowiadać wszystkie akcje, w których brał udział. Ojciec śmiał się z tego, ale w gruncie rzeczy odruchy wojenne tkwiły w nim cały czas. I przeszły trochę na mnie. Na przykład jedzenie. Od czasów wojny ojciec jadł dosłownie wszystko. Nauczył mnie jeść jabłka nie tylko z ogryzkami ale i ogonkami - co do dziś robię odruchowo. Gdy w domu coś zgniło lub zapleśniało, co zdarzało się niezwykle rzadko, wycinał tylko zepsutą część, a resztę - mimo lamentów mamy - zjadał. Nigdy się nie zatruł. O tym, że zjadał wszystko, co spadło na ziemię, nawet nie wspomnę. Innym typowo partyzanckim odruchem było niezapalanie światła, jeśli nie było to konieczne. Wieczorem na klatce nie zapalał światła, drzwi otwierał po ciemku. W ogóle po zmroku lub wczesnym rankiem wszystkie czynności, które się dało, wykonywał po ciemku. Nauczył mnie tego i stwierdzam, że w wielu sytuacjach jest to bardzo praktyczne. Jemu przydało się to zwłaszcza pod koniec życia, kiedy był prawie całkiem niewidomy. Jednym okiem nie widział w ogóle, drugim - bardzo niewiele. Pokazywał mi kiedyś na zapisanej kartce papieru A4 jakie ma pole widzenia, gdy patrzy w jeden punkt. To był wąski pasek. Na to nakładał się astygmatyzm. Teksty mógł czytać, ale już obrazek musiał sobie "zeskanować" po kawałku i w mózgu połączyć w jedną całość. Większość osób, która miała z nim do czynienia w ostatnich latach jego życia, nie zdawała sobie sprawy, że rozmawia z człowiekiem prawie niewidomym, który miał uprawnienia do chodzenia z białą laską. Ale nie używał jej, bo był starym partyzantem. Inne cechy Ojca, które bardzo mi imponowały, a które przypisuję wojnie, partyzantce i odsiadce w gestapowskim więzieniu, zwieńczonej staniem pod murem na rozstrzelanie, to niesamowita wytrzymałość fizyczna, odporność na zmęczenie i ból. Gdy dostał pierwszego zawału - nawet o tym nie wiedział. Dowiedział się od lekarza podczas badań. Lekarz był zdumiony, bo większość ludzi mając taki zawał traci z bólu przytomność, a Ojciec po prostu gorzej się poczuł i musiał usiąść. Był świetnym piechurem. W Kalifornii chodził na piechotę na wzgórze palomarskie. Kiedy po tygodniu rozpadły mu się amerykańskie buty poszedł do sklepu z reklamacją. Sprzedawca spytał zdumiony: Co pan robił w tych butach?! Chodziłem - odpowiedział Ojciec. Aha, to trzeba było od razu mówić, to są buty do samochodu - powiedział sprzedawca i dał inne, do chodzenia, które przetrwały kilka dekad. Ponadto Ojciec był odważny. Potrafił zwrócić uwagę chuliganowi demolującemu przystanek. Legendy mówią o bójkach, w które się wdawał stając w obronie kobiet. Gdy była taka potrzeba, potrafił po prostu przywalić. Jeśli takich sytuacji było mało, to tylko dlatego, że obracał się w środowiskach, w których do bójek dochodziło rzadko. Gdy mama martwiła się o niego jak w nocy wracał z obserwatorium, mówił: Czego mam się bać? Stary partyzant jestem. Być może spora część ludzi rozprawiająca z nim o sprawach duchowych,

naukowych i filozoficznych, zwłaszcza w późniejszym okresie jego życia, nie zdawała sobie sprawy, że ma przed sobą po prostu twardego faceta, który jeszcze długi czas po wojnie chodził z pistoletem Walther w kieszeni. Zaznaczam przy tym, że mimo ogromnych pokładów energii, by nie rzec wręcz agresji, które miał w sobie, potrafił nad nią panować. Nigdy mnie nie bił. Nigdy też nie klął. Nawet w chwili największego wzburzenia potrafił mówić wyłącznie językiem parlamentarnym. Ale pozostał starym partyzantem do końca. Kiedy Sejm V kadencji przymierzał się w ramach dekomunizacji do odebrania byłym żołnierzom AL dodatku kombatanckiego, Ojciec pokiwał głową z politowaniem i powiedział: Tak, bo jedyne o czym myślałem w partyzantce, to ile będę miał z tego dodatku do emerytury.

Ale imponował mi też Ojciec jako obyty w świecie naukowiec, człowiek o szerokich horyzontach. Znał wielu ciekawych ludzi z różnych branż (m.in. Konstantego Ildefonsa Gałczyńskiego, Stanisława Lema, Tadeusza Mazowieckiego, Jerzego Nowosielskiego, Ninę żonę Sergiusza Prokofiewa, Karola Wojtyłę), chodził do teatru i filharmonii, cytował z pamięci Tuwima. Dużo rozmawialiśmy na najrozmaitsze tematy i Ojciec zawsze cierpliwie wszystko mi tłumaczył. Nie zbywał mnie, nigdy nie usłyszałem od niego "jesteś za mały, że by to zrozumieć". Coś zawsze byłem w stanie zrozumieć i tyle mi tłumaczył. Często też mówił "nie wiem, muszę sprawdzić" - to o dziwo zupełnie nie podkopywało w moich oczach jego autorytetu, przeciwnie - dodawało autentyczności. Gdy czegoś nie wiedział sięgał po encyklopedię, słownik wyrazów obcych, lub jakąś inną książkę i szukał dotąd aż znalazł. A gdy szukanie w kolejnych tomach nie przynosiło rezultatów, a ja znudzony mówiłem: tato, już nie szukaj, nie ważne, Ojciec nie przerywając szukania odpowiadał: ale ja sam jestem ciekaw. Był niesamowicie punktualny i dokładny, co również przypisuję jego naukowej profesji. Myślę też, że jego poczucie humoru było najbliższe temu, które obserwowałem u innych astronomów. Miał dystans do wszystkiego, przede wszystkim do siebie. Potrafił się szczerze śmiać z siebie, ze swoich ułomności i błędów. Ale trudno nie mieć dystansu, kiedy bada się obiekty oddalone o miliardy lat świetlnych.

Miał też szereg cech, które przypisuję jego bardzo świadomemu chrześcijaństwu. Na przykład nigdy o nikim nie mówił źle. Twierdził, że nie ma wrogów tylko przeciwników. Nawet jeśli owi przeciwnicy traktowali te relacje zupełnie inaczej i potwierdzali to swoim zachowaniem, Ojciec autentycznie ich szanował. W każdym potrafił znaleźć dobre cechy. O wyjątkowych kanaliach (np. swoich oprawcach z gestapo) mówił: biedaczki. I to nie była ironia tylko szczere współczucie dla kogoś, dla kogo prawdziwe problemy zaczną się dopiero po śmierci. Potrafił odróżnić człowieka od jego uczynku. Nawet jeśli krytykował uczynek, nie krytykował człowieka. Był spowiednikiem, co miało wpływ na jego niebywałą dyskrecję. Wiele osób przychodziło do niego po poradę, zwierzało się ze swoich problemów i nawet jeśli nie była to spowiedź sensu stricte - zawsze treść tej rozmowy pozostawała między Ojcem a rozmówcą. Inną cechą wypływającą

z wiary było bardzo daleko posunięte zaufanie do ludzi. Przez niektórych nadwyrężane. Ojciec był tego świadom, ale uważał, że i tak lepiej pomagać i od czasu do czasu dać się "sfrajerować", niż stale się zastanawiać, kto i w jaki sposób może zagrozić. Po prostu żył w zgodzie z aktem strzelistym "Jezu ufam Tobie".

Umarł chyba najlepszą śmiercią z możliwych. We własnym łóżku, w obcięciach kochającej żony, dożywszy sędziwego wieku, będąc do końca życia sprawnym umysłowo.

Ojciec z synem.

Gravity/Gravitas

Virginia Trimble[1,2]

[1] Dept. of Physics & Astronomy, Univ. of California, Irvine CA 92597-4575, USA
[2] Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Abstract

The relationships between science (formerly natural and experimental philosophy) and religion (faith, spirituality) have nearly always been sensitive, and the associated literature is enormous. This is a preliminary examination of one small facet, the personal convictions, in so far as these can be determined, of those who have made major contributions toward our present understanding of gravitation. The story begins as far back as Copernicus and continues up to very recent past, including the work of Konrad Rudnicki and my late husband, Joseph Weber. The treatment is largely chronological, but with separate sections on woman scientists (brief), Jewish physicists (long!), and non-Western traditions (again brief). The major figures, Newton and Einstein, have been examined to exhaustion by others, but some of the minor characters, the Reverend John Michell, the Sandemanin John Joseph Waterston, and Asher Peres (born Aristide Pressman) are also interesting. The diversity of religious as well as scientific views left me wondering whether creative thought in one was somehow correlated with creative thought in the other statistics of large period samples of second rate scientists and others would be necessary to answer this in any serious fashion, but "yes" is clearly not excluded. Second, there is an interesting transition from a time when a scientist like Galileo or Kepler had to emphasize that his scientific work was not at odds with the local religious consensus to the near-present, when scientists like Lemaitre and Eddington have had to explain that their scientific views have not been colored by their religious faith.

Key words: gravity, gravitation, general relativity, Isaac Newton, Albert Einstein, Konrad Rudnicki, Joseph Weber

Introduction

Dr Bogdan Wszołek first asked me to think about this topic as a chapter for the 90th birthday volume back in February (2016). My first thought was the title (which you see above). My second was to ask several distinguished colleagues in history of physics whether the task was a possible one and what advice they might have. One response was that, since I had already chosen an amusing title, obviously I was going to do it, but that I should not expect to write it in a weekend. This was clearly correct! Several others sent references to their own work touching on the topic, most of which are cited somewhere below.

The next step was a table of all the scientists, physicists, natural philosophers, and so forth that I thought belonged to the topic, chronologically, by birth year. This appears as Table 1. I soon realized that there were other, equally important, people who were missing, particularly from the period of Einstein onward, and they turn up in the text and some subsidiary tables. Copernicus is a not-quite-arbitrary starting point: gravity cannot make much sense until something massive is at the center of the solar system. But there are lots of topics half slipping of the table, for instance the demonstration that binary stars have elliptical orbits (Felix Savary), confirming an important newtonian prediction, the observers who made relativistic cosmology respectable. The Russians (Soviets) who came relatively late to the game, because Marxist-Leninist-Stalinist environments had very little use for general relativity. And there is surely much more to be said about non-Western, non-Judeochristian practitioners.

A bit of attention is paid to those who have put alternative theories against Newtonian and later general relativistic physics and, more recently, alternatives to standard relativistic cosmology. And, finally, the main table has been jury-rigged to have no temporal gaps, so that each man could, in principle, have met his immediate predecessor and follower. There was no deliberate selection in favor of people whose philosophical (etc.) views are known, but for most one can say something. This is less true for the less prominent contributors mentioned elsewhere.

A few words about sources: The Second Edition of the Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEAII) (Hockey et al. 2015) has articles about nearly everyone in Table 1 and most of the others born before about 1920. Some of the articles are better than others, and most deal more thoroughly with scientific contributions than with philosophical (etc.) motivations. I hope that everything here is “at least broadly correct,” but many items could be much better documented, because scientists like Newton, Einstein, and some of the others appear in enormous and growing numbers of books and articles, I've cited only ones I've read, or at least read reviews of.

And so, bravely forward!

Table 1.

Name	Dates	Known for	Background, beliefs	Sources
Copernicus Nicolaus	1475 – 1543	heliocentric cosmos	Studied canon law; canon of Frombork cathedral; not a priest	Danielson (2006), BEAII
Rheticus Georg Joachim	1514 – 1574	Wrote Narratio prima persuaded NC to publish	Cathedral school; wrote on non-contradiction of Copernicanism and Bible	Danielson (2006), BEAII

Brahe Tycho	1546 – 1601	1572 nova beyond moon; accurate positions of Mars 1577 comet outside atm.	Canon of Lutheran cathedral. Compromise solar system model	Ferguson (2002), BEAII Love (2015)
Galilei Galileo	1564 – 1642	Jupiter's moons, sunspots,lunar mountains, heliocentrism true; nature of motion	At odds with RC church, but pious; buried in Basilica Santa Croce in 1737	Sobel (1999) BEAII Heilbron (2010)
Kepler Johannes	1571 – 1630	Laws of planetary motion, solar system as regular solids	Trinitarian; refused RC conversion; Lutheran excommunication; work motivated by religious convictions; 3 kinds of matter like trinity	Gingerich (2011), BEAII Ferguson (2002) Connor (2014)
Descartes Rene	1596 – 1650	Vortex theory of SS structure, orbits, forces; one kind of matter, no vacuua; comets as dead solar system	Own ideas as the came pure from God best; RC	Hoskin (1997, p. 135), BEAII Watson (2002)
Newton Isaac	1642 – 1727	Laws of motion; laws of gravity	Aggressively anti-Trinitarian; close to Arian heresy	Gleick (2002), BEAII Glass (2006) Janiak (2015)
Leibnitz Gottfried Wilhelm	1646 – 1716	Calculus in nearly our notation, infinite universe, many disputes with Newton	God created only the best of all possible worlds; no need to tinker afterwards	Kragh (2007) Glass (2006)

Before Newton

"Once upon a time" science, religion (at least in its public form), and philosophy were all closely entangled. The disentanglement (Martin 2014 and very many other volumes, narrated from all three sides) was a precondition for what we of the 21st century would recognize as physics, physicists, and attempts to understand gravitation. And gravitation could only begin to make sense if the most massive object was at the center of the solar system, so Copernicus comes first in our main table. He studied both medicine and civil law, but took his degree in canon law.

Once of the canons of Frombork (and other spellings) cathedral, he lived most of his later life in a tower part of the cathedral, celibate but not priested, entitled to preach, but apparently not having done so, and involved in a variety

of rather secular activities required to keep a cathedral running (Gingerich 2004, in BEA II, Danielson 2006). De Revolutionibus, which advocated a heliocentric solar system and presented observational arguments in favor of it, was not published until after Copernicus died. The book itself appeared with an anonymous preface (by Osiander), not seen or approved by the author, but which kept the book from getting into trouble with church authorities for some time. It did not appear on the Index of Prohibited Books until 1616, 73 years after the author's death (when he had just seen the proofs), and long after Rheticus was so honored.

Incidentally, Copernicus also required epicycles, though not quite so complex and dominant as those of Ptolemy. In any case, it took a good many years for his heliocentric picture of the solar system to catch on, and by the early 1600's there were perhaps 15 Copernicans in the world (Danielson 2006).

Rheticus, in the mean time, had been on the Prohibited Index since 1559. He is part of our story primarily because he (a) wrote the Narratio prima (the first published exposition of a Copernican system), (b) persuaded Nicolaus, almost 40 years his senior, to finish writing his definitive text, and (c) saw it through to publication and dissemination. The Narratio prima was translated into English by Rosen (1939), who also translated De Revolutionibus (Rosen 1992), and has been published in facsimile in Poland in 2015 by the Copernicus Foundation. Unlike Copernicus, born in Catholic country and educated in Italy, Rheticus was trained in Zurich and Wittenberg (receiving on ordinary bachelor of arts degree) and other protestant strongholds. Rheticus embraced the Reformation and was of Lutheran confession, acting at least once as godfather for the daughter of an old school friend. In any case, he never married, perhaps did not fully understand his own sexual motivations, and died, a bit Copernicus had done, in the arms of much-loved, much younger student, Valentin Otto (Danielson 2006). On at least one occasion, Rheticus had written somewhat sadly that he wished there could be a single Christian church, neither Papist nor Calvinist, and wondering why all intelligent people couldn't just strive to live aright and do what is pleasing to God and useful to their fellow men.

This bring us to Tycho Brahe, unlike his two predecessors a paid, professional astronomer (and astrologer). He is part of the gravitation story because he showed that the supernova of 1572 and the great comet of 1577 were outside the earth’s atmosphere, indeed the former more distant than the moon, and because he observed positions of the planets, especially Mars, with sufficient accuracy to enable Kepler to model their orbits as ellipses, with the sun at one focus, radial vectors sweeping out equal areas in equal times, and $(\text{period})^2=(\text{semi-major axis})^3$. He was born and spent most of his life in Protestant Denmark in relative spiritual peace and quiet. Brahe owned at least one copy of De Revolutionibus and rebelled strongly against its content. Apart from his precise observations, he is remembered for a compromise (or bastard) model of the solar system, centered on the earth, but with the sun going around earth

and carrying some of the other planets with it. His solar system would have experienced collisions among the crystalline spheres, if these had truly carried the moving objects, but he happily realized that the Bible did not, in fact, require those spheres to be real, though geocentrism was compulsory. His life was by no means devoid of incident, accident, and excitement (Ferguson 2002), but they do not seem to have been religious or spiritual in nature. He and his common-law wife had daughters, whose slightly dubious status presented problems when they reached marriageable ages, but the difficulties were with the families of potential spouses, not the rules of potential officiants. Tycho spent his last years and ended his life in his own bed in Prague, than under Emperor Rudolph II, a devote Catholic, but not in favor of the more flagrant manifestations of the Counter-Reformation, unlike the authorities in Italy, under whom Galileo lived and died.

In terms of his contributions to gravitational understanding and his biography, Galileo probably ranks second or third only to Einstein and Newton. There are many whole volumes devoted to him (e.g. Heilbron 2010, Finocchiara 1990, Drake 1980, many others) and portions of volumes (e.g. Wilding 2014, Glass 2006, who a good list of the more readily accessible secondary sources). And he makes cameo appearances in most of the works mentioned for Copernicus, Rheticus, Brahe, Kepler, and Newton as well as broader histories of the development of the sciences (Martin 2014). Astronomers think of him for pioneering telescopic discoveries of lunar mountains and sunspots (the cosmos beyond earth is not perfect), the moons of Jupiter (earth is not the only center of motion), and the phases of Venus (pure geocentrism had to be wrong, though the Tychonic compromise system was not excluded and would account for the lack of heliocentric parallax).

Astronomy occupied only a rather small part of his career (though it was the part that got him into the most trouble), and serious historians say (e.g. Finocchiaro 1990) that his most important contribution was a new approach to how science and physics ought to be done, as an interplay between ideas and data collected from experiments and observations. Among specific examples, he contributed to mechanics, measurement of time, motion and falling bodies, and strengths of materials.

But Galileo also wrote about, talked about, and taught a sun-centered picture of the cosmos, sounding as if he meant this to be what was really going on. Biblical passages about the sun standing still and other events could only be literally true in an earth-centered cosmos. His own faith was liberal Catholic, and, like Kepler, he would probably have preferred a single Christian church. Late in life he wrote (Glass 2006 p. 38) that "the falsity of the Copernicus system ought not to be doubted by us Catholics who have the undeniable authority of Holy Scripture, interpreted by the best theologians."

This was, however, part of an attempt to avoid consequences of violating injunctions not to "teach, write, or talk about publicly" his private views. He was declared a heretic of intermediate grade "vehement suspicion of heresy"

(BEA II) by Pope Urban VIII, who had been supportive of his work while Cardinal Bellarmine.

The house to which Gallileo was confined for most of the last nine years of his life can be seen from the Monte Porzio observatory above Florence. Just off an airplane from California for a meeting there some years ago, I found it hard not to envy him a bit. In any case, this last period saw his return to non-astronomical subjects and the writing of the Dialogues or Discourses Concerning Two New Sciences (Galileo 1638, and various translations). I cite the original not because you are likely to find the book on your library shelves (nor I on mine) but because the name of the publisher, Elzevirs, suggests some relationship to the modern Elsevier.

Galileo was initially buried in the Novice's Chaple of the Santa Croce Basilica (near his daughter Virginia, Sister Marie Celeste, who predeceased him; see Sobel 1999 for her letters and the relationship between them). This suggests that he must have received last rites, and he was re-interred in 1737 in the main basilica. I have seen his telescopes in the Florence Science Museum, but not the piece of his middle finger that supposedly also resides there.

There are still “flat earth” and “geocentric” societies out there, but the church in which Galileo found his uneasy home has gradually come around to the view that the Bible teaches us “how to go to heaven; not how the heavens go”.

Johannes Kepler is also the subject of extensive literature (Love 2015, Ferguson 2002, Connor 2014, Gingerich 2011, Goldstein 2001). He was motivated by religious conviction and belief that God had created the world according to an intelligible plan, accessible to the light of reason. A lifelong firm Protestant (mostly Lutheran but with Calvinist leanings), trained at a Protestant school in Graz, he refused to convert to Catholicism and so was forced to leave, joining Tycho at Prague. This was, of course, an exceedingly fruitful relationship from a scientific point of view. When Tycho died in 1601 Kepler was appointed by Rudolph II to Tycho's position. But Rudolph was deposed and replaced by his much less tolerant brother in 1612, forcing Kepler on to the road again.

Amidst his other troubles, his mother was accused of witchcraft, and his first wife and some of his children died. But his best-known volume, Astronomia Nova, appeared in 1609, the same year Galileo started looking telescopically at the cosmos (dealing mostly with Mars), and his last posthumously in 1634, Somnium, concerning an imaginary voyage to Moon, considered in the light of physics as then known.

What we now call Kepler's three laws of planetary motion had to be dug out of his several writings by Lalande (who joins us in a later section). Kepler was a firm Trinitarian, but his tripartite universe was not associated with the three laws, but rather with three kinds of matter in the solar system-cosmos (Gingerich 2011). In his longest book, Epitome of Copernican Astronomy, Kepler explains in the form of a catechism that the sun is to be associated with

God the father, the firmament with the son Jesus Christ, and the intervening space with the Holy Spirit. Putting the divine prime moving at the focus was one of the merits of an elliptical orbit over other non-circles. "Kepler at his Nuttiest?" asks Gingerich. To modern ears perhaps, but for Kepler, it was the core of a view of the world in which science and religion were in no way separable. The concept of a law of nature (as opposed to divine law) comes later with Descartes, who is next on our list. But there was no real harmony for Kepler even in his Trinitarian cosmos. At one stage, he was excommunicated by the Lutherans for being too Calvinist. The first draft of his Mysterium Cosmographicum had a section intended to reconcile Genesis with a heliocentric world, but this omitted from later versions.

Rene Descartes counts as approaching modern thought in, for instance, rejection of a central position for our sun and solar system in the cosmos, less so in his attribution of motion and structure to vortices in something like a luminiferous ether, and least so in his view that his original thoughts came pure from God and were to be trusted (North 2008 p. 404-405, Watson 2006). His was the first physically-motivated model of the astronomical universe, its matter and forces (not yet quite including gravitation, BEA II and references therein). His model had a number of flaws, most obviously that a vortex should have its largest speed at the edges, while the real Solar System has Mercury moving much faster than Saturn, in both linear and angular units. Newton at various times put a good deal of effort into refuting Descartes's picture of the universe, which also included formation of the Solar System, its eventual end, stability of planetary orbits, the tides, behavior of comets, and much else, requiring contact forces at every stage (BEA II, Gaukojer 2002).

Descartes's publication of his ideas occurred somewhat piecemeal and in part anonymously, because, as he confided to his friend Martin Mersenne (eponymized in polynomials), he "would not want to publish a discourse that had a single word that the Church disapproved of" (Kragh 2007). He had, admittedly, by then heard of Galileo's condemnation by that Church.

Newton and his followers

Sir Isaac Newton needs no introduction! We speak to this day of Newtonian gravitation and Newton's laws of motion. He is the subject of very many biographies, (Westfall 1980) most magisterial, some of the later ones perhaps a bit easier to read (Gleik 2003, Janiak 2015), and some focused on his wider role in the history of science (Buchwald &Feingold 2013). He also appears in all the general histories of astronomy and physics already cited. Unlike Galileo and Kepler, Newton did not cast horoscopes, but a very large fraction of his life and attention went to alchemy and biblical chronology. It was on the last that he was at work as he died. An important goal was to demonstrate that the civilization and culture of Biblical Israel was the oldest in the world, predating both Egyptian and Mesopotamian entities. This required pushing Mo-

ses and all back further and Akhenaton and all forward further in time than current data, and even some available in his own time, require.

Like Copernicus, Newton needed a good shove to get his magnum opus, which we call Principia, written and into print. The encouragement, and some money toward the costs of publication, were supplied by Edmund Halley. Newton is probably the clearest case in our story of the creative mind leading to original religious opinions as well as original science. Somewhat a puritan in youth, he gradually thought through the writings of the church fathers and concluded that the Council of Nicaea (325 CE) had made the wrong decision in declaring the three parts of the trinity equal, rather God the father was supreme, Jesus as his son more than an ordinary man but less than a god, and the spirit also subordinate. So Arius had written around 300 CE, and Newton's view is generally called the Arian heresy. His own view was that trinitarianism was blasphemy. The traditions of Judaism and Islam are rather similar, but Newton was living under the Church of England, with adherence to a modified Nicene creed required for college fellows and holy orders for professorships. But in 1675, King Charles II granted Newton's request for a dispensation, an act that released the Lucasian professor in perpetuity from the obligation to take orders. Newton rarely attended church and preferred to write AC, after Christ rather than AD (Anno Domini, in the year of our Lord). I hope he would have been OK with the use of CE and BCE (Common Era and Before Common Era), the modern Jewish work-around, for years after and before zero. Newton was probably also a mortalist, not believing in personal immortality (BEA II).

For what it is worth, John Flamsteed, the contemporary Astronomer Royal, was an apparently conventional clergyman. He focused on positional astronomy and catalogues, essential for navigation, but it is the heretic Newton who developed universal gravitation, in which it was not necessary for one bit of matter to touch another in order to impart a force. Sir Isaac said he did not understand how this worked, and (presumably a reproach to Descartes, Leibniz and others) did not propose to put forward, any sort of hypothesis on the subject.

Newton recognized that an enormous ensemble of stars, each exerting gravitational forces on all the others, would be unstable to collecting in one (or perhaps more than one) giant lump. He proposed that the Lord intervened from time to time, moving or eliminating an occasional star in order to preserve overall stability. This point of view considerably annoyed Leibniz (who is really here only as a foil for Newton), and later Kant.

We are rapidly approaching the time when scientists, physicists, and astronomers are becoming too numerous for full discussion of them all. Table 1 therefore continues with a subset of 10 scholars who, in my view moved our understanding of gravitation forward while having interesting religious or spiritual orientations. Danielson (2000) has contributed to my selection (which, however, neither he nor any other reader or writer would surely fully

agree to) and also provides short lives and intellectual introductions to some who do not appear here.

But no discussion of Newtonian gravity can possibly do without Edmond (his normal spelling, not Edmund) Halley, and not just because he urged Newton to finish up and publish Principia, to whose costs he would contribute, but also because one common view of "how science works" attaches great importance to predictions that are eventually confirmed. Halley recognized that many comet orbits are elongated ellipses rather than the parabolas that Newton had supposed, and proposed that the events of 1531, 1607 and 1682 was the same object, its orbit slightly perturbed in passing by Jupiter (Yoemans 1991 p. 111-119). The predicted return came in 1758 too late for Halley to see it himself, but in time for Messier to start compiling his catalogue of fuzzy things that might confuse the comet search. M1 is, of course, the Crab Nebula. Apparitions of Comet Halley can be traced back as far as 240 BCE (Yoemans 1991, p. 262), the early ones in Chinese records.

Table 1, (continued)

Name	Dates	Known for	Background, beliefs	Source
Halley Edmond	1656 – 1742	Predicted comet return, ocean salinity as earth age indicator, discovered stellar proper motions	Trusted science over religious faith	Yeomans (1991) BEAII
Michell John	1724 – 1793	Black holes, binary stars & star clusters bound	Ordained Anglican clergyman, served as parish priest	McCormmach (2012) Bartusiak (2015)
Kant Immanuel	1724 – 1804	Infinite universe shape of MW	Among the first Deists or theist	Danielson (2000) BEAII
Lambert Johann Heinrich	1728 – 1777	Hierarchical finite universe, earth, sun not at rest	Teleological philosophy	Kragh (2007) BEAII
Lagrange Joseph Louis	1736 – 1813	Stability of solar system planet orbits & objects at L3 and L4		North (2008) BEAII
De Laplace Pierre-Simon	1749 – 1827	Many Newtonian consequences; black hole prediction	At least a free thinker; perhaps atheist. Benedictine & Jesuit schools; had begun study for priesthood	Hoskin (1997) BEAII

Bessell Friedrich Wilhelm	1784 – 1846	Companions of Sirius &Procyon, heliocentric parallax	Grandson of a (Lutheran) minister	Anon (1846)
LeVerrier Urban-Jean-Joseph	1811 – 1877	Prediction of Neptune problem with Mercury	RC background; received last rites	Lequeux (2013)
Waterston John James	1811 – 1883	Gravity as source of sun's heat; theory of comet tails	Sandemanian or Glasite (mother Catherine Sandeman)	Haldane (1928)
Adams John Couch	1819 – 1892	Prediction of Neptune	Declined to take Anglican orders	Glaisher (1892) BEA II

Halley, who received his Oxford MA at least partly for his catalogue of Southern Stars was somewhat at odds with the Biblical inerrancy of the Anglican church, pointing out, for instance, that the salinity of the oceans implied that the earth was considerably older than the 6000 years allowed by Genesis, but not infinitely old. This is, perhaps, why he was not appointed to the Savilian chair at Oxford until 1704 (BEAII).

The mid 18th to mid 19th centuries saw many triumphal applications of Newtonian gravity, many of them for some reason attributable to Frenchmen with names beginning in L: Lambert, Lagrange, (de)Laplace, and LeVerrier. Others belong to the story (Hoskin 1997, p. 174, North 2008, p. 453), but these make a nice cluster, collectively associated with considering three-body gravitating systems, perturbations of comet orbits, the motions of the moon, the mutual perturbations of Jupiter and Saturn, and so forth. All survived the French Revolution (well, the worst was over when LeVerrier was born), and Laplace ended up as a Marquis, under the Bourbon restoration. All have BEAII entries that say rather little about spiritual and philosophical issues. Laplace is remembered for his nebular hypothesis of the origin of the solar system, another from of applied Newtonian gravitation and has the best story (probably apocryphal) connected with his career.

In 1799 Laplace sent the first two volumes of his “Celestial Mechanics” to the up-and-coming Napoleon (this part is true), who supposedly remarked upon the absence of God in the author's version of the cosmos. Laplace is said to have responded (in French, of course) that he had no need of that hypothesis. Someone nearby perhaps whispered that it was nevertheless a beautiful hypothesis. Make this Laland for the nicest story. His work was not really gravitational, but he rescued some priests during The Terror, though he had become a freemason (that is, essentially non-Catholic) some years before, founded the Lodge to which Benjamin Franklin belonged, and had to be discouraged from publishing in a Dictionnaire des Athess (BEAII). Laplace has been called both an atheist and a deist.

LeVerrier gets a whole book to himself (Lequeux 2013), which describes two of his interactions with Fizeau (known to have been a good Catholic). On the one hand, Fizeau supposedly reproached him for not conforming his religious practice to his sentiments and, after his death, saying "we also know that LeVerrier was religious, but who would reproach him for that?". He took communication just a little less than three months before his death, and is buried at Montparnasse cemetery near the observatory he commanded.

Mention of LeVerrier naturally brings to mind that other predictor of Neptune, John Couch Adams, a very different sort of person, though the two admired each other. Adams (Glaisher 1892) came from a devout Methodist family. A lay fellow at St. Johns College Cambridge, he was first wrangler (top score on the mathematics exams his year) and the first Smith's prizeman. He declined to take orders in the Anglican church, forcing his departure from St. John's, but was elected a lay fellow of Pembroke College, an affiliation he retained (along with the directorship of the Cambridge Observatory and the Lowndean professorship of astronomy and geology) until his death. His funeral took place in the Pembroke College Chapel, and he is buried in St. Giles Cemetery, Huntingdon Road – like LeVerrier close to the observatory he directed. Adams married Eliza Bruce (BEAII) and was described in his obituary as having "moral and intellectual qualities perfectly balanced".

John James Waterston is a truly spectacular case – a background in a vanishely small sect and some extraordinarily prescient ideas about physics and gravity, most not published in his lifetime. Waterston's parents and his good friend Michael Faraday were Sandemanians or Glasites, members of a very austere protestant sect with its origins in Scotland around 1730. Its last elder died in 1999. There are a few photos of its former houses of worship to be found on web sites. They look just like ordinary, everyday buildings to house small businesses or not very rich people. Well, today they are ordinary buildings, but a deconsecrated Church of England church (of which there are now many) definitely still looks like Anglican church. As for his science, he recognized the significance of conservation of energy and related phenomena before Kelvin and Joule had published on the subject. He attributed comet tails to something emanating from the sun and overcoming gravity. And, most important, writing "On the Force of Gravitation" in 1858 in the Philosophical Magazine, he suggested that "the force of gravitation may thus be viewed as the antecedent of the sun's heat". Later papers pointed out that the temperature of the sun must increase toward the center and that central heat might be maintained by the addition of further gravitational material (perhaps meteorites) as the sun aged. The most important of his papers were rejected by the Royal Society around 1845 and found in the Royal Society files, along with the referees' reports, by Kelvin who arranged for publication in 1892. The Royal Astronomical Society started rejecting his papers in 1878 (including on the central heat of the sun), at which point he resigned his fellowship, although he had paid out a life membership in the 1850s. Haldane (1928) col-

lected as many of Waterston's papers, published and unpublished, as he could find, along with some of his private letters and also told something of Waterston's life. Like some of our other heroes of gravity, he died unmarried, and his most affectionate letters are written to his brother George. One signature reads “yours most affectionately, JJ Waterston”.

This form of signature to a sibling struck me as very odd when I first encountered it in the writings of Henry Mosely, but Gerald Holton informs me that he has seen at least one Einstein letter to his sister signed “A. Einstein”. Autres temps, autres meurs!

John Michell (McCormmach 2012, Bartusiak 2015) comes about as close to spirituality in tune with his surroundings as anyone in our story. His father was a Church of England priest and his mother named Obedience. On the science side, Michell invented the Cavendish (torsion) balance, used even today in many determinations of the numerical value of Newton's constant, G. He suggested that masses of stars might be measured because the speed of light would decrease when it climbed away from a massive object. Please do not sneer, first a particle theory of light and Newtonian gravity yields the correct value for gravitational redshifts to first order (e.g. for the sun and white dwarfs) and, second, when we look for a change in the wavelength or frequency of the light leaving a white dwarf or neutron star, it is the same loss of energy that we seek, although in the neutron star case that loss is large enough that a relativistic calculation is required. Michell also looked at the distribution of stars in the sky and concluded that there are many gravitationally bound pairs and clusters, for the statistics of random distributions would not yield anywhere near so many binaries and groups as we see. His election to the Royal Society was for his work on earthquakes.

Meanwhile, as it were, Michell received MA and BD degrees from Queens College, Cambridge, was censor in theology and praelector in Greek and Hebrew at the College, served as rector of St. Botolph's Church Cambs. (1760–1763), was elected to the Woodwardian chair in geology, but relinquished the chair upon his first marriage. His first wife lived only a year, and he held clerical positions in Hampshire for a couple of years, becoming rector of St. Michael's church, Thornhill near Leeds in 1766. His second, 1773, marriage was graced by one daughter, and he died and was buried near home. No portrait of Michell has survived, but he is said to have been short, dark (at least by the standards of sun-starved Thornhill!), and somewhat plump. He thought there might be dark stars (indeed he calculated the equivalent of a Schwarzschild radius for something with a density near that of the earth or sun) and said one might look for them by their gravitational effect on luminous objects. Edmund Whittaker said he was the only natural philosopher of distinction at Cambridge in the century after Newton. Whittaker himself was an adult convert to Catholicism.

If I were allowed to share a meal with two of the featured players in this story, my choice would be Waterston and Michell, and I would expect a better dinner with Michell.

And what about Bessel, who showed that Sirius and Procyon were being affected gravitationally by then-invisible companions? He is also generally credited as being the first to measure heliocentric parallax (for 61 Cyg, the star with the largest proper motion then known), confirming a sun-centered solar system as per Copernicus, although Henderson (Alpha Centauri from the Cape) and a Struve were close ties. Both Hirshfeld (2001) and obituary in Monthly Notices (Anon 1846) mention that his mother's father was the minister of a small town, Rheme, in Westphalia, presumably a Lutheran minister. His early apprenticeship required work on Sunday morning, which must have limited his church going. He married the daughter of a professor (presumably in church) Johanna Hegen. They lost a son (sources differ on numbers and genders of children) in 1841, and Bessel is buried near the observatory at Konigsberg, where he spent all of his later career. And that is about that. His strongest commitment was apparently to precision measurement.

The century-plus of triumphs of Newtonian gravitation effectively ends with LeVerrier's recognition that the orbit of Mercury is rotating a bit faster than can be accounted for by all the Newtonian perturbations. This brings us nearly to Albert Einstein.

Almost Einstein

Gutfeund and Renn (2015) provide capsule biographies of 40 physicists, mathematicians, and philosophers whom they regard as relevant to Einstein's thinking. A subset of these were born before 1873, but roughly Einstein's contemporaries, and we can say at least something about their cultural or religious backgrounds. These are, alphabetically and as NASA bullets:

- Christoffel, Elwin Bruno (1829–1900). Mathematical symbols now used in standard treatments of GR. Einstein learned of them though Marcel Grossman. Attended a Jesuit Gymnasium.
- Etvos, Lorand (1848–1919). Experimental demonstration of the equivalence principle. Hungarian: population about 2/3 Catholic, 1/3 Calvinist and other protestant.
- Hertz, Heinrich Rudolf (1857–1894). A formulation of classical mechanics excluding the concept of force. Mother was daughter of Luteran minister. Grandparents converted from Judaism in 1834.
- Hilbert, David (1862–1943). Equations more or less equivalent to Einstein's. Left a set of mathematical problems to be solved over the next century. Many have been.
- Levi-Civita, Tullio (1873–1941). Non-Euclidean spaces etc. Jewish. President of the IAU Commission on Relativity when it voted itself out of existence.
- Lorentz, Hendrik Anton (1853–1928). Lorentz contraction etc. Raised as

a protestant; later described himself as a free-thinker.

- Mach, Ernest (1838–1916). Mach's principle. Baptised Roman Catholic, later atheist
- Minkowski, Hermann (1864–1909). Minkowski space. Polish Jewish parents converted to protestantism to promote his education.
- Ricci-Curbastro, Gregorio (1853–1925). Ricci tensor. Came from deeply Catholic tradition and remained so entire life.
- Riemann, Bernard (1826–1866). Riemannian geometry. Father a Lutheran minister. Studied Theology intending to take orders, but did not. Remainded Lutheran.

Most of the information not in Gutfreund and Renn has come from Wikis and lists of Jewish physicists.

A word about Jewish physicists

A physicist is someone who does physics, and physics is what physicists do, not perhaps terribly helpful. But these not-quite-definitions have allowed the field to expand from classical mechanics and electromagnetism to take in quantum mechanics, general relativity (which is also mathematics), nuclear, atomic, molecular, and particle physics (which might also have been chemistry), and more recently soft condensed matte, biophysics, physics education, and even, just about, history and philosophy of physics (which is what we are doing here).

The Jewish people were historically an endogamous tribe (meaning you were supposed to marry another member or members to be your co-parent(s)), with membership following the maternal line. A quick Google will give you a list of couple hundred "Jewish Physicists", from Abraham (Max, 1855–1922, who sparred with Einstein about special relativity and ether and also field theories of gravity, Guttfreund & Renn 2015, p. 165) to Zeldovich (Yakov, who appears below among the Russian relativists). Most adhere to that description; some are listed (correctly as far as I can tell) as "Jewish father only". The list is not complete, omitting for instance, the last of J. Robert Oppenheimer's students still living (Edward Gerjuoy, not a relativist), and there are a few "false positives". None are listed as converts, which has always been, though generally rare and discouraged, the only was of joining the tribe, apart from birth to a Jewish mother.

Jewish philosophers (etc.) appear at least from the Middle Ages onward. Maimonides (1135–1204) wrote his most famous work (The Guide of the Perplexed) in Arabic and said that time had to be created by God, so that "In the beginning" is not the right way to start a creation story. Spinoza (Benedict later, Baruch initially, 1632–77) is widely said to have influence Einstein's thoughts.

But Jewish physicists and mathematicians seem to appear very suddenly in the middle of the 19th century, with Hermann Minkowski (1864–1909), Tullio

Levi-Civita (1873–1941), Karl S Schwarzschild (1873–1916), Max Abraham (1875–1922), and Einstein himself (1879–1955). There is surely a literature on this topic, but I do not know the answer. From this time onward, very many theoretical physicists (the relativists mentioned here, and developers of quantum mechanics and other fields) came out of the Jewish community, typically becoming secularized (though "assimilated" is too strong a statement) in the process. Many appear in the following sections.

Albert Einstein, the early adopters (of GR), collaborators, and students

For our narrow purposes, the most important of Einstein's many contributions to 20th century physics is his general theory of relativity (GR for short), first published in 1915–16 (Gutfruend & Renn 2015). He has been the subject of long, serious biographies (Pais 1982), shorter, almost cheerful ones (Topper 2015, which is not entirely error-free) and everything in between (BEA II, Wazack 2014, Halpern 2015). Indeed there is a whole volume devoted to Einstein and Religion (Jammer 1999). The reader is left wondering "well, what did he really think?". The problem is clearly that Einstein lived a long and eventful life, did a lot of thinking, and was often asked to answer questions about his beliefs. Not surprisingly, these evolved.

The best (and relatively brief) summary is Holton's (2002) "Einstein's Third Paradijs", which describes the man moving from youthful extreme enthusiasm for Orthodox Judaism and its practices (left just before he would normally have been called to the Torah as a Bar Mitzvah), to wholehearted devotion to science (when he seemed to his contemporaries or at least his critics to be essentially an atheist), to a spiritual view of the cosmos, without a personal God, but, none the less with order. Spinoza is often mentioned as having put this sort of perspective into a formal philosophy, and he was "excommunicated" by the Amsterdam synagogue. Lifelong was Einstein's quest for unity, which was part of his opposition to quantum mechanics (Halpern 2015). Also of long standing was his support for the establishment of a Jewish homeland in Palestine, in the hopes that this might unify the spectrum of Jewish opinion and practice, and also with the understanding that the resident Palestinians should not be dispossessed. Both hopes have proven vain.

In any case, a complex man, with complex understandings of the world that evolved with time. Schweber's (2008) Einstein and Oppenheimer is also worth reading in this context.

Einstein: General Relativity, the early adopters

These are a subset of the scientists who published papers about GR, or as it was then more often called, Einstein's Theory or Einstein's Gravitation Theory (the German equivalent most often). Apart from a couple of them whose non-Aryan heritage became apparent later, I have not attempted to identify cultural or religious backgrounds, but the most relevant point is probably that their devotion to science was so great that they worked on relativity during the Great

War, a subset of them from the trenches. The ordering is how they came to mind, not chronological.

- Karl Schwarzschild (1873 –1916). First exact solution of the field equations. Died of pemphagus, contracted on active duty. Jewish and the father of German-American astrophysicist Martin Schwarzschild.
- Josef Lens (1890–1988) and Hans Thirring (1885–1976). The Lens-Thirring effect, dragging of intertial frames.
- Hans Reissner (1874–1967) and Gunnar Nordstrom (1881–1923). The Reissner-Nordstrom solution to the equations, incorporating electric charge. The former "non-Aryan".
- Ludwig Flamm (1885–1964) "Contributions" on Einstein's gravitation theory, 1916 Dissertation under Hasenohrl; married Boltzmann's daughter. Austrian.
- Johannes Droste (1885–1963). Dutch. The field of a single center in GR; essentially the Schwarzschild solution, but arrived at by different method, and not recognized until fairly recently (BEA II) .
- Erich Kretschmann (1887–1973). Disagreement with Einstein about the meaning and significance of covariance. Kretschmann was raised in the Roman Catholic church, but left it after his mother died. His faith and metaphysics relied on fundamentals of modern science and scientific realism, vs. religious belief. He was to be too disabled to serve in the First World War. Living in Prussia as a Catholic put him out step with his neighbors, and he was badlydepressed in much of later life. His work on covariance involved what would be called diffeomorphisms.
- Kottler, Friedrich (1886–1965). Austrian Jew. Acceleration and rotation in GR; equivalence principle. Later career at Eastman Kodak.

The cosmologists

- Wilhelm de Sitter (1872–1934) Dutch. Transmitted Einstein's GR papers to Eddington in UK. A cosmological solution with expansion but no matter, in contrast to Einstein's own solution, with a cosmological constant and matter but no expansion
- Georges Henri-Joseph-Edouward Lemaitre (1894–1966). Belgian, at Louvain Jesuit school. Interrupted engineering study to serve as artillery officer 1914–18. Finished that degree, then to Malines seminary and priested in 1923. Thesis includes what is now called the Tolman-Oppenheimer-Volkoff solution. Showed that the Schearzschild horizon is not a real singularity. Expanding solution of the Einstein equations with potential for exceedingly high density and temperature at early times. His universe always had a cosmological constant (Godart in Eisenstaedt & Cox 1992, Holder & Mitton 2012). Necessarily spent a good deal of his time explaining that his cosmology and his faith were separate, that theoretical cosmology remains "outside any metaphysics, metaphysical or religious question." (talk at the 1958 Solvay conference, H. Kragh in BEA II) . He did not persuade everyone

either of the separation or of the reality of his “primordial atom”, though he is often now called the pioneer of Big Bang cosmology.

- Alexander A. Friedmann (1888–1925). Meteorology and aviation instrumentation during WWI (Russian side). Solutions of the Einstein equations with negative curvature and expansion. Initially rejected by Einstein, first for a non-existent mathematical error, and later on philosophical grounds. First proposal of something that would later be called a Big Bang. Note that Lemaitre's papers date from the early 1930s by which time Friedmann was dead of typhus. Had studied with Ehrenfest when both were at St. Petersburg. Both Jewish
- Arthur S. Eddington (1882–1944) A lifelong, serious Quaker and pacifist, who narrowly escaped problems with British military recruiters during the First World War. Received the GR papers from de Sitter, arranged for publication in UK, and transmitted the ideas to English-speaking scientists. Co-organizer of the 1919 eclipse expeditions generally regarded as having confirmed the GR prediction of light deflection by the sun. Once again, there is a considerable literature (Stanley 2007, Chandrasekhar 1983, A. Mercier in Eisenstaedt & Cox 1992, Batten 1984), a good deal of it dealing with science and religion issues (Glass 2006, Douglas 1956), and his own versions (Edington 1929 and 1939) do not fully justify his claims elsewhere that he persued science quite independently of his philosophical or religious opinions. R.O. Redman (1945) believed that Eddington's view of the world was strongly influenced by extreme myopia, and it sounds as if he might also have been prosopagnosic. For the 95% or so of humanity who is not, let me just say that the perpetual uncertainly about whether you will recognize your students, friends, and family adds a certain edge to life. Eddington also wrote a 1930 book called Why I Believe in God, addressed to the claim that there is no serious contradiction between science and religion.
- Edward A. Milne (1896–1950) was not quite an early adopter. Indeed, though he collaborated with McCrea on Newtonian analogies to the GR cosmological models, he put forward a different, contradictory theory of gravity, involving two kinds of time. He was not a contentious objector, working on ballistics for anti-aircraft gunnery during the First World War and also (Milne 1952) advocated non-hostility between science and religion.
- William Hunter McCrea (1904–1999) produced a number of papers on relativistic astrophysics and cosmology over the years, but toward the end of his life (McCrea 1987) come to doubt all cosmological models. Coming from a family of Plymouth Brethren, he became an Anglican by age 18 and was of the particularly kindly sort who, if there was no Church of England nearby, would fulfill his Sunday morning obligations at the nearest Roman Catholic church, early enough to join whatever the conference expedition might be that day.
- Pascal Jordan (1902–1980) was the advisor of both Engelburt Schucking and

Juergen Ehlers, and so is undoubtedly part of the story, but (like Lenard and Stark) he was an anti-Semitic Nazi and favored a theory of gravity in which G weakened with time over GR.

Einstein collaborators and students

The first two collaborators were contemporaries and life-long friends, Michele Besso (1873–1955) from a Sephardic Jewish family, and Marcel Grossmann (1878–1938). Besso is the only person thanked in the first, 1905, special relativity paper (Einstein 1905), and Einstein and Grossmann (1913) is what is generally called the Entwurf theory, part, but not all the way to general relativity. It expresses the exact identity between inertial and gravitational mass. There are two co-authors I have not chased down, A. D. Fokker from 1917 and J. Grommer from 1927. The papers are referenced and briefly described in Misner, Thorne, and Wheeler (1971). Both are in German.

Best-known are the trio-papers, Einstein, Podolsky and Rosen (1935) and Einstein, Infeld and Hoffmann (1938). The former deals with aspects of disagreement with quantum mechanics and the latter with aspects of motion as determined by the field equations of GR. The co-authors are all a generation younger than Einstein:

- Boris Podolsky (1896–1966)
- Leopold Infeld (1898–1968)
- Nathan Rosen (1909–1955)
- Banish Hoffmann (1906–1986)

All except Hoffmann were Jewish, as also were Einstein's other well-known younger associated; Peter Bergmann (1915–2002) and Valentijn Bargmann (1908–1989), who worked with Einstein on Kaluza-Klein (5-dimensional) theory as a possible approach to a unified theory of gravitation and electromagnetism, among other topics. Bargmann moved to Sweden in 1933; Rosen eventually emigrated to Israel (and in due course started working on non-GR, bimetric theories of gravity); and the most complicated trajectory was that of Infeld, who moved to the United States, then to Canada, and finally back to his native Poland (Infeld 1978 tells most of the story) (see also Infeld 1941, 1950).

Infeld was also one of the last main-stream physicists to deny the reality of gravitational radiation that carries energy. He handed on the disbelief to others less well known in gravitation physics (e.g. Schiedegger 1953, one of his Canadian students).

Since Peter Bergmann was one of the founders of the Texas Symposium series on relativistic astrophysics, we might go there next, but please be patient just long enough to recall Oppenheimer and Volkoff (1939) on the general relativistic structure of neutron stars and Oppenheimer and Snyder (1939) on continued gravitational collapse. And then there was a war. Indeed the latter paper appeared literally on 1 September 1939, as German troops marched into Poland. Of the three people J. Robert Oppenheimer (1904–1967) came from

an already secular Jewish family, was sent to an Ethical Culture School, and found coming to terms with a Jewish heritage even more difficult than did Einstein (Schweber 2008). George M. Volkoff (1914–2000) was born in Salt Lake City a Latter Day Saint (Mormon) environment, if not heritage.

A few Russian/Soviet gravitation physicists

European-style physics arose relatively slowly in Imperial Russia, and the succeeding Marxist-Leninist-Communist governments generally disliked relativity. The great Lev Landau had repeated harsh words for all of cosmology and astrophysics. (He and his co-author E.M. Lifshitz were both of Jewish ancestry). But here are three theorists of technical relativity and three founders of relativistic astrophysics despite this repressive atmosphere. These first three were at the 1959 Royaumont conference (Lichnerowicz & Tonnelat 1962) and spoke there about the topics mentioned in the table. Their dates and few other tidbits were gleaned from Wikis.

The three founders of Russian relativistic astrophysicist were friends for both Joe and me, Zeldovich most closely and Ginzburg least. Ginzburg outlived the others and so his version of who discovered what won out (Ginzburg 1990). All three were involved at various times in the understanding of neutron stars and collapsed or frozen stars (black holes), in the prediction and understanding of synchrotron radiation from cosmic sources, and other topics. The accounts in BEAII are not self-consistent; in an ideal world one author would have written about all three (probably not the authors who did). All three came of Jewish parentage. According to Ginzburg this did not result in any particular discrimination during the inter-war years, though it probably did for Zeldovich (BEAII). All three described themselves as atheists, perhaps of necessity. Shklovsky at least had said Kaddish for his father.

Shklovsky (1991) tells a rather unpleasant story about Zeldovich's role as a scientific supervisor of Mates(t) Agrest, an observant Jewish ethnologist, but Zeldovich also recognized both words and tune of a 19th century version of the blessing over wine that Joe and I provided (at the Jena GRG in 1980) when he and his then-wife Angelica asked to hear me sing (we were in fact all sober at the time).

Lindner (2016, private communication) has passed on a sort of rumor that a disproportionate fraction of (Jewish) 20th century theoretical physicists had fathers or grandfathers who were Talmudic scholars. I do not have data to test this in any reasonable way, but if it is true, it probably reflects the more general, demonstrable, fact that theoretical physicists (and many other flavors of scientists) have come from relatively educated backgrounds, and the also demonstrable (but less popular) fact that at many times and places Talmud was the only education available to Jewish men. This is a broader education than the uninitiated might suppose, because these books deal with virtually all aspects of human life, both moral and practical. See also Efron (2014) on the Russian/Soviet circumstances especially.

Name	Dates	Comments
Fock, Vladimir Aleksandrovich	1896 – 1974	GR many-body problem. Materialistic understanding of relativity that coincided philosophically with Marxism. Academician 1969. Part of group that walked out of GR6 meeting in Copenhagen when there was voting to be done.
Ivanenko, Dmitri Dmitrievich	1904 – 1994	Unified non-linear spinor theory of gravity; arrested 1935 (exile 1936 – 38), paper with Gamow 1926 on Kaluza– Klein 5-dimensional space; much else.
Petrov, Alexsei Zinovievich	1910 – 1972	Son of Russian orthodox parish priest, came to GR via non-Euclidian geometry, classification of types of solutions of Einstein's equations; never fully recovered from major August, 1942 wounds.
Zeldovich, Yakov Borisovich	1914 – 1987	Collapsed stars and larger entities, many aspects of relativistic astrophysics, influenced about 100 students, firm atheist. US only once, 1987.
Shklovsky, Iosef Samuilovich	1916 – 1985	Synchrotron radiation, solar corona, X-ray sources as neutron star binaries, Lenin prize but only associate Academician, sent unsigned holiday card of an wise man (astrologer) pointing to a very bright star (probably meant as SN 1054). Was the only participant at 1970 Crab Nebula conference who had actually seen the nebula. At 3rd Tx in New York.
Ginzburg, Vitaly Lazarevich	1914 – 2009	Academician 1966 (for fusion bomb work), compact objects, cosmic rays, non-thermal radiation, at 3rd Texas Symposium (New York), some Jewish students.

Where are the woman?

Woman have played several roles in the history of astronomy. One set worked closely with brother (Caroline Herschel), husband (Margaret Huggins, Elizabeth Hevelius), or father (Maria Mitchell). Others, under the title of "computers", included the discoverer of the Cepheid period-luminosity relation (Henrietta Swan Leavitt), or the sharp-line criterion that later revealed giant stars (Antonia Maury) and the classifier of more than 200,000 low-dispersion stellar spectra (Annie Jump Cannon). All have entries in T. Hockey et al. (2005, Ed. Biographical Encyclopedia of Astronomer, 2nd edition, Springer), but none seems to belong to the history of gravity. Relying again on BEAII, there are even fewer candidates from the Indian, Chinese, and other traditions.

Two might be claimed. Hypatia (c. 370–415 CE) , a student (under her father), commentator, and teacher of philosophy, mathematics, and astronomy, when these were not so different as they are now. Sche was slain and dismembered by a mob in March 415 supposedly for her adherence to her pagan and Neoplatonic roots after her native city of Alexandria had become Christian.

Leap forward 1200 years to Emilie du Chatelet (P. Fara 2015 “A woman of gravity” New Scientist 28 May p. 40–41) who translated Newton's Principia into French. Hers is still the only complete version in that language, but is not really entirely Newton, since she converted the mathematics into words and the geometry into algebra. It was published only after her death in 1749. Her philosophical stance is implied both by the fact that she worked with, and lived with, Voltaire the last 16 years of her life and that she had earlier written book, Foundations of Physics (1740) attempting to reconcile Newton, Descartes, and Leibnitz, and pointing out that Newtonianism inevitably entails a metaphysical assumption that the universe follows scientific laws. Newton himself admitted, even rejoiced in, sporadic divine intervention to keep the clockwork running She probably did not.

Coming to the modern era of relativistic gravitation, the post-world-war II renaissance, built on the German foundations, centered around Zeldovich in Moscow, Wheeler at Princeton Bergmann at Syracuse, and Pirani in London (Blum et al. 2015). None had conspicuous woman colleagues or students. In fact of the four woman active in GR before about 1965, all of the four I know or knew (Yvonne Choque-Bruhat, M.A. Tonnelat, S. Mavrides, and Cecile Morette-DeWitt) studied in France, mostly Paris. If any was other than a traditional French rationalist, it was not obvious.

In the present moment, the July, 2016 GR21 (21st General Relativity and Gravitation) had about 90 women out of 630 participants. Half showed up for a woman's luncheon, of whom I was conspicously the eldest, and their primary beliefs seemed to be in glass ceilings and harassment, which they hoped someone would do something about.

A very special case is Vera Cooper Rubin (1928–2016), who has told her own story (Rubin 2011). She is universally acknowledged for observing the rotation of many spiral galaxies in a way that demonstrates the dominance of the gravitational effect of dark matter in their outer parts. Her father was born Pesach Kobchefski in Vilno (Latvia); her mother, Rose Appelbaum, born in Philadelphia, was the child of very observant immigrant parents. Vera and her husband, the late Robert Rubin, were long time members of the same reform synagogue (Temple Sinai, in Washington DC) for which Joe Weber had been one of the fund raisers (our membership continued until his death). It must have been late December 1971 or early January 1972 when Vera described me to Joe as “she goes to lots of conferences and always looks absolutely elegant”. It was on this basis that Joe wrote to me to say that he was going to be in Southern California in early February and would like to take me to dinner. Vera did her PhD dissertation (while already a mother) at Georgetown (Catholic) University, whose astronomy department chairman, Father Francis Heyden, agreed to let her work with George Gamow. Why Georgetown? It was the only university in the Washington area (where Bob had a job) that offered a PhD in astronomy.

Where do I fit in this small pattern? From the gravity side, a project to measure the gravitational redshift in white dwarf spectra (Greenstein & Trimble 1967, Trimble & Greenstein 1972), a search for black holes among spectroscopic binary stars (Trimble & Thorne 1969), the last truly wrong paper about the black hole in Cygnus X-1 (Trimble, Rose, and Weber 1973). Four papers with Weber (and others), including the written version of a talk at the 1972 "Texas" Symposium (Trimble & Weber 1973), and another 40+ years of sporadic involvement in searches for gravitational waves. On the religious side, I was raised a (third-generation) atheist, and this is still my spiritual or non-spiritual conviction. But I converted to Judaism in the few weeks between when Joe and I met and when we married, a quick process because I had already been singing in synagogue choirs for some years, and have continued to do so, regularly until the late 1990s and occasionally until 2014, when the last Chazzan I knew at all well (from the Temple the Rubins belonged to) retired. These two pieces are not inconsistent. I happily matched Joe's level of observance: fasting on Yom Kippur, Shabbath and Chanukah candles, Friday night and High Holiday synagogue attendance, and three different flavors of year-end cards to send – Christmas; Channukah; neither of the above. Konrad, by the way, preferred to receive the Channukah one, and responded with the Christmas sort, sometimes paintings with an echo of the two-Christ-child concept.

Beyond the Eurocentric, Judeo-Christian traditions

Western astronomy came to India, China, and Japan with the 16th century Jesuit missionaries, but did not last very long there (North 2008, p. 138–153). Gravitation theory (and quantum mechanics) came considerably later, and the first practitioners were largely self-taught out of books and reprints acquired with some difficulty. The four colleagues in this table were all acquaintances, three of them indeed friends. All three did first degrees in their home countries and Fang Li Zhi also his PhD, Chandra, Narlikar, and Islam all earned Cambridge PhDs. Fang (2015) has told his own story, as has Narlikar (2016). There are several very informative obituaries of Islam to be found on the web (in English; I cannot speak to the content of the ones in Bengali!). Chandrasekhar has, not surprisingly, been the subject of very many short and long reminiscences and biographical treatments, two short ones in Saikia & Trimble (2011), and at least one outstanding long one (Wali 1991).

The personal connections: Chandresekhar was the thesis advisor of my PhD director (Guido Munch) and I encountered him a number of times and places from 1967 onward. Jayant Narlikar and Jamal Islam were both postdoctoral fellows at Fred Hoyle's Institute of Theoretical Astronomy during my years there (1969–71). Their lifelong attachment to non-standard cosmologies, non-cosmological redshifts, and so forth derive from their work with Hoyle (He did not have that effect on me!).

Fang I knew only from brief encounters at conferences, so he gets the first story. It was at a “Texas” symposium on relativistic astrophysics (Brighton 1980, I think, but wouldn't swear to it). The long-term organization of these symposia was in the hands an International Organizing Committee, headed (since 1963) by Ivor Robinson (who died just this past May). Fang came up to Ivor and pointed out that there were no Chinese on the IOC. Robinson said “there are now”, and appointed him immediately. I then informed Ivor that there also no woman (and had never been), and was duly appointed. Fang remained a member until his death; I still am. There are now other woman, and China is represented by Shuang-Nan Zhang.

The Hallal food tradition is not the essence of being Moslem any more than keeping a Kosher kitchen is the essence of Judaism, but they are easy to track. Jamal, his wife, and two lovely daughters made everyone welcome in their home in Cambridge long ago, with wine available for those who wanted it, but not consumed by host and hostess. And we dined in some restaurant in Cambridge later when we were both back for something, toasting each other in either fresh or fermented fruit juice!

Jayant was among our scientific hosts the year the International Astronomical Union met in Delhi, with a quasar symposium afterwards in Bangalore. In an introductory talk, he explained that he was a small Indian up close, not a large Indian far away. In other words he still held to his support of non-cosmological redshifts and a quasi-steady state universe.

There is no doubt that Chandra's last years in Cambridge, before moving to Chicago in 1937, were darkened by the refusal, perhaps the inability, of Arthur S. Eddington to accept, perhaps even tounderstands Chandra's use of relativistic quantum mechanics to get an upper limit to the stable mass of a degenerate white dwarf star (BEAII for a short version, Wali 1991 at greater length). But Chandra's biography of Eddington (1983) makes clear both his respect and his admiration. My own bit of Chandra whimsy comes from a conference in about 1990, when I asked him why he had never been part of any of the decadal survey committees used, in the US, to set equipment and other astrophysical priorities, starting in 1962 (and continuing, we suppose, in 2020). He responded immediately, “No one ever asked me”, and, after a moment's cogitation, continued with a verse or two from and English folk rhyme, ending with a pompous young may saying to a farmer's daughter, “Then I cannot marry you my fair young maid. Nobody asked you, Sir, she said”. Not surprisingly, he gave “said” the Yorkshire pronunciation required to sustain the rhyme.

Name	Dates	Family background	Later views	Scientific highlights
Chandrasekhar, Subramanyan (Chandra)	1910 – 1995	Hindu sent west with charm from mother	Life-long vegetarian Devoted to Mozart, Shakespeare, etc	Relativistic stars, recast of Principia

				black holes, many other topics
Fang Li Zhi	1936 – 2012	Confection	Committed CCP member gradually disillusioned	Scalar-tensor cosmology, neutron stars, black holes
Narlikar, Jayant	1938	Hindu, mother fairly devout	Supports Hindu tradition of good behavior, non-vegetarian	Cosmology, mostly non-standard
Islam, Jamal Nazrul	1939 – 2013	Moslem	Remained observant fan of Tagore	Cosmology, mostly non-standard

The dawn of the recent: Konrad and his cohort

We have come to an era where the numbers of scientists contributing to our understanding of gravitation defy individual attention. The 1959 Royaumont conference had about 40 participants, fewer than half of whom are mentioned here. The 2016 21st triennial conference of General Relativity and Gravitation (GR21, New York in July) had 690 registrants, and the first LIGO paper (Abbott et al. 2016) has 1004 authors. And there is no right ordering for the 20 men who do appear in this section (Konrad Rudnicki and 19 very approximate contemporaries, the original meaning of "cohort", a tenth of a legion, but 300 – 600 men), because pure chronology would separate collaborators and co–religionists, and some individuals belong to more than one cluster. But here is no attempt.

Misner, Thorne, and Wheeler (1973) has been the text that united most of the English-speaking (or at least reading) relativists for 40-some years, though there has never been a second edition (unlike Landau and Lifshitz, found among The Russians). John Archibald Wheeler (1911–2008) was the founder and long-time leader of theoretical relativity at Princeton. He popularized black holes (though he did not invent the term, Bartusiak 2015) and many other things. He and his wife Jeanette were among the founders of the Unitarian church in Princeton. Charles Misner (1932 –) was a student of Wheeler, created the "Mixmaster universe" (and many other things) and has been a lifelong practicing Catholic. Kip Stephen Thorne (1940 –) another Wheeler student is the "house theorist" for the Caltech part of the LIGO experiment. Born into a Mormon family, he now describes himself as a firm, though not combatative, atheist.

The Texas Symposia on Relativistic Astrophysics began in December, 1963 in Dallas Texas under the leadership of Ivor Robinson (1923–2016), Alfred Schild (1922–1977), Englebert Schucking (1926–2015), and Peter Bergmann (who appears among the Einstein students). Robinson, Schild and Schucking

(1965) record much of what happened at that first gathering. All three worked largely on technical relativity, exact solutions, tensors, and so forth. All three were European born, Schucking in Germany, where he was a student of Jordan; Schild was student of Infeld, and his parents were Vienese Jews; and Ivor Robinson came from a Jewish family in Liverpool, England, is buried in Israel, and (in a proud British tradition) declined to earn a PhD. I never heard any of them express philosophical or religious views, though burial in the Holy Land is associated with an ancient view that the resurrection can occur only there, so that people buried elsewhere must roll underground to the land of the Temple.

The only experimenter included in this near-modern sample is my late husband, Joseph Weber (1919–2000), who developed and built the first detectors for gravitational waves back in the 1960s, though an extended look at his career (Trimble 2016) reveals a good deal of theoretical work as well. He was raised in an observant, Orthodox Jewish household, early in his scholastic career became a skeptic/agnostic/atheist, but remained moderately observant to the end, fasting on Yom Kippur, saying blessings over the wine on Friday events, lighting Chanukah candles (and joining me in singing Chanuka songs), and so forth His Haftorah reading came from Ecclesiastes (Vanity of vanities …). What is a Haltorah reading? Ok. A boy born into a Jewish family is circumcised on the 8th day (Brit milla or some other spelling). At age 14 he becomes a man, with a man's responsibilities and privileges. One of these is reading from the Torah (the five Books of Moses), and there is a very strong view that this duty and privilege should be assumed as soon as possible, with the boy/man becoming Bar Mitzvah (son of commandments, roughly). These days in the US the ceremony normally occurs on the Sabbath and is marked by an enormous party. In the environment in which Joe grew up, the boy read, perhaps with others, the next Torah-reading day after his birthday. His was the Thursday after Lag B'Omer in 1932, but it turns out that not all congregations then or now go through the five books and the associated readings from the rest of Hebrew bible (Old Testament) in quite the same pattern, so you can't just look it up. And I have been surprised to learn of late that a number of mature Jewish men of my acquaintance no longer remember what reading they were assigned, though they often still remember the blessings recited before and after the reading (which is traditionally done in a style of cantilation). The observant apikorus (heretic, atheist) is a fairly old tradition in Judaism, much less common in Christianity, but there is one example below.

Three true clergymen appear here, near the middle of the moderns, Konrad Rudnicki (1926–2013), Michał Heller (1936 –) and William Stoeger (1943 – 2014). Konrad who really needs no introduction here, was a priest of the old Polish, Mariavite church, who, with his mother, sheltered a Jewish family during German occupation of Poland. His very first astronomical work was on variable stars, then on supernovae and clusters of galaxies, and he later concentrated on the goal of uniting gravitational theory, cosmology, and other

fundamental physics. Heller, a Roman Catholic priest, has degrees across the board, in philosophy, theology, and cosmology. He has contributed on the problems presented by singularities in general relativity and written of The Great Matrix of the Universe (2008), equivalent, he writes, to Einstein's expression "The Mind of God" and on the role of chance in the universe (Heller 2013). William (Bill) Stoeger, also a Catholic priest, inter-leaved his Jesuit training with earning a PhD in Cambridge, England. Some of his early work was on multiple-black-hole models for the nuclei of active galactic nuclei, and he also wrote on theological perspectives on multiverses and the anthropic Principle (Stoeger Chapter 25 in Carr 2007).

Steady state cosmology, for many years the only likely alternative to an evolutionary universe based on general relativity, came from three more-or-less British theorists. Fred Hoyle (1915–2001), Herman Bondi (1919–2005), and Thomas Gold (1920–2004). Bondi and Gold were the offspring of Viennese Jewish families; Hoyle came from West Yorkshire (BEAII). Bondi and Gold were both interned as enemy aliens at the outbreak of WWII, and none of the three ever collected a PhD, though they received many other honors (BEAII). Gold worked on an enormous number of other topics, Bondi particularly on gravitational waves, and Hoyle wandered into biological topics, not always successfully. Through their adult lives, Hoyle was an aggressive atheist, Bondi a secular humanist, and Gold, like his father, at least non-observant. Bondi's collaborators, before he moved off into science politics, included Ivor Robinson, above, and Felix Pirani, one of the dozen other distinguished relativists not discussed here.

Dennis William Siahou Sciama (1926–1999) was the advisor of very many prominent relativists and astrophysicists at Cambridge, of whom you will meet here only Martin J. Rees (Lord Rees of Ludlow, 1942 –) and Hawking in a moment. Dennis came from a Syrian Jewish family and described himself later in life as an atheist, but he and Lydia were married in a synagogue in Venice, Italy (her home territory), and once took the trouble to show it to Joe and me. Very plain and small outside (characteristic of synagogues in Christian countries through much of shared history) but gorgeous inside. Dennis was initially a supporter of the steady state cosmology but later rethought his position (a very rare process in the sciences!), partly on Rees's urging, and eventually favored an evolutionary, relativistic universe with dark matter in the form of a neutrino with rest mass a bit more than twice 13.6 eV (Sciama 1973). This has now been ruled out from both astronomical observations and laboratory particle physics experiments. Rees has developed forefront ideas on gamma ray bursts (black hole formation), the early universe, active galactic nuclei, and a countably infinite number of other topics. Baptized in the Anglican church, he now speaks of great admiration for the ritual, music, and architecture, but not the faith, describing himself as an observant but non-believing Christian. The question of whether he takes communion went unanswered.

Under the heading "singularities" we find Richard Feynman (1918–1988) because he was a very unusual person, Roger Penrose (1931 –), Werner Israel (1931 –), and Stephen Hawking (1942 –). Feynman's parents were already non-observant, scientifically minded Jews. Most of his work has been in theories of high energy and particle physics, but his 1962 – 63 "lectures on gravitation" make the point that the theory associated with a massless, spin-2 particle as the force carrier would act like general relativity, and he calls the particles gravitons, emphasizing that they had not been detected (and still not have been, in a particle sense). Hawking, Penrose, and Israel were the major contributors to the demonstration that, no matter how chaotic or messy initial conditions might be, a massive collapsing body will eventually find itself inside a horizon, with a singularity at the center, and an expanding universe, again however disordered now, much have a singularity in its past. Hawking came from an Anglican family and has declared himself a very aggressive atheist at present. Israel had a Jewish father and has a Jewish wife. Penrose has written very many papers and books extending from very technical relativity (and alternatives) to what for a better word I call philosophy. Relevant to our discussion here is a passage from Penrose (1989) on the improbability of the conditions in the standard GR early universe having come about by chance: "This now tells us how precise the Creator's aim must have been, namely to an accuracy of one part in 10^{1230}." Whenever one comes across numbers like this (as did our ancestors did when they tried to imagine a human body put together at random from a collection of cells), one reaches the conclusion, "It wasn't done that way!". The biological solution is called evolution, the cosmic one has several candidates. Penrose himself, though he has described himself as an atheist, and supporter of the British Humanist Association, has said elsewhere that the universe has a purpose and that there was an earlier universe before our Big Bang, whose signature is to be seen in the cosmic microwave radiation pattern on the sky. The Big Bang then was not a true singularity (Penrose 2016). He spoke on this topic at the Chandresekhar centenary (Saikia and Trimble 2011), but his presentation does not appear in the proceedings. Hawking is, of course, also known for the prediction of primordial (mini) black holes, and for Hawking radiation from black holes, which takes off from ideas of Jacob Bekenstein (next paragraphs). I think one has to say, as with Newton, Einstein, and other particularly thoughtful gravitation physicists, that Penrose's thought have evolved with time, though his tiling and mechanism for extracting energy from black holes are stable.

Two Israeli gravitational physicists complete this section, Asher Peres (1934 –2015) and Jackob David Bekenstein (1947–2016). Both were born elsewhere (Peres in France, as Aristide Pressman, Bekenstein in Mexico City, where his parents had fled from Nazified Europe). Peres worked, under Nathan Rosen, initially on general relativity and later on quantum information theory. He described himself autobiographically (Peres 2006) as an atheist, but remembered his Torah reading had been Chapter 18 of Genesis, which he read in the syna-

gogue as ordinary prose, rather than a chant. Bekenstein earned his PhD in Princeton under John Wheeler (above), had triple citizenship, and contributed to the "no hair" theorem (black holes are characterized only by mass, angular momentum, and charge). He was the first to associate an entropy and temperature with black holes and later put forward an alternative to general relativity called TeVeS (tensor-vector-scalar; GR has only tensors). His description of the relationship between science and religion was "I look at the world as a product of God. He set very specific laws and we delight in discovering them through scientific work".

And all the rest

Who else should I surely have mentioned? Jerzy Francisco Plebanski Rosinski (1928–2005) who, though he spent most of his career in Mexico, wrote his first book with Infeld in 1960. Andrzej Trautman who spoke at Royaumont on conservation laws in Riemann spaces (actually the French equivalent), and other participants who did not give talks, S. Bazansky, W. Tulczyjew, and J. Weyssenhoff (two from Warsaw, one from Krakow), and ... ?

Conclusion

We started out with the thought that individuals who had been particularly creative in their approach to science, gravitation in this case, were likely to have been also original in their thoughts about faith and the meaning of life. Looking at the range of beliefs and practices of the 100 or thereabouts scientists mentioned here, I still think this is true. Many were out of step with the dominant beliefs of their times and places; many departed from the traditions of their parents; and some evolved their own views over time, frequently in the direction of humanism and secularism, though not always with the abandonment of practices associated with those religious traditions. Are various forms of dissidence and free thinking commoner among scientists than among the general population? Probably, but a reliable survey (especially for past generations!) would be difficult. The second beginning thought, that early gravitation theorists could get in trouble for views not in harmony with their religious surroundings, while later ones have more often found themselves explaining that their religion does not affect their science, remains true.

One last personal note: around puberty I discovered the existence of Christianity and developed a hankering for the certainty and ritual associated with the Catholic church. I started sneaking away to light candles at St. Charles Boromeo. Father caught me and said that, since in the next few years of schooling, I would be exposed to a great many new ideas, I should not do anything irreversible. In addition, he said, I did not need to worry. If anything happened to him, there was enough insurance to take care of Mother and me. This (I learned long after) was not actually true, but the curious part is that I found it a perfectly reasonable alternative to baptism. Adolescent spurts of religiosity are not uncommon. Father's approach probably was. His own "con-

fession of faith" was that his study of chemistry had persuaded him that there is a good deal of order in the universe, but that the ritual did not interest him. I have probably found less order in astrophysics, but am found of ritual, and habitually participate in academic ceremonies, happily donning academic garb for the purpose.

Acknowledgements

I am deeply indebted to Konrad Rudnicki, with whom I shared my very first nights of observing on the Palomar 48" Schmidt telescope (fall 1966) for 50 years of friendship and inspiration and to Bogdan Wszołek, with his three lovely ladies – Magdalena, Agnieszka and Agata, for the invitation me to think and write about the interface between theories of gravity and the religious and philosophical attitudes of the theorists. Many more colleagues than I can remember or thank have contributed to my knowledge of and feelings about the scientists discussed here, but two very recent contributions on Einstein himself have come from Prof. Gerald Holton of Harvard and Dr Diana Kormus-Buchwald, director of the Einstein Papers Project in Pasadena. A special thank-you goes to Owen Gingerich, also of Harvard, for the warning that this was not to be written in a weekend. Indeed it took four, non–consequtive, and the weeks in between!

References

Abbott B. P. et al., 2016. Physical Review Letters 116, 061102
Anon., 1849, Obituary of Bessell, MNRAS 7, 199-214
Bartusiak M., 2015, Black Holes, Yale University Press
Batten A. H., 1994, A most rare vision: Eddington's thoughts of the relation between science and religion. QJRAS 35, 249-270
Bird K. & Sherwin M., 2005, American Prometheus, Alfred A. Knopf
Blum A., Lalli R., Renn J., 2015, The Reinventional of General Relativity Isis 106, 598
Buchwald J. Z., Feingold M., 2013, Newton and the Origin of Civilization, Princeton U.P.
Carr B. (Ed.), 2007, Universe or Multiverse, Cambridge Univ. Pressman
Carroll S., 2016, The Big Picture, Dutton
Chandrasekhar S., 1983, Eddington: the Most Distinguished Astrophysicist of his time, Cambridge Univ. Press
Connor J. A., 2014, Kepler's Witch. Harper, San Francisco
Danielson D. R. (Ed.), 2000, The Book of the Cosmos, Perseus Publishing
Danielson D. R., 2006, The First Copernican, Walker & Co. NY
Douglas A. V., 1956, The Life of Arthur Stanley Eddington, Nelson, London
Drake S., 1980, Galileo, Oxford Univ. Press
Eddington A. S., 1922, The Mathematical Theory of Relativity, Cambridge Univ. Press
Eddington A. S., 1927, The Nature of the Physical World
Eddington A. S., 1929, Science and the Unseen World, Allen & Unwin, London
Eddington A. S., 1939, The Philosophy of Physical Science, Cambridge Univ. Press
Efron N. A., 2014, A Chosen Calling: Jews in Science in the 20th Cent., Johns Hopkins P.
Einstein A., 1905, The Electrodynamics of Moving Bodies. Ann. Phys 17, 891-921
Einstein A., Grossmann M.,1913, "Entwurf" Z. Math Phys 62, 225-261
Einstein A., Rosen N., 1937, On Gravitational Waves. J. Franklin Inst. 223, 43-54
Einstein A., Infeld L., Hoffmann B., 1928, The gravitational equations and the problem

of motion. Ann. Math. 39, 65-100
Einstein A., Podolsky B., Rosen N., 1935, Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? (their answer was no!), Phys Rev 47, 777-780
Eisenstaedt J., Cox A. N., 1992, Studies in the History of General Relativity includes A.Mercier on Eddington & Einstein, O.Godart on Lemaitre, D.Howard on Einstein & Eindeutigkerl
Fang L-Z., 2015, The Most Wanted Man in China, Heny Wolt & Co.
Fara P., 2016, A woman of Gravity, New Scientist 28/5/16, p.40
Ferguson K., 2002, Tycho and Kepler, Walker & Co. NY
Feynman R. P., 1962-63, Lectures on Gravitation, notes taken, duplicated, and distributed by Fernando B. Moringigo & Willian G. Wagner
Finocchiaro M. A., 1990, Galileo and the Art of Reasoning, Boston, D. Reidel
Galileo G., 1638, Dialoghi della Nuove Scienze, Elzevirs, Translation 1974 S. Drake, Univ. Wisconsin, Madison
Gaukojer S., 2002, Descartes's System of Natural Philosophy, Cambridge Univ. Press
Gingerich O., 2004, The Book Nobody Read, Walker & Co.
Gingerich O., 2011, Kepler's Tinitarian Cosmology, Theology & Sciences 9, No. 1, 45-51
Ginzburg V. L., 1990, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 28, 1-18
Glaisher J. W. C., 1892, MNRAS 53, 184-219 (obt. of J.C. Adams)
Glass I. S., 2006, Revolutionaries of the Cosmos, Oxford Univ. Press
Gleick J., 2003, Isaac Newton, Vintage Books NY
Goldstein P.B.R., 2001, Theological Foundations of Kepler's Astronomy, U. Chicago Press
Greenstein J. L., Trimble V. L., 1967, The Einstein Redshift in White Dwarfs, Astrophys. J. 149, 283
Gutfreunde H. & Renn J., 2015, The Road to Relativity, Princeton University Press
Haldane J. S., 1928. The Collected Scientific Papers of John James Waterston, Oliver & Boyd, Edinburgh
Halpern P., 2015, Einstein's Dice & Schroedinger's Cat, Basic Books NY
Heilbron J. L., 2010, Galileo, Oxford Univ. Press
Heller M., 2013, Philosophy of Chance, Copernicus Astronomical Center, Krakow
Hirshfeld A. W., 2001, Parallax, W.H. Freeman & Co.
Hockey T. et al. (Eds.), 2015, Biographical Encyclopedia of Astronomers, Springer
Holder R. D., Mitton S., 2012, Reassessing Lemaitre's Science and Religion, Springer
Holton G., 2002, Einstein's Third Paradijs, Deadalus, 20, No.1
Hoskin M. (Ed.), 1997, Cambridge Illustrated History of Astronomy (p 135 on Descartes) Cambridge Univ. Press
Infeld L., 1941, Quest: An Autobiography, New York, Chelsea
Infeld L., 1950, Albert Einstein – His Work and Its Influence on Our World, C. Scribner's Sons, NY
Infeld L., 1978, Why I Left tanada, McGill-Queens Univ. Press
Jammer M., 1999, Einstein and Religion. Princeton Univ. Press
Janiak A., 2015, Newton, Blackwell, reviewed C.J. Schilt 2016, ISIS 107, 178-179
Janis A. I., 2016, Email re. Peter Bergmann
Kragh H. S., 2007, Conceptions of the Cosmos, Oxford Univ. Press
Lequeux J., 2013, LeVerrier – Magnificent and Detestable Astronomer, Spring
Lichnerowitz A. & Tonnelat M. (Eds.), 1962, Theories Relativistes de la Gravitation (Proceedings of the 1959 Royaumont conference), Paris, CNRS
Lindner R. P., 2016, email 18 April, re Jewish Physics
Love D. K., 2015, Kepler and the Universe, Prometheus, Amherst NY
Martin C., 2014, Subverting Aristotle's Religion, History, and Philosophy in the Early Modern World, Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore MD

McCormmach R., 2012, Weighting the World, Springer
McCrea W. H., 1987, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 25, 1
Melemed Y. Y., 2015, The Young Spinoza, Oxford Univ Press
Merton R., 1938, Science, Technology, and Sociology in 17th Century England, Section on Integration of Religion and science
Milne E. A., 1957, Modern Cosmology and the Christian Idea of God, Oxford, Clarendon Press
Misner C. C. W., Thorne K. S., Wheeler J. A., 1973, Gravitation, W. H. Freeman
Narlikar J., 2016, My Tale of Four Cities, National Book Trust, India
North J. D., 2008, Cosmos. U. Chicago Press (Descartes p. 404-5)
Oppenheimer J. R. & Volkoff G., 1939, Phys. Rev. 55, 374-381
Oppenheimer J. R. & Snyder H., 1939, Phys. Rev. 56, 455-459
Pais A., 1982, Subtle is the Lord: the Science and Life of Albert Einstein, Clarendon Press, Oxford
Penrose R, 1989, The Emperor's New Mind, Oxford (p. 344 quote)
Penrose R., 2016, Fasion, Faith, and Fantasy in the New Physics of the Universe, Oxford
Peres A., 2004, I am the Cat who Walks by Himself, Foundations of Physics 36, 1
Redman R. O., 1945, MNRAS of South Africa 4, 26-27
Robinsom I., Schilr A., Schucking E., 1965, Eds. Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse. U. Chicago Press
Rosen E., 1939, Three Copernical Treatises, New York
Rosen E., 1992, On the Revolutions, Baltimore & London
Rubin V. C., 2011, Ann Rev. Astron. Astrophys. 49,1
Saikia D. J., Trimble V. (Eds.), 2011, Fluid Flows to Black Holes, World Scientific
Scheidegger A. E., 1953, Rev. Mod. Phys. 25, 456-468
Schweber S. S., 2008, Einstein and Oppenheimer. Harvard Univ. Press
Sciama D. W., 1973, Modern Cosmology, 2nd Edition, Cambridge Univ. Press
Shklovsky J. S., 1991, Five Billion Vodka Bottles to the Moon, W.W. Norton & Co. NY, p. 80-81
Smith M. W., 2013, Beating the Odds: the Life and Times of E.A. Milne, World Scientific
Sobel D., 1999, Galileo's Daughter, Walker & Co.
Stachel J., 2016, ISIS 107, 199-201 (review of Janiak)
Stanley M., 2007, Practical Mystic: Religion, Science, and .A.S. Eddington, U. Chicago Press
Stenger V. J., 2014, God and the Multiverse, Prometheus, Amherst NY
Tropper D., 2015, Einstein for Anyone, Vernon Press, Malaga
Trimble V., 2016, Wired by Weber, euro Phys. J.H. (in press)
Trimble V., Greenstein J.L., 1972, The Einstein Redshift in White Dwarfs, ApJ 149, 283
Trimble V., Thorne K.S., 1969, Spectroscopic Binaries and Collapsed Stars, ApJ 156, 1013
Trimble V., Rose W.K., Weber J., 1973, A Low Mass Binary for Cygnus X-1? MNRAS 162, 1p
Trimble V., Weber J.,1973, Ann. NY Acad. Sci. 224, 94 Gravitational Radiation Detection Experiments with Disc-shaped and Cylindrical Antennas and the Lunar Surface Gravimeter (6th Texas Symp. proceedings)
Wali K. C., 1991, Chandra: A Biography of S. Chandrasekhar, Chicago
Watson R., 2002, Cogito Ergo Sum, David R. Godine Publishers, Boston
Wazeck M., 2014, Einstein's Opponents: The Public controversy about the Theory of Relativity in the 1920, Cambridge Univ. Press
Westfall R. S., 1980, Never at Rest: A Biography of Isaac Newton, Cambridge Univ. Press
Wilding N., 2014, Galileo's Idol: Gianfrancesco Sagredo and Politics of Knowledge, U. Chicago Press, Reviewed in ISIS 107, 182-184 by L. Boschiero

Wilkinson D., 2013, Science, Religion and the Search for Extraterrestrial Intelligence, Oxford Univ. Press
Yeomans D. K., 1991, Comets, John Wiley & Sons Inc.

***

Rozgwieżdżone niebo nad rzepiennickim obserwatorium.

Jak mętny jest Wszechświat?

Bogdan Wszołek[1,2,3]

[1]Planetarium Instytutu Fizyki Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
[2]Stowarzyszenie Astronomia Nova
[3]Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Ileż błędnych poglądów o Wszechświecie przetrawiła ludzkość zanim wnikliwa analiza obserwacji zjawisk na niebie, dokonana m.in. przez Johannesa Keplera, otwarła wrota ku globalnemu cywilizacyjnemu oświeceniu. Obserwacje blasku ciał niebieskich doprowadziły w końcu XVII wieku do bardzo ważnego rozstrzygnięcia na temat prędkości rozchodzenia się światła. Okazało się, wbrew wyobrażeniom wielu filozofów, że światło rozchodzi się ze skończoną prędkością. W konsekwencji oznacza to, że mamy wgląd w historię Wszechświata. Możemy badać jego ewolucję. Światło przychodzące do nas dzisiaj, zostało wypromieniowane przez ciała niebieskie w dalekiej przeszłości, liczonej w tysiącach, milionach i miliardach lat. Współcześni astronomowie, analizując światło ciał niebieskich, mają wgląd nie tylko w fizykę jego źródeł, ale także w niektóre tajniki środowiska międzygwiazdowego i międzygalaktycznego. Dochodzące światło zawiera bowiem ślady wszelkich jego wcześniejszych oddziaływań ze środowiskiem materialnym.

Wiedza astronoma bierze się z bezpośredniego obcowania ze światłem. On zawodowo pochyla się nad jego tajemnicą, z nim pracuje i stara się go czytać, bo, parafrazując Goethego, „każdy promyk dzwoni echami źródeł, z których się wyłonił" (w Fauście: „Każdy wyraz dzwoni echami źródeł, z których się wyłonił"). Dlatego astronom, jakby z urzędu, jest powołany do prostowania ścieżek myślenia i do rozświetlania niejasności dotyczących Wszechświata. Jednak, tak jak fotony światła giną w środowiskach mętnych, tak szlachetne idee często giną w nawale nieodpowiedzialnych działań na polu nauki.

Jednego razu odwiedziwszy Konrada w jego gabinecie, otrzymałem pięknie wydaną broszurkę o etyce w nauce. Miał ich jeszcze kilka na biurku. Od razu mną tąpnęło i jakby zatrząsł się grunt pod moimi nogami; bo skoro trzeba o tej etyce pisać, to znaczy, że są z nią problemy! Wyobrażałem sobie wcześniej naiwnie, że wszyscy uczeni są pokroju mego Mistrza i podchodzą z gruntu najuczciwiej jak potrafią do tego, co w nauce i w życiu robią. I choć, poza tym podarunkiem, nigdy z Konradem nie podejmowaliśmy tematu etyki w nauce, nigdy też nie słyszałem, aby o czyichś działaniach naukowych wyrażał się negatywnie, to jednak na całej naszej wspólnej drodze ku lepszemu rozumieniu przyrody trzeba nam było działać poniekąd pod prąd rwącego strumienia modnych, obficie lukrowanych, „niepodważalnych" idei. Głównie idei dotyczących Wszechświata, a w szczególności idei Wszechświata wybuchającego. Co ciekawe, Konrad niczego nie sugerował otwarcie, ale bardzo subtelnie odsłaniał sekrety swoich przemyśleń. Powierzchownie był bardzo zasadniczy

i tolerancyjny zarazem; w nauce nie mniej niż w religii. Zawsze szanował stanowiska odmienne od własnego, nawet skrajnie odmienne. Szanował, nie znaczy popierał! Jednak w rozmowach zawsze szło odczytać ten błysk w oku, gdy wypowiedziało się głośno zdanie, choćby niezdarnie, którego on by wprawdzie nie wypowiedział, jednak wewnętrznie się ku niemu skłaniał. W sprawach najgłębszych odsłona poglądów Konrada odbywała się bez słów. Najmilej wspominam właśnie takie pauzy w rozmowach, w których Konrad mowę całym sobą przedkładał nad użycie aparatu mowy. To zawsze były bogate w treści przekazy.

Z Konradem nie można było mówić o banałach. Albo się rozmawiało o nauce, roboczo lub towarzysko, albo o podstawach religii. Sam jego język, sam sposób ekspresji, był zawsze dostojny, jakby na miarę poruszanych tematów. Emanowała z niego zawsze uczciwość i otwartość na prawdę, choćby najbardziej niewygodną. Zaskarbić sobie przyjaźń Konrada, to była rzecz nie łatwa, sądząc po ilości jego autentycznych przyjaciół. Czasem się zastanawiam, czym ja go ująłem za serce. Przyjmijmy, że wynika to z naszych urodzinowych horoskopów. Konrad spod Raka, ja spod Koziorożca. Te zwrotne znaki podobno jakoś szczególnie mają się ku sobie. Ciekawe czy dzisiaj mój mistrz niedościgniony, obchodzący swoje 90-te urodziny już na niebiańskim uroczysku, zdoła jeszcze ucieszyć się ze skromnego prezentu urodzinowego, jaki mu daruję poniżej.

***

Przezroczystość Wszechświata jest dzisiaj bodajże najważniejszym problemem w całym przyrodoznawstwie. Rozwiązanie tego problemu może doprowadzić do podobnego skoku w cywilizacyjnym oświeceniu, jaki dokonał się w przeszłości za sprawą Keplera i jemu podobnych. Współczesne techniki obserwacyjne są wystarczająco precyzyjne, by zagadnienie przezroczystości ośrodka dzielącego ciała niebieskie od obserwatora podejmować już nie tylko jakościowo, ale przede wszystkim, ilościowo. Samo pojęcie światła jest dziś rozumiane szerzej. Wiemy, że ludzkie zmysły są wrażliwe tylko na wybrane wąskie pasmo jego częstotliwości. Techniki obserwacyjne dzisiejszej astronomii obejmują cały zakres światła (promieniowania elektromagnetycznego), od najbardziej energetycznego promieniowania gamma do najsłabszego energetycznie promieniowania radiowego. A wszystko we Wszechświecie świeci. Wszechświat nie ukrywa przed nikim swoich tajemnic. Problem stoi po stronie człowieka. Czy ten jest go ciekaw? Czy chce mu się przyglądać? Ile swego potencjału poznawczego jest gotów zainwestować w badanie przyrody? A może woli on ścieżki na skróty? Może ma skłonność raczej dyktować światu, jaki ma być, niż dociekać, jakim jest?

Prześledźmy jakościowo drogę światła od jego źródła, np. gwiazdy w jakiejś odległej galaktyce, do obserwatora. Fotony tego światła rodzą się w materii gwiazdy, a ich spektrum energetyczne jest funkcją temperatury tej materii. Raz zrodzone rozpierzchają się na wszystkie strony. Jedne giną już w najbliż-

szym sąsiedztwie źródła, np. zostaną pochłonięte przez znajdujące się tam atomy czy cząsteczki. Te, które zdołają opuścić gwiazdę, „zmęczą" się trochę pokonując siły grawitacji, najpierw gwiazdy, potem galaktyki. To wczesne zmęczenie sprawi, że do obserwatora dotrą kiedyś, jako mniej energetyczne niż były na starcie. Astronom powie w swoim żargonie, że widmo światła zostało grawitacyjnie przesunięte ku czerwieni. Grawitacja osłabia nieco energie fotonów, ale nie zmniejsza ich ilości. Wszystkie mają równe szanse dotrzeć kiedyś do naszego obserwatora. Jednak uda się to tylko części z nich. Jedne zginą zaabsorbowane przez atomy i cząsteczki napotkane po drodze. Inne w oddziaływaniu z drobinami materii, (m.in. z. elektronami, jądrami atomowymi, cząsteczkami, ziarnami pyłu) zostaną rozproszone na boki i zgubią pierwotny kierunek. Taki proces astronomowie nazywają ekstynkcją, albo osłabieniem blasku gwiazdy, spowodowanym ograniczoną przezroczystością ośrodka. Procesy absorpcji i rozpraszania fotonów mogą działać wybiórczo. Jedne częstości (fotony) łatwiej się im poddają, inne zaś trudniej. W rezultacie całego ciągu najrozmaitszych oddziaływań światła z materią rozproszoną w środowisku kosmicznym, widmo promieniowania docierającego do obserwatora jest znacznie bogatsze w informacje niż było na starcie po opuszczeniu źródła. Astronom, mając do wglądu ilość i rozkład widmowy docierającego promieniowania, chce z niego wydobyć możliwie najwięcej informacji o tym wszystkim, z czym borykało się ono po drodze. To trudne zadanie jest współcześnie wykonalne. Dla przykładu, z pomiaru rejestrowanych linii widmowych daje się wydobyć informacje o rodzaju i ilości atomów i cząsteczek napotykanych przez promieniowanie elektromagnetyczne po drodze od źródła do obserwatora. Zaś analiza polaryzacji promieniowania radiowego, pozwala wnioskować o gęstości elektronów w przestrzeni międzygwiazdowej i międzygalaktycznej.

Konrad Rudnicki, mocno zainspirowany problemem przezroczystości Wszechświata przez swego mistrza Fritza Zwicky'ego, z całą plejadą swoich studentów i współpracowników na przestrzeni kilkudziesięciu lat, poszukiwał skutecznych metod ilościowej oceny ekstynkcji międzygalaktycznej. Był właściwie najważniejszym światowym specjalistą w tym temacie i, jak chyba nikt inny, doceniał powagę problemu ekstynkcji światła w kontekście astrofizycznym, kosmologicznym i filozoficznym.

Trzeba sobie dobrze zdawać sprawę z tego, że informacje o Wszechświecie, jakie jest w stanie uzyskać astronom, są zwykle tylko wyrywkowe i na ogół niejednoznaczne. Weźmy choćby, oczywisty, acz najczęściej nieuświadomiony, obserwacyjny efekt selekcji. Wrażliwość detektorów jest z natury rzeczy ograniczona. Z drugiej strony we Wszechświecie wszystko świeci, zatem istnieje poświata, tło promieniowania o jasności zależnej od energii jego fotonów. Daje się zatem obserwować tylko te obiekty, których jasność przekracza jasność tła przynajmniej o tyle, ile wynosi dolny próg detekcji przyrządów/metod obserwacyjnych. W pogodny dzień nie widzimy gwiazd widocznych nocą, bo jasność dziennego nieba (tła) jest tak duża, że oko ludzkie nie

rejestruje różnicy jasności pomiędzy jasnością nieba z dodaną jasnością gwiazdy, a jasnością samego nieba. Ale i nocą, jeśli popatrzymy na niebo z miasta, gdzie światło licznych lamp zwiększa poświatę atmosfery, zobaczymy tylko najjaśniejsze gwiazdy. Gdy wyjedziemy za miasto, gdzie poświata atmosferyczna zblednie, zobaczymy znacznie więcej gwiazd. Z odległych od cywilizacji szczytów górskich zobaczymy ich jeszcze więcej, a z kosmosu najwięcej. Gdyby zmieniać nie poziom jasności tła, a wrażliwość przyrządu obserwacyjnego, też uzyskamy podobny efekt. Gołe oko dostrzega z danego miejsca mniejszą ilość gwiazd na stopień kwadratowy niż oko uzbrojone w lornetkę. Przez duży teleskop, dostrzeże ich jeszcze więcej. Jeśli zamiast oka umieścić w ognisku teleskopu kliszę, ilość gwiazd na zdjęciu znów wzrośnie, bo klisza jest wrażliwsza od oka, wobec możliwości stosowania długich czasów naświetlania. Konkludując, przy ustalonym poziomie jasności tła i przy ustalonej czułości detektora, zawsze istnieją obiekty wymykające się obserwacji. Zaglądając w odległe obszary Wszechświata, choćbyśmy to czynili spoza ziemskiej atmosfery i użyli największych teleskopów wyposażonych w najczulsze detektory, zobaczymy tylko najjaśniejsze obiekty i pozostaniemy w pełnej nieświadomości istnienia tam obiektów świecących zbyt słabo, byśmy mogli je dostrzec. Zawsze istnieje jakiś horyzont, poza który nie mamy wglądu na danym poziomie rozwoju technik obserwacyjnych. Zaś w pobliżu tego horyzontu postrzegamy tylko najjaśniejsze obiekty. Dzieje się tak, nawet przy założeniu idealnej przezroczystości Wszechświata. Mętność przestrzeni i efekty selekcji, jedno i drugie niechciane a nieuniknione, uniemożliwiają wgląd w całość Wszechświata.

Za ekstynkcję promieniowania elektromagnetycznego odpowiadają głównie drobiny pyłu, zalegające przestrzeń międzygwiazdową i międzygalaktyczną. Udział w ekstynkcji samych atomów i cząsteczek w fazie gazowej jest zdecydowanie mniejszościowy. Ziarna pyłu składają się z ogromnej ilości atomów i cząsteczek, zespolonych w skomplikowany konglomerat obdarzony dużym dodatnim ładunkiem elektrycznym. Zimny pył kosmiczny jest podstawowym i najbardziej pospolitym bytem w przyrodzie. Narzucające się swoim ogromnym blaskiem gorące obiekty, np. gwiazdy, zajmują tylko znikomy ułamek całej objętości Wszechświata. Tak, jak wiedzy przyrodniczej nie zdobywa się poprzez oglądanie dzienników telewizyjnych, ale poprzez wnikliwe studium bardzo hermetycznych prac naukowych, tak też badania naukowe tego tylko, co się pospolicie narzuca, nie daje wglądu we właściwą naturę Wszechświata. Zimny pył świeci bardzo słabo i w niewidzialnej części widma (w zakresie mikrofalowym i podczerwonym). Techniki obserwacji w tych, dostępnych głównie spoza atmosfery, obszarach widmowych rozwinęły się stosunkowo niedawno i chyba tylko to jest sensownym usprawiedliwieniem zapóźnień przyrodoznawczych w odniesieniu do pyłu kosmicznego.

Chociaż formalnie pyłem kosmicznym można nazwać wszelkie ciała stałe w przyrodzie, poczynając od mikroskopijnych ziarenek o rozmiarach submikronowych a na ciałach planetarnych kończąc, to jednak pospolite wyobraże-

nie ziarna pyłu kojarzy się z czymś bardzo małym, co ogląda się pod mikroskopem. Choć ilość maleńkich ziarenek pyłu jest w przyrodzie największa, to nie może to zwieść badacza. Większe ziarna, choć mniej liczne, mogą skupiać w sobie znacznie większą masę. Niepoliczalna ilość ziaren piasku na powierzchni Ziemi bardzo niewiele znaczy pod względem masy wobec zgromadzonych na niej stosunkowo nielicznych, ale masywnych, kamieni i ogromnych brył skalnych. Funkcjonuje w astronomii pojęcie funkcji świecenia galaktyk. Jakże byłoby dobrze posiadać podobną funkcję masy ziaren pyłu! Żeby wiedzieć, jaki procent masy Wszechświata zawarty jest w mikroskopijnych ziarnach, a jaki w milimetrowych, centymetrowych, metrowych itd. Problem ilości masy, nie tyle jako budulca, ale przede wszystkim jako źródła grawitacji, należy do kluczowych dla zrozumienia Wszechświata. A warto też nadmienić, że określona masa materii, np. jednego kilograma, powoduje tym większą ekstynkcję im bardziej ją rozdrobnić. Jeśli pomierzymy ekstynkcję, to nie wiemy czy wywołała ją ogromna masa skupiona w dużych i masywnych ziarnach, czy znacznie mniejsza masa, ale bardzo rozdrobniona. Taką samą, bowiem, ekstynkcję może wywołać mała ilość bardzo rozdrobnionej materii, co wielka ilość materii, ale mniej rozdrobnionej!

O ile mikroskopijne ziarna oddziałują ze światłem widzialnym selektywnie, tj. powodują jego poczerwienienie, wobec efektywniejszego rozpraszania światła niebieskiego niż czerwonego, o tyle ekstynkcja na dużych ziarnach ma charakter niezależny od długości fali. Mówi się, że duże ziarna odpowiedzialne są za ekstynkcję szarą, a małe za selektywną lub barwną. Astronomowie wypracowali dość precyzyjne techniki określania wartości ekstynkcji selektywnej w środowisku lokalnym, ograniczonym do naszej Galaktyki. Przebarwienie obiektów daje się stosunkowo łatwo zauważyć i pomierzyć. Wartość szarej ekstynkcji pozostaje nieznana, bo brakuje skutecznych i jednoznacznych metod jej wyznaczania. W konsekwencji, nie wiemy np. jakie są odległości najdalszych obserwowanych obiektów. Mogą być np. dwa albo cztery albo więcej razy mniejsze, niż się pospolicie uważa.

Odległości obiektów astronomicznych (r) wyznacza się za pomocą wzoru na tzw. moduł odległości:

$$m - M = 5 \log r - 5 + A \ ,$$

gdzie m i M oznaczają odpowiednio obserwowany i absolutny blask gwiazdy, natomiast A jest ekstynkcją. Ze wzoru wynika, że: $r_o/r = 10^{0.2\ A}$, gdzie r_o oznacza odległość przy zaniedbaniu ekstynkcji. Załóżmy dla przykładu, że ekstynkcja na odcinku obserwator obiekt wynosi 1 magnitudo. Wtedy $r_o/r = 1.58$, czyli zaniedbanie ekstynkcji w ilości 1 mag spowoduje błąd (zawyżenie) odległości równy 58%. Podobnie, zaniedbanie ekstynkcji w ilości 5 mag, prowadzi do błędu określenia odległości aż 1000%!

Jakie zawirowania w poglądach naukowych może wywołać lekceważenie ekstynkcji niech posłuży tu modny dziś temat supernowych (SN) typu Ia. W świetle obserwacji obiekty te na dużych odległościach (z ok. 1) są o 15-25 % słabsze niż wynikałoby to z przewidywań opartych na analizach

bliskich SNIa ($z < 0.1$). Zjawisko można wyjaśnić przyjmując istnienie szarej ekstynkcji zaledwie w ilości 0.2 - 0.3 mag na dystansie ponad 6 mld lat świetlnych. Jednak postanowiono, że wynik zostanie oficjalnie zinterpretowany zgoła inaczej. Forsuje się w sposób skrajnie nieodpowiedzialny ideę o przyspieszaniu ekspansji Wszechświata i o rzekomym występowaniu we Wszechświecie tzw. ciemnej energii. Pospieszono się, równie nieodpowiedzialnie (zresztą nie po raz pierwszy w problematyce dotyczącej ewolucji Wszechświata), z nagrodą Nobla.

Zagadnienie przezroczystości przestrzeni międzygwiazdowej i międzygalaktycznej jest w nauce współczesnej mocno zaniedbane i jakby programowo przemilczane. Skądinąd, bez jego gruntownego zbadania nie może być mowy o postępie prawdziwej wiedzy o Wszechświecie. Taka sytuacja sprzyja tylko szerzeniu się unaukowionych zabobonów i efektywnemu szkodzeniu prawdziwej nauce.

Liczne próby znajdowania skutecznych metod wyznaczania szarej ekstynkcji międzygalaktycznej można odnaleźć w pracach naukowych Konrada i jego współpracowników. Tu nie miejsce, by je przywoływać. Warto sobie jednak uzmysłowić, że przed ilościowym rozstrzygnięciem problemu szarej ekstynkcji, co pewnie jeszcze szybko nie nastąpi, dywagacje na temat budowy i ewolucji Wszechświata nie wyjdą z powijaków, a większość z nich będzie raczej przypominać rodzaj „harlekinów" o tematyce przyrodniczej niż opracowania naukowe sensu stricte.

***

Ostatnie lata życia Konrada Rudnickiego nie były szczególnie przyjazne uczonym jego pokroju. Szybko postępujące przemiany społeczne, prowadzone w stylu: „nie wiem czego chcę, ale wiem jak to zrobić – zniszczyć wszystko!", doprowadziły do istotnego obniżenia poziomu nauki. Rzucono uczonym ochłapy w postaci grantów, odciągnięto ich od pracy naukowej i zaprzęgnięto do pracy administracyjnej i biznesowej, wciągnięto ich w jakiś dziki bieg donikąd, w którym wygrywają nie ci, którzy więcej zrobią, ale ci, którzy więcej milionów przepuszczą przez swoje ręce. Tej rzeczywistości Konrad doświadczył w niewielkim stopniu, bo w porę ustąpił. Jego uczniom pozostaje jednak działać dalej z nadzieją, że doczekają czasów, kiedy nie będzie trzeba pisać broszurek o etyce w nauce, bo ta będzie z nią organicznie, jak kiedyś, zjednoczona. Czasów przyjaznych również naukowym dociekaniom rzeczy trudnych, takich jak przezroczystość Wszechświata.

W roku 1998 Konrad otrzymał grant rektorski na realizację badań naukowych z zakresu poszukiwań ekstyngującej materii międzygalaktycznej, które zostały wcześniej zapoczątkowane w zespole polsko-izraelskim. Może dwa lata wcześniej, podczas wnikliwej analizy emisji pyłu w dalekiej podczerwieni, czynionej na danych z teleskopów kosmicznych IRAS i COBE, znalazłem w gromadzie Virgo obszar wzmożonej emisji, w kształcie obręczy wokół galaktyki M87. Konrad poprosił współpracowników z Uniwersytetu w Tel

Awiwie o sprawdzenie, czy na mapach radiowych nie widać podobnej otoczki wodoru neutralnego, który zazwyczaj występuje wspólnie z pyłem. Izraelscy astronomowie szybko donieśli, że widzą wodór, tam gdzie my widzimy pył. Było pewne, że wokół M87 – dominującej galaktyki w Gromadzie Virgo, rozpościera się wodorowo-pyłowy obłok w kształcie pierścienia, ze środkiem pokrywającym się z samą M87. Trzeba było rozstrzygnąć czy mamy do czynienia z obłokiem międzygalaktycznym, jakoś spokrewnionym z M87, czy może bliski międzygwiazdowy obłok, znajdujący się w naszej Galaktyce, akurat ma kształt pierścienia i jest przypadkowo tak umiejscowiony, że odległa M87 rzutuje się dokładnie na jego centrum. Zdawało się oczywiste, że odkryliśmy obłok międzygalaktyczny, jednak pewności nie było i należało podjąć próbę ustalenia choćby dolnej granicy odległości obłoku. Trzeba było sięgnąć po optyczne przeglądy nieba, którymi dysponowali m.in. astronomowie z Tel Awiwu. W oparciu o takie przeglądy, zawierające liczne gwiazdy i galaktyki w obszarze odkrytego obłoku, dawało się bowiem metodą zliczeń (z pomocą tzw. diagramów Wolfa) wyprowadzić zgrubne charakterystyki ekstynkcji. Gdyby gwiazdy w obszarze obłoku nie wykazywały ekstynkcji, a galaktyki ją wykazały, mielibyśmy ważny argument obserwacyjny, wykluczający lokalne umiejscowienie obłoku.

Grant wystarczał praktycznie na pokrycie kosztów wyjazdu tylko dla Konrada. On postanowił jednak, że pojedziemy do Izraela obaj. Z grantu dało się pokryć koszty przelotu, a ciężar 2-tygodniowego pobytu wzięli na siebie znajomi Konrada w Tel Awiwie i w Jerozolimie. Wspólny wyjazd był wspaniałą i wielce pouczającą przygodą i okazją do bliższego poznania Konrada. Konrada jako astronoma, jako duchownego, jako teologa i filozofa, a nawet jako organizatora wypadów krajoznawczych. Nade wszystko jednak, jako prawdziwego przyjaciela!

Wynik wspólnie prowadzonej w Tel Awiwie analizy danych optycznych nie wskazywał jednoznacznie na międzygalaktyczny charakter odkrytego obłoku. Dobrze pamiętam dyskusje robocze, podczas których zastanawialiśmy się wspólnie co chcemy oświadczyć w publikacji. Czy publikować sensację o odkryciu obłoku międzygalaktycznego, czy zrezygnować z takiej atrakcyjnej interpretacji, na rzecz daleko posuniętej odpowiedzialności za publikowane treści. Ostatecznie, publikacja (MNRAS, vol. 308, 651-663 (1999)) nie ogłaszała sensacji, lecz jedynie obwieszczała interesujący temat dla dalszych analiz, w oparciu o doskonalsze oceny ekstynkcji światła galaktyk. Właściwie praca ta mogła się w ogóle nie ukazać, jak to bywało niejednokrotnie przy Konradzie, w przypadkach niejednoznacznych wyników. Tu jednak wyszło inaczej, nowocześniej! Grant rektorski zaowocował wymiernymi punktami. W tym przypadku gra była od początku do końca czysta. Jednak system grantowy w nauce daje nieuczciwym graczom nieograniczone możliwości oszukiwania. Każdy, kto zajmuje się analizą nowoczesnych danych obserwacyjnych, jest w stanie naciągnąć wyniki analizy tak, że nikt tego naciągnięcia nie zauważy, a sam wynik przybierze wygląd bardzo atrakcyjny i poważny.

Pobyt z Konradem w Izraelu, a konkretniej w obserwatorium astronomicznym na pustyni Negew, nauczył mnie jeszcze jednej rzeczy. Otóż, podczas spaceru po pustyni, dla znalezienia jakichś śladów życia, doszedł nagle do moich uszu dziwny świst. Rozglądając się wokół za domniemanym ptakiem, zawołałem do znajdującego się opodal Konrada, czy coś słyszał. Odrzekł, że słyszał wystrzał karabinu gdzieś daleko. Jak mu powiedziałem o usłyszanym świście, zakomenderował natychmiast ucieczkę do obserwatorium. Jakiś snajper z ukrycia strzelił do mnie, lecz chybił. Konrad stwierdził, że świst kuli słyszy się tylko w przypadku, gdy ta przelatuje blisko. Pamięta to dobrze z walk partyzanckich, w jakich nie raz uczestniczył w swojej młodości. Incydent uzmysłowił mi smutną prawdę o człowieku. Jeśli jest gwarancja niewykrywalności zła, to wielu ludzi traci zahamowania i jeden np. strzeli „dla sportu", choćby do człowieka, inny zrobi skok na kasę, choćby pod pretekstem uprawiania nauki. Jeśli etyka nie nadąża za postępem, robi się bardzo niebezpiecznie!

***

Śmiertelnie zagrożony autor na pustyni Negew w Izraelu (grudzień 1998).
(*fot. K. Rudnicki*)