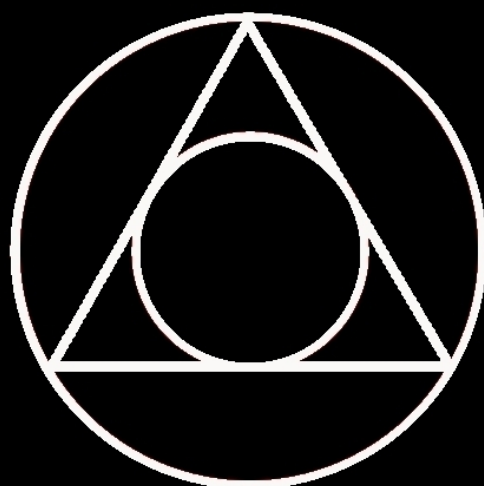


Annales Astronomiae Novae



Tom 5

Rzepiennik Biskupi 2024

ANNALES

Astronomiae Novae

2024

Volumin 5

Redakcja

Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmich

Wersja elektroniczna pisma jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org

www.oa.uj.edu.pl

oraz

www.oajadwiga.pl

Annales Astronomiae Novae

Redakcja

Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Jan Czerniawski	Mariusz Krukar
Pamela Gossin	Agnieszka Kuźmicz
Robert Góra	Olexandr Petrenko
Aleksandra Gödel-Lannoy	Virginia Trimble
Marek Jamrozy	Andrzej Warczak
Agata Kołodziejczyk	Elżbieta Wójcik
Wanda Kordylewska-Dutka	Bogdan Wszolek
Jacek Kruk	



Stowarzyszenie Astronomia Nova

Rzypiennik Biskupi 2024

Autorzy odpowiadają osobiście za wyrażane przez nich treści.
O przyjęciu artykułu do druku w AAN decyduje Redaktor Naczelny.

Redakcja

Bogdan Wszolek (Red. Naczelny), Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszolek

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszolek

© Copyright by Stowarzyszenie Astronomia Nova

© Copyright by Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi

ISSN 2719-3616

Druk książki został sfinansowany przez Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie oraz ze środków prywatnych
Magdaleny i Bogdana Wszolek.

Wydawnictwo Astronomia Nova

Ul. Orła 171, 30-244 Kraków

Tel. +48 518-043-166

wan@oa.uj.edu.pl

Wstęp / Foreword

Annales Astronomiae Novae (AAN) to oficjalne pismo Stowarzyszenia Astronomia Nova (AN). Na jego łamach astronomowie oraz przedstawiciele nauk pokrewnych astronomii mogą zamieszczać raporty ze swoich dokonań na polu nauki, wyrażać opinie w sprawach naukowych i okołonaukowych, przybliżać epizody z historii nauki, oddziaływać dydaktycznie na osoby zainteresowane naukami przyrodniczymi.

AAN z założenia mają być pismem niezależnym politycznie i niekoniecznie podporządkowanym się stereotypom i trendom mody w zakresie upowszechniania wiedzy naukowej. Od autorów przyczynków oczekuje się intencji szczerego dzielenia się z czytelnikami wiedzą, dokonania-
mi i przemyśleniami. Mamy nadzieję, że autorzy, recenzenci i redaktorzy Annales będą współtworzyć niniejszą książkę bezinteresownie i bez oczekiwania gratyfikacji finansowej oraz, w miarę możliwości, będą finansowo wspierać jej druk.

Annales Astronomiae Novae (AAN) – the official magazine of Astronomia Nova Association (AN) – is intended to be an independent, high-level opinion-forming scientific journal. In its pages, astronomers and representatives of astronomy-related sciences would publish reports on achievements in the field of science, express opinions on purely scientific and scientific-related matters, present interesting episodes concerning the history of science as well as exert an appropriate influence on people interested in natural sciences.

Annales Astronomiae Novae is intended to be a politically independent magazine and not necessarily subordinate to stereotypes and various trends of scientific fashion in the process of dissemination of scientific knowledge. The authors of the publications are expected to honestly share their knowledge, original scientific achievements and thoughts with the readers. We hope that authors, reviewers, and editors of Annales will receive no financial rewards, and they will provide some financial support toward printing and publishing the magazine.

Zespół redakcyjny/Editorial Board



Tuż przed zakryciem Wenus przez Księżyc w dniu 9 listopada 2023. Zdjęcie wykonano w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, gdzie z użyciem półmetrowego teleskopu „Kordylewskiego” określono czas drugiego kontaktu: $UT = 10^h 04^m 26^s$. Momentu wyjścia z zakrycia nie uchwycono, bo przeszkodziły chmury.

Spis treści

Agnieszka Kuźmich – <i>W roku 2024</i>	1
Agnieszka Kuźmich – <i>W roku 2025</i>	5
Część pierwsza	9
Bogdan Wszolek i Agata Kołodziejczyk – <i>Kronika AN – 2023</i>	11
Aleksandra Gödel-Lannoy – <i>Piotr Flin – wspomnienie</i>	35
Robert Góra – <i>A coś piękniejszego nad niebo...?</i>	39
Bogdan Wszolek – <i>Krym kosmiczny</i>	47
Elżbieta Wójcik – <i>Marcin Kromer Mikołajowi Kopernikowi</i>	87
Część druga	95
Pamela Gossin – <i>In the Footsteps of Copernicus and Kepler</i>	97
Agata Kołodziejczyk – <i>POLARISE – misje na Svalbard</i>	115
Wanda Kordylewska-Dutka – <i>Krakowska Szopka Księżycowa – niezwykle pomnik dla Kazimierza Kordylewskiego w 120-tą rocznicę urodzin</i>	127
Jacek Kruk – <i>Śladami Neila Armstronga w Ohio</i>	141
Jacek Kruk – <i>O kobietach w kosmosie, w 60. rocznicę lotu Walentyny Tierieszkowej</i>	147
Bogdan Wszolek – <i>Kepler, Kopernik, Newton</i>	157
Część trzecia	161
Jan Czerniawski – <i>Czas kosmiczny a upływ czasu</i>	163
Marek Jamrozy – <i>Beauty is S-shaped – on an interesting class of radio galaxies</i>	171
Mariusz Krukar – <i>Zjawiska towarzyszące zaćmieniom Słońca</i>	177
Olexandr Petrenko – <i>Analysis of the Electric Propulsion Systems as Instrument for the Space Debris Problem Solving</i>	191

Virginia Trimble – <i>Does it Count as History if I Can Still Remember?</i>	207
Andrzej Warczak – <i>Synteza najcięższych pierwiastków układu okresowego</i> – <i>Cn 112, kopernik</i>	217
Bogdan Wszolek – <i>Heliocentryzm i grawitacja – meandry dociekań</i> <i>przyrodniczych</i>	257

W roku 2024

(Agnieszka Kuźmicz)

W kolumnach podano kolejno dzień miesiąca, godzinę (UT) oraz występujące zjawisko.

Styczeń			8	04:59	Mars 3°.5 N od Księżycy
1	15:28	Księżyc w apogeum: 404911 km	8	17:01	Wenus 3°.3 N od Księżycy
3	1	Ziemia w peryhelium: 0.98330 AU	10	07:06	Księżyc w perygeum: 356895 km
4	03:30	Ostatnia kwadra Księżycy	10	09:00	Nów Księżycy
4	23:06	Spica 2°.0 S od Księżycy	14	01:02	Jowisz 3°.6 S od Księżycy
8	14:24	Antares 0°.8 S od Księżycy	15	02:54	Plejady 0°.4 N od Księżycy
10	08:31	Mars 4°.2 N od Księżycy	17	04:11	Pierwsza kwadra Księżycy
11	11:57	Nów Księżycy	17	11	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
12	14	Maksymalna elongacja Merkurego: 23°.5 W	17	17	Merkury w peryhelium
13	10:35	Księżyc w perygeum: 362264 km	19	06:44	Pollux 1°.5 N od Księżycy
14	09:31	Saturn 2°.1 N od Księżycy	19	17	Wenus w aphelium
18	03:53	Pierwsza kwadra Księżycy	20	03:07	Początek astronomicznej wiosny
18	20:40	Jowisz 2°.8 S od Księżycy	21	22	Wenus 0°.3 N od Saturna
20	13:25	Plejady 0°.9 N od Księżycy	22	04:46	Regulus 3°.6 S od Księżycy
24	19:00	Pollux 1°.7 N od Księżycy	23	15:44	Księżyc w apogeum: 406292 km
25	17:54	Pełnia Księżycy	24	22	Maksymalna elongacja Merkurego: 18°.7 E
27	16	Merkury 0°.2 N od Marsa	25	07:00	Pełnia Księżycy
27	16:18	Regulus 3°.6 S od Księżycy	25	07:13	Półcieniowe zaćmienie Księżycy; mag=0.956
29	08:14	Księżyc w apogeum: 405781 km	26	19:40	Spica 1°.4 S od Księżycy
Luty			30	14:24	Antares 0°.3 S od Księżycy
1	07:04	Spica 1°.7 S od Księżycy	Kwiecień		
2	17	Merkury w aphelium	2	03:15	Ostatnia kwadra Księżycy
2	23:18	Ostatnia kwadra Księżycy	6	03:51	Mars 2°.0 N od Księżycy
5	00:15	Antares 0°.6 S od Księżycy	6	09:20	Saturn 1°.2 N od Księżycy
8	06:30	Mars 4°.2 N od Księżycy	7	16:39	Wenus 0°.4 S od Księżycy
9	22:59	Nów Księżycy	7	17:53	Księżyc w perygeum: 358850 km
10	18:49	Księżyc w perygeum: 358088 km	8	18:17	Całkowite zaćmienie Słońca; mag=1.057
11	00:37	Saturn 1°.8 N od Księżycy	8	18:21	Nów Księżycy
15	08:15	Jowisz 3°.2 S od Księżycy	10	19	Mars 0°.4 N od Saturna
16	15:01	Pierwsza kwadra Księżycy	10	21:08	Jowisz 4°.0 S od Księżycy
16	19:13	Plejady 0°.6 N od Księżycy	11	12:38	Plejady 0°.4 N od Księżycy
21	00:54	Pollux 1°.6 N od Księżycy	11	23	Dolna koniunkcja Merkurego
22	9	Wenus 0°.6 N od Marsa	15	13:47	Pollux 1°.5 N od Księżycy
23	22:45	Regulus 3°.6 S od Księżycy	15	19:13	Pierwsza kwadra Księżycy
24	12:30	Pełnia Księżycy	18	11:14	Regulus 3°.6 S od Księżycy
25	15:00	Księżyc w apogeum: 406316 km	20	02:09	Księżyc w apogeum: 405625 km
28	8	Górna koniunkcja Merkurego	22	7	Lirydy
28	13:40	Spica 1°.5 S od Księżycy	23	02:02	Spica 1°.5 S od Księżycy
28	21	Saturn w koniunkcji ze Słońcem	23	23:49	Pełnia Księżycy
Marzec			26	20:00	Antares 0°.3 S od Księżycy
3	08:16	Antares 0°.4 S od Księżycy			
3	15:24	Ostatnia kwadra Księżycy			

Maj			12	08:12	Księżyc w apogeum: 404363 km
1	11:27	Ostatnia kwadra Księżycyca	13	22:49	Pierwsza kwadra Księżycyca
3	22:26	Saturn $0^{\circ}.8$ N od Księżycyca	14	01:48	Spica $0^{\circ}.9$ S od Księżycyca
5	02:26	Mars $0^{\circ}.2$ S od Księżycyca	17	19:37	Antares $0^{\circ}.2$ S od Księżycyca
5	22:11	Księżyc w perygeum: 363166 km	20	19:40	Mars $4^{\circ}.7$ S od Plejad
6	08:25	Merkury $3^{\circ}.8$ S od Księżycyca	21	10:17	Pełnia Księżycyca
8	03:22	Nów Księżycyca	22	7	Maksymalna elongacja Merkurego: $26^{\circ}.9$ E
8	11	Mars at Perihelion: 1.38150 AU	24	05:43	Księżyc w perygeum: 364914 km
9	21	Maksymalna elongacja Merkurego: $26^{\circ}.4$ W	24	20:38	Saturn $0^{\circ}.4$ S od Księżycyca
12	22:17	Pollux $1^{\circ}.6$ N od Księżycyca	25	01:38	Merkury $1^{\circ}.7$ S od Regulusa
13	11	Uran w koniunkcji ze Słońcem	27	16	Merkury w aphelium
15	11:48	Pierwsza kwadra Księżycyca	28	02:51	Ostatnia kwadra Księżycyca
15	18:43	Regulus $3^{\circ}.5$ S od Księżycyca	29	21:13	Plejady $0^{\circ}.1$ N od Księżycyca
17	19:00	Księżyc w apogeum: 404641 km			
18	18	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem	Sierpień		
20	09:20	Spica $1^{\circ}.4$ S od Księżycyca	2	22:58	Pollux $1^{\circ}.8$ N od Księżycyca
23	13:53	Pełnia Księżycyca	4	01:20	Mars $4^{\circ}.9$ N od Aldebarana
24	02:31	Antares $0^{\circ}.4$ S od Księżycyca	4	11:13	Nów Księżycyca
30	17:13	Ostatnia kwadra Księżycyca	4	22:51	Wenus $1^{\circ}.0$ N od Regulusa
31	08:01	Saturn $0^{\circ}.4$ N od Księżycyca	5	18:54	Regulus $2^{\circ}.9$ S od Księżycyca
			5	22:04	Wenus $1^{\circ}.7$ S od Księżycyca
Czerwiec			9	01:32	Księżyc w apogeum: 405298 km
2	07:23	Księżyc w perygeum: 368108 km	10	09:34	Spica $0^{\circ}.7$ S od Księżycyca
2	23:37	Mars $2^{\circ}.4$ S od Księżycyca	12	14	Perseidy
4	15	Górna koniunkcja Wenus	12	15:19	Pierwsza kwadra Księżycyca
5	08:14	Plejady $0^{\circ}.4$ N od Księżycyca	14	04:38	Antares $0^{\circ}.0$ S od Księżycyca
6	12:38	Nów Księżycyca	14	15	Mars $0^{\circ}.3$ N od Jowisza
9	07:23	Pollux $1^{\circ}.7$ N od Księżycyca	19	2	Dolna koniunkcja Merkurego
12	03:00	Regulus $3^{\circ}.3$ S od Księżycyca	19	18:26	Pełnia Księżycyca
13	16	Merkury w peryhelium	21	02:54	Saturn $0^{\circ}.4$ S od Księżycyca
14	05:18	Pierwsza kwadra Księżycyca	21	05:05	Księżyc w perygeum: 360199 km
14	13:36	Księżyc w apogeum: 404078 km	26	02:54	Plejady $0^{\circ}.1$ S od Księżycyca
14	16	Górna koniunkcja Merkurego	26	09:26	Ostatnia kwadra Księżycyca
16	17:28	Spica $1^{\circ}.2$ S od Księżycyca	30	04:47	Pollux $1^{\circ}.7$ N od Księżycyca
20	10:33	Antares $0^{\circ}.3$ S od Księżycyca			
20	20:51	Początek astronomicznego lata	Wrzesień		
22	01:08	Pełnia Księżycyca	3	01:55	Nów Księżycyca
27	11:45	Księżyc w perygeum: 369292 km	5	2	Maksymalna elongacja Merkurego: $18^{\circ}.1$ W
27	14:52	Saturn $0^{\circ}.1$ S od Księżycyca	5	10:13	Wenus $1^{\circ}.2$ N od Księżycyca
28	17:34	Merkury $4^{\circ}.7$ S od Polluxa	5	14:55	Księżyc w apogeum: 406215 km
28	21:53	Ostatnia kwadra Księżycyca	6	16:22	Spica $0^{\circ}.6$ S od Księżycyca
			8	4	Opozycja Saturna
Lipiec			9	02:50	Merkury $0^{\circ}.4$ N od Regulusa
1	18:27	Mars $4^{\circ}.1$ S od Księżycyca	9	15	Merkury w peryhelium
2	15:30	Plejady $0^{\circ}.3$ N od Księżycyca	10	12:29	Antares $0^{\circ}.1$ N od Księżycyca
5	5	Ziemia w aphelium: 1.01673 AU	11	06:06	Pierwsza kwadra Księżycyca
5	22:57	Nów Księżycyca	17	10:14	Saturn $0^{\circ}.3$ S od Księżycyca
7	18:33	Merkury $3^{\circ}.2$ S od Księżycyca	18	02:34	Pełnia Księżycyca
8	08:14	Jowisz $4^{\circ}.7$ N od Aldebarana	18	02:44	Częściowe zaćmienie Księżycyca; mag=0.085
9	11:20	Regulus $3^{\circ}.1$ S od Księżycyca			
10	2	Wenus w peryhelium			

18	02:57	Wenus 2°.2 N od Spiki	14	11:18	Księżyc w perygeum: 360110 km
18	13:26	Księżyc w perygeum: 357284 km	15	21:29	Pełnia Księżyca
20	23	Opozycja Neptuna	16	06:59	Plejady 0°.1 S od Księżyca
22	10:17	Plejady 0°.2 S od Księżyca	16	8	Maksymalna elongacja Merkurego: 22°.5 E
22	12:44	Początek astronomicznej jesieni	17	3	Opozycja Urana
24	18:50	Ostatnia kwadra Księżyca	17	12	Leonidy
26	10:25	Pollux 1°.6 N od Księżyca	20	02:07	Pollux 1°.9 N od Księżyca
29	07:16	Regulus 3°.0 S od Księżyca	20	21:07	Mars 2°.4 S od Księżyca
30	21	Górna koniunkcja Merkurego	22	20:48	Regulus 2°.7 S od Księżyca
Październik			23	01:28	Ostatnia kwadra Księżyca
2	18:45	Obrączkowe zaćmienie Słońca; mag=0.933	26	11:56	Księżyc w apogeum: 405315 km
2	18:49	Nów Księżyca	27	11:33	Spica 0°.4 S od Księżyca
2	19:40	Księżyc w apogeum: 406517 km	Grudzień		
5	20:27	Wenus 3°.0 N od Księżyca	1	06:21	Nów Księżyca
7	18:48	Antares 0°.2 N od Księżyca	4	22:40	Wenus 2°.3 N od Księżyca
10	18:55	Pierwsza kwadra Księżyca	6	2	Dolna koniunkcja Merkurego
14	18:05	Saturn 0°.1 S od Księżyca	6	14	Merkury w perihelium
17	00:46	Księżyc w perygeum: 357173 km	7	20	Opozycja Jowisza
17	11:26	Pełnia Księżyca	8	08:49	Saturn 0°.3 S od Księżyca
19	19:59	Plejady 0°.1 S od Księżyca	8	15:27	Pierwsza kwadra Księżyca
21	6	Orionidy	12	13:18	Księżyc w perygeum: 365360 km
23	17:16	Pollux 1°.7 N od Księżyca	13	17:13	Plejady 0°.1 S od Księżyca
23	19:55	Mars 3°.9 S od Księżyca	14	1	Geminidy
24	08:03	Ostatnia kwadra Księżyca	15	09:02	Pełnia Księżyca
25	23:43	Wenus 3°.0 N od Antaresa	17	12:12	Pollux 2°.0 N od Księżyca
26	13:24	Regulus 2°.9 S od Księżyca	18	08:46	Mars 0°.9 S od Księżyca
29	22:50	Księżyc w apogeum: 406164 km	20	05:37	Regulus 2°.5 S od Księżyca
Listopad			21	09:20	Początek astronomicznej zimy
1	12:47	Nów Księżyca	22	10	Ursydy
3	07:37	Merkury 2°.1 N od Księżyca	22	22:18	Ostatnia kwadra Księżyca
4	00:26	Antares 0°.1 N od Księżyca	24	07:25	Księżyc w apogeum: 404486 km
5	00:16	Wenus 3°.1 N od Księżyca	24	19:28	Spica 0°.2 S od Księżyca
9	05:56	Pierwsza kwadra Księżyca	25	2	Maksymalna elongacja Merkurego: 22°.0 W
10	04:22	Merkury 2°.0 N od Antaresa	28	14:37	Antares 0°.1 N od Księżyca
11	01:36	Saturn 0°.1 S od Księżyca	30	22:27	Nów Księżyca

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

Ziemia w peryhelium: 3 styczeń (1)

Ziemia w aphelium: 5 lipiec (5)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (03:07)

Początek astronomicznego lata: 20 czerwiec (20:51)

Początek astronomicznej jesieni: 22 wrzesień (12:44)

Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (09:20)

Data juliańska (JD) = 2460310.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

25 III Półcieniowe zaćmienie Księżyca (Europa, Pn-W Azja, Australia, Afryka)

8 IV Całkowite zaćmienie Słońca (Zachodnia Europa, Ameryka Pn, Pn część Ameryki Pd, Ocean Spokojny, Ocean Atlantycki, Arktyka)

18 IX Częściowe zaćmienie Księżyca (Europa, Azja, Ameryka Pn, Ameryka Pd, Ocean Spokojny, Ocean Atlantycki, Ocean Indyjski, Arktyka, Antarktyda)

2 X Obrączkowe zaćmienie Słońca (Pd część Ameryki Pn, Ameryka Pd, Ocean Spokojny, Ocean Atlantycki, Antarktyda)

W roku 2025

(Agnieszka Kuźmicz)

W kolumnach podano kolejno dzień miesiąca, godzinę (UT) oraz występujące zjawisko.

Styczeń		5	12:32	Plejady 0°.6 S od Księżycy	
3	15:24	Wenus 1°.4 N od Księżycy	6	16:32	Pierwsza kwadra Księżycy
4	14	Ziemia w perihelium: 0.98333 AU	8	6	Maksymalna elongacja
4	17:18	Saturn 0°.7 S od Księżycy			Merkurego: 18°.2 E
6	23:56	Pierwsza kwadra Księżycy	9	00:27	Mars 1°.7 S od Księżycy
7	23:34	Księżyc w perygeum: 370173 km	9	11:06	Pollux 2°.0 N od Księżycy
10	01:01	Plejady 0°.3 S od Księżycy	12	06:07	Regulus 2°.2 S od Księżycy
10	4	Maksymalna elongacja	12	10	Saturn w koniunkcji ze Słońcem
		Wenus: 47°.2 E	14	06:55	Pełnia Księżycy
13	21:45	Pollux 2°.1 N od Księżycy	14	06:59	Całkowite zaćmienie Księżycy; mag=1.178
13	22:27	Pełnia Księżycy			
14	03:42	Mars 0°.2 S od Księżycy	16	19:16	Spica 0°.3 N od Księżycy
16	1	Opozycja Marsa	17	16:37	Księżyc w apogeum: 405754 km
16	14:57	Regulus 2°.2 S od Księżycy	19	22	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
18	16	Wenus 2°.2 N od Saturna	20	09:02	Początek astronomicznej wiosny
19	14	Merkury w aphelium	20	15:58	Antares 0°.5 N od Księżycy
21	03:53	Spica 0°.1 N od Księżycy	22	11:30	Ostatnia kwadra Księżycy
21	04:55	Księżyc w apogeum: 404299 km	23	1	Dolna koniunkcja Wenus
21	20:31	Ostatnia kwadra Księżycy	24	20	Dolna koniunkcja Merkurego
23	17:07	Mars 2°.3 S od Polluxa	29	10:47	Częściowe zaćmienie Słońca; mag=0.938
24	23:34	Antares 0°.3 N od Księżycy			
29	12:36	Nów Księżycy	29	10:58	Nów Księżycy
			29	19:29	Mars 3°.9 S od Polluxa
			30	05:26	Księżyc w perygeum: 358127 km
Luty			Kwiecień		
1	04:46	Saturn 1°.1 S od Księżycy	1	20:28	Plejady 0°.6 S od Księżycy
1	20:27	Wenus 2°.3 N od Księżycy	5	02:15	Pierwsza kwadra Księżycy
2	02:43	Księżyc w perygeum: 367457 km	5	16:46	Pollux 2°.0 N od Księżycy
5	08:02	Pierwsza kwadra Księżycy	5	19:04	Mars 2°.2 S od Księżycy
6	06:43	Plejady 0°.5 S od Księżycy	8	11:51	Regulus 2°.2 S od Księżycy
9	12	Górna koniunkcja Merkurego	10	12	Merkury 2°.1 N od Saturna
9	19:36	Mars 0°.8 S od Księżycy	13	00:22	Pełnia Księżycy
10	05:19	Pollux 2°.1 N od Księżycy	13	01:39	Spica 0°.3 N od Księżycy
12	13:53	Pełnia Księżycy	13	22:48	Księżyc w apogeum: 406295 km
12	23:21	Regulus 2°.2 S od Księżycy	16	22	Mars w aphelium: 1.66606 AU
17	12:01	Spica 0°.3 N od Księżycy	16	22:19	Antares 0°.4 N od Księżycy
18	01:11	Księżyc w apogeum: 404882 km	21	01:36	Ostatnia kwadra Księżycy
19	18	Wenus w perihelium	21	19	Maksymalna elongacja
20	17:33	Ostatnia kwadra Księżycy			Merkurego: 27°.4 W
21	08:21	Antares 0°.4 N od Księżycy	22	13	Lirydy
28	00:45	Nów Księżycy	25	01:21	Wenus 2°.4 N od Księżycy
			25	04:15	Saturn 2°.3 S od Księżycy
Marzec			26	01:05	Merkury 4°.4 S od Księżycy
1	04:03	Merkury 0°.4 N od Księżycy	27	16:15	Księżyc w perygeum: 357119 km
1	21:18	Księżyc w perygeum: 361967 km			
4	14	Merkury w perihelium			

27	19:31	Nów Księżyc	4	4	Maksymalna elongacja
28	19	Wenus 3°.7 N od Saturna			Merkurego: 25°.9 E
29	06:35	Plejady 0°.5 S od Księżyc	5	02:29	Księżyc w apogeum: 404627 km
			7	17:37	Antares 0°.4 N od Księżyc
Maj					
3	00:02	Pollux 2°.1 N od Księżyc	10	20:37	Pełnia Księżyc
3	23:12	Mars 2°.1 S od Księżyc	13	08:32	Wenus 3°.1 N od Aldebarana
4	13:52	Pierwsza kwadra Księżyc	14	13	Merkury w aphelium
5	17:58	Regulus 2°.0 S od Księżyc	16	10:19	Saturn 3°.8 S od Księżyc
10	07:43	Spica 0°.4 N od Księżyc	18	00:38	Ostatnia kwadra Księżyc
11	00:49	Księżyc w apogeum: 406245 km	20	10:27	Plejady 0°.7 S od Księżyc
12	16:56	Pełnia Księżyc	20	13:52	Księżyc w perygeum: 368047 km
14	04:10	Antares 0°.3 N od Księżyc	23	04:20	Jowisz 4°.9 S od Księżyc
18	1	Uran w koniunkcji ze Słońcem	24	19:11	Nów Księżyc
20	11:59	Ostatnia kwadra Księżyc	26	19:44	Regulus 1°.4 S od Księżyc
22	17:51	Saturn 2°.8 S od Księżyc	28	19:45	Mars 1°.3 N od Księżyc
23	23:52	Wenus 4°.0 S od Księżyc	31	05:45	Spica 1°.0 N od Księżyc
26	01:37	Księżyc w perygeum: 359023 km	Sierpień		
27	03:02	Nów Księżyc	1	0	Dolna koniunkcja Merkurego
30	4	Górna koniunkcja Merkurego	1	12:41	Pierwsza kwadra Księżyc
30	09:13	Pollux 2°.3 N od Księżyc	1	20:37	Księżyc w apogeum: 404164 km
31	13	Merkury w peryhelium	4	01:40	Antares 0°.6 N od Księżyc
			9	07:55	Pełnia Księżyc
Czerwiec					
1	2	Maksymalna elongacja	12	7	Wenus 0°.9 S od Jowisza
		Wenus: 45°.9 W	12	15:05	Saturn 4°.0 S od Księżyc
1	09:49	Mars 1°.4 S od Księżyc	12	20	Perseidy
2	01:30	Regulus 1°.8 S od Księżyc	14	18:01	Księżyc w perygeum: 369287 km
3	03:41	Pierwsza kwadra Księżyc	16	05:12	Ostatnia kwadra Księżyc
6	14:15	Spica 0°.5 N od Księżyc	16	16:09	Plejady 0°.9 S od Księżyc
7	10:42	Księżyc w apogeum: 405553 km	19	10	Maksymalna elongacja
10	10:25	Antares 0°.3 N od Księżyc			Merkurego: 18°.6 W
11	07:44	Pełnia Księżyc	19	21:05	Jowisz 4°.8 S od Księżyc
12	3	Wenus w aphelium	20	12:07	Pollux 2°.4 N od Księżyc
17	02:05	Mars 0°.7 N od Regulusa	21	16:14	Merkury 3°.7 S od Księżyc
18	19:19	Ostatnia kwadra Księżyc	23	06:06	Nów Księżyc
19	03:47	Saturn 3°.4 S od Księżyc	26	16:41	Mars 2°.8 N od Księżyc
21	02:42	Początek astronomicznego lata	27	12	Merkury w peryhelium
21	19:51	Merkury 4°.8 S od Polluxa	27	13:57	Spica 1°.1 N od Księżyc
23	02:59	Plejady 0°.6 S od Księżyc	29	15:34	Księżyc w apogeum: 404552 km
23	04:43	Księżyc w perygeum: 363178 km	31	06:25	Pierwsza kwadra Księżyc
24	15	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem	31	09:55	Antares 0°.7 N od Księżyc
25	10:31	Nów Księżyc	Wrzesień		
26	19:14	Pollux 2°.5 N od Księżyc	7	18:09	Pełnia Księżyc
27	06:02	Merkury 2°.9 S od Księżyc	7	18:12	Całkowite zaćmienie Księżyc; mag=1.362
29	10:26	Regulus 1°.5 S od Księżyc	8	20:09	Saturn 4°.0 S od Księżyc
30	01:05	Mars 0°.2 S od Księżyc	10	12:09	Księżyc w perygeum: 364781 km
Lipiec					
2	19:30	Pierwsza kwadra Księżyc	12	21:48	Plejady 1°.0 S od Księżyc
3	21	Ziemia w aphelium: 1.01664 AU	13	03:28	Mars 2°.0 N od Spiki
3	21:39	Spica 0°.8 N od Księżyc	13	11	Górna koniunkcja Merkurego
			14	10:33	Ostatnia kwadra Księżyc

16	11:06	Jowisz 4°.6 S od Księżycy	5	13:19	Pełnia Księżycy
16	17:58	Pollux 2°.4 N od Księżycy	5	22:29	Księżyc w perygeum: 356833 km
19	08:57	Wenus 0°.4 N od Regulusa	6	15:26	Plejady 0°.8 S od Księżycy
19	11:11	Regulus 1°.3 S od Księżycy	9	02:41	Merkury 2°.6 N od Antaresa
19	11:46	Wenus 0°.8 S od Księżycy	10	06:40	Pollux 2°.7 N od Księżycy
21	5	Opozycja Saturna	10	07:56	Jowisz 4°.0 S od Księżycy
21	19:42	Częściowe zaćmienie Słońca; mag=0.855	12	05:28	Ostatnia kwadra Księżycy
21	19:54	Nów Księżycy	12	22:51	Regulus 1°.1 S od Księżycy
22	18:20	Początek astronomicznej jesieni	13	4	Merkury 1°.2 S od Marsa
23	11	Opozycja Neptuna	17	10:11	Spica 1°.2 N od Księżycy
23	21:31	Spica 1°.1 N od Księżycy	17	18	Leonidy
24	14:50	Mars 3°.9 N od Księżycy	20	02:48	Księżyc w apogeum: 406693 km
26	09:46	Księżyc w apogeum: 405552 km	20	06:47	Nów Księżycy
27	17:34	Antares 0°.6 N od Księżycy	20	9	Dolna koniunkcja Merkurego
29	23:54	Pierwsza kwadra Księżycy	21	13	Opozycja Urana
Październik			23	11	Merkury w perihelium
2	11	Wenus w perihelium	28	06:59	Pierwsza kwadra Księżycy
6	02:46	Saturn 3°.8 S od Księżycy	29	19:08	Saturn 3°.7 S od Księżycy
7	03:47	Pełnia Księżycy	Grudzień		
8	12:36	Księżyc w perygeum: 359819 km	4	02:54	Plejady 0°.8 S od Księżycy
10	05:20	Plejady 0°.9 S od Księżycy	4	11:06	Księżyc w perygeum: 356962 km
13	18:13	Ostatnia kwadra Księżycy	4	23:14	Pełnia Księżycy
13	22:31	Jowisz 4°.3 S od Księżycy	7	15:48	Jowisz 3°.7 S od Księżycy
13	23:31	Pollux 2°.5 N od Księżycy	7	16:21	Pollux 2°.9 N od Księżycy
16	16:56	Regulus 1°.3 S od Księżycy	7	21	Maksymalna elongacja Merkurego: 20°.7 W
19	20	Merkury 2°.0 S od Marsa	10	06:32	Regulus 0°.8 S od Księżycy
19	21:37	Wenus 3°.7 N od Księżycy	11	20:52	Ostatnia kwadra Księżycy
21	12	Orionidy	14	7	Geminidy
21	12:25	Nów Księżycy	14	16:27	Spica 1°.4 N od Księżycy
23	16:15	Merkury 2°.3 N od Księżycy	17	06:09	Księżyc w apogeum: 406324 km
23	23:31	Księżyc w apogeum: 406445 km	18	12:29	Antares 0°.4 N od Księżycy
25	00:15	Antares 0°.5 N od Księżycy	20	01:43	Nów Księżycy
29	16:21	Pierwsza kwadra Księżycy	21	15:03	Początek astronomicznej zimy
29	22	Maksymalna elongacja Merkurego: 23°.9 E	22	16	Ursydy
Listopad			27	03:24	Saturn 4°.0 S od Księżycy
2	01:02	Wenus 3°.3 N od Spiki	27	19:10	Pierwsza kwadra Księżycy
2	10:46	Saturn 3°.7 S od Księżycy	31	13:21	Plejady 0°.9 S od Księżycy

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 (21)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (09:02)

Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (02:42)

Początek astronomicznej jesieni: 22 wrzesień (18:20)

Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (15:03)

Data juliańska (JD) = 2460676.5 + d + część dnia licząc od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

14 III Całkowite zaćmienie Księżyca (Europa, Azja, Australia, Afryka)

29 III Częściowe zaćmienie Słońca (Europa, Pn Azja, Pn-Z Afryka, Pn Ameryka, północna część Ameryki Pd, Atlantyk)

7 IX Całkowite zaćmienie Księżyca (Europa, Azja, Australia, Afryka, zachodnia część Ameryki Pn, wschodnia część Ameryki Pd, Pacyfik, Atlantyk, Ocean Indyjski, Antarktyda)

21 IX Częściowe zaćmienie Słońca (Pd Australia, Pacyfik, Atlantyk, Antarktyda)

Część pierwsza

(informacyjna)



Dr Agata Kołodziejczyk ze swoją międzynarodową grupą analogowych astronautów (Rzepiennik, sierpień 2023). Od lewej: (na przedzie) – Ioanna Kakomyta (Grecja), Rym Chaid (Algieria/Kanada), Thais Gazilo-Zuchetti (Brazylia); (z tyłu) – Mohana Sai (Indie), Bartłomiej Bałeczki (Polska), Josselin Chenaye (Francja), Agata Kołodziejczyk.

Kronika AN – 2023

Bogdan Wszolek¹ i Agata Kołodziejczyk²

¹ Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi, Rzepiennik Biskupi

² Centrum Technologii Kosmicznych, AGH, Kraków

AAN4

W pierwszym kwartale roku zredagowano i wydano czwarty tom *Annales Astronomiae Novae*. Przyczynki 39. autorów dały w sumie 336 stron opracowania. Tom zawiera m. in. materiały prezentowane podczas rocznicowej konferencji naukowej „Observe ergo sum – pamięć i rozwój” dedykowanej Tadeuszowi Banachewiucowi (Kraków, 28-29 maja 2022). Tradycyjnie książkę redagowali wolontaryjnie Bogdan Wszolek i Agnieszka Kuźmich. Druk był współfinansowany przez Stowarzyszenie *Astronomia Nova* oraz przez Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego. Wersja elektroniczna pisma (PDF do pobrania) jest tradycyjnie darmo dostępna na stronie www.astronomianova.org pod zakładką publikacje.

Misje analogowe

W 2023 roku dr Agata Kołodziejczyk zorganizowała w Rzepienniku dalszych dwadzieścia misji analogowych. Wymieniamy je tutaj w porządku chronologicznym kontynuując numerację biorącą początek w 2016 roku.

- 56 Emmopol 14 [2023-02-18 – 2023-02-25]; Danniell Osoianu (Irlandia), Solène Wurtz-Pra (Francja), Mirella Gil-Natividad (Hiszpania), Sirine Asfour (Francja), Jacinda Cottee (Australia), Sean Molony (Irlandia).
- 57 Emmopol 15 [2023-03-01 – 2023-03-08]; Danniell Osoianu (Irlandia), Sean Molony (Irlandia), Wojciech Guzewicz (Polska), Ava Hutchison (USA), Nicolas Barker (Belgia).
- 58 Emmopol 16 [2023-03-10 – 2023-03-17]; Joanna Stępień (Polska), Bartłomiej Adamczyk (Polska), Soumyajit Mandal (Indie), Julia Ziolo (Polska), Margot Winters (Belgia).
- 59 Emmopol 17 [2023-04-29 – 2023-05-06]; Alice Managau (Francja), Valentin Leclerc (Francja), David Burgun (Francja), Upasana Mohanty (Indie), Mae Nguen (Francja), Shradha Gunjal (Indie).

- 60 Emmopol 18 [2023-05-14 – 2023-05-21]; Tom van der Wielen (Holandia), Boulet Pierre (Francja), Vandycke Romaric (Francja), Diksha Shinde (Indie), Tina Neumann (Niemcy), Stanisław Sękara (Polska).
- 61 Juno [2023-06-09 – 2023-06-17]; Ewa Krężel (Polska), Katarzyna Kruk (Polska), Krupal Patel (Kanada), Urszula Ulanowska (Polska), Ruchira Huchgol (Indie), Natalia Wróbel (Polska).
- 62 Junior Space Camp [2023-06-24 – 2023-07-02]; grupa trzydziestu osób.
- 63 Tachi Umada [2023-07-08 – 2023-07-18]; Carolina Orozco Donneys (Kolumbia), Daniela Osorio (Kolumbia), Jose Dario Perea (Kolumbia), Jose David Villaneuva (Hiszpania), Andres Fandino (Kolumbia).
- 64 Perseidia [2023-08-01 – 2023-08-16]; Eryk Kopa (Polska), Hanga Katreiner (Węgry), Stanisław Maj (Polska).
- 65 CeareLuna [2023-08-13 – 2023-08-23]; Mohana Sai (Indie), Bartłomiej Bałeczki (Polska), Ioanna Kakomyta (Grecja), Thais Gazilo-Zuchetti (Brazylia), Rym Chaid (Algieria), Josselin Chenaye (Francja).
- 66 Augustia [2023-08-23 – 2023-09-01]; Constantinos Troullias (Cypr).
- 67 Asteria [2023-09-10 – 2023-09-20]; Martin Gobry (Francja), Adriana Talianova (Słowacja), Stanislav Dimov (Bułgaria).
- 68 Dark [2023-09-20 – 2023-09-30]; Natalia Godlewska (Polska), Dahlia Tagne (Francja), Frida Cabanello (Szwecja).
- 69 Selene [2023-10-01 – 2023-10-10]; Thijs Christiaens (Belgia), Laksen Sirimanne (USA), Guillaume Gego (Belgia).
- 70 Hayabusa [2023-10-10 – 2023-10-20], Andrea Arkasi (Włochy).
- 71 Cosmos [2023-11-01 – 2023-11-10]; Antony Ramirez (Kostaryka), Hasret Balcioglu (Cypr), Lorena Rojas (Meksyk).
- 72 Titania [2023-11-13 – 2023-11-23]; Bartłomiej Ziętek (Polska), Mikołaj Gąbka (Polska), Rajshekar Peri (Indie), Aneta Chmielińska (Polska).
- 73 Home Expedition [2023-11-09 – 2023-11-13]; 30 studentów w ramach warsztatów.
- 74 Decimus [2023-12-03 – 2023-12-13]; Brandon Salazar (Meksyk), Judith Angeles (Meksyk), Salvadore Enrique Bellinghieri Moreno (Wielka Brytania), Arturo Martiñon (Meksyk).
- 75 Boreas [2023-12-15 – 2023-12-22]; Jakub Domański (Polska), Michał Nazimek (Polska), Monika Rasz (Polska).

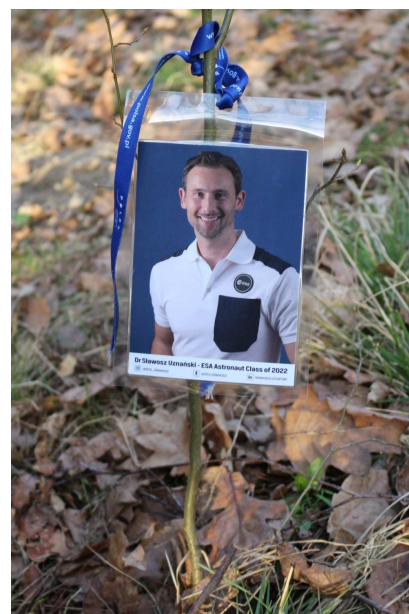
Zagajnik pionierów eksploracji kosmosu

17 marca zorganizowano w OAKJ w Rzepienniku Biskupim akcję posadzenia 126 drzewek, dla upamiętnienia tyłuż okrażeń Ziemi przez polskiego kosmonautę Mirosława Hermaszewskiego, podczas jego lotu kosmicznego w 1978 roku. W OAKJ wydzielono częściowo już zalesiony areał o powierzchni około 0.2 ha, przeznaczając go na „Zagajnik pionierów eksploracji kosmosu”. W akcji sadzenia drzewek wzięło udział kilkanaście osób, w tym przedstawiciele Polskiej Agencji Kosmicznej (Agnieszka Gapys), Centrum Technologii Kosmicznych w AGH (prof. Tadeusz Uhl, Maciej Myśliwiec, Agata Kołodziejczyk), Krystian Komenda oraz

uczestnicy misji Emmopol 16. Jedno z drzewek (grab) zostało posadzone w imieniu Sławosza Uznańskiego, polskiego kandydata do odbycia lotu kosmicznego.



Margot Winters (Belgia) oraz prof. Tadeusz Uhl (AGH – Kraków).

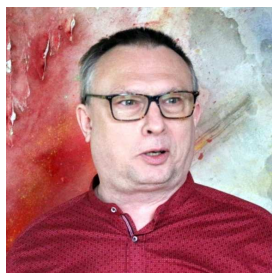


Agnieszka Gapys z Polskiej Agencji Kosmicznej posadziła graba w imieniu Sławosza Uznańskiego, polskiego kandydata do odbycia lotu kosmicznego.

Dzień Gagarinowski

W dniu 12 kwietnia, czyli w Światowym Dniu Kosmonautyki, zorganizowano w OAKJ w Rzepienniku kilka zdarzeń w ramach pielęgnacji

pamięci o pierwszym człowieku, który odbył lot kosmiczny. Bieg przełajowy wzdłuż „szlaku 108 minut”, stratosferyczny lot balonowy, w ramach działalności Koła AstroBio AGH, oraz sesja referatowa – zdominowały plan dnia. Podczas sesji referaty wygłosili: prof. Piotr Strzelczyk z Politechniki Rzeszowskiej „Przed Gagarinem: wczesne projekty lotów załogowych”, dr Robert Wielgat z Akademii Nauk Stosowanych w Tarnowie „Technologie kosmiczne – proponowany nowy kierunek studiów w tarnowskiej ANS”, dr Agata Kołodziejczyk z AGH w Krakowie „Eksploracja kosmosu od Gagarina po Muska”. Nadto, studentki biorące udział w kobiecej analogowej misji kosmicznej nr 55 (Demeter, 29 listopada – 6 grudnia 2022), złożyły krótkie raporty dotyczące realizacji zadań realizowanych podczas misji. Również Maciej Myśliwiec z Centrum Technologii Kosmicznych wygłosił zdalnie swój wykład okolicznościowy. Na zakończenie Dnia Gagarinowskiego dokonano dekoracji zwycięzców wyścigu oraz uczestniczek misji Demeter. Nagrody zostały ufundowane przez Analog Astronaut Training Center (AATC).



Piotr Strzelczyk



Robert Wielgat



Agata Kołodziejczyk



Maciej Myśliwiec



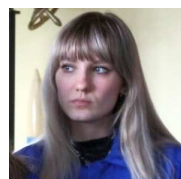
Martyna
Garbińska



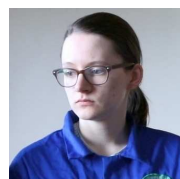
Wiktoria
Tokarczyk



Lidia
Gyląg



Wiktoria
Foryś



Magdalena
Bator



Marta
Gajewska

Wykładowcy podczas Dnia Gagarinowskiego w OAKJ.

Walne Zebranie AN

Dnia 6 maja w OAKJ w Rzepienniku Biskupim odbyło się zebranie AN połączone z krótką sesją naukową. Podczas zebrania przyznano prof. Jerzemu Kreinerowi oraz dr. Henrykowi Brancewiczowi tytuły Honorowych Członków AN. Nadto, ks. prof. Michałowi Hellerowi przyznano medal *Keplerus Ellipsis*. Przyjęto do AN sześcioro osób: prof. Elena Panko, dr Robert Wielgat, dr Stanisław Kozłowski, dr Dorota Ortenburger,



Z lewej start balonu stratosferycznego, a po prawej gotowość startowa do marszobiegu „orbitalnego” wzdłuż szlaku 108 minut.

mgr Włodzimierz Nikolin, Wanda Kusiak. Zaaprobowano też wysuniętą przez przedstawicieli tarnowskiej ANS propozycję zawarcia umowy intencyjnej o współpracy AN z ANS.

Podczas sesji referaty wygłosili: prof. Jerzy Kreiner „Krakowska baza minimów oraz zmiany okresów gwiazd zaćmieniowych”, prof. Agnieszka Pollo „Merger in the background or a history of unexpected interpretability”, prof. Piotr Strzelczyk „Akustyczne obserwacje meteorów” i dr Agata Kołodziejczyk „UNIVERSECH – Europejski Uniwersytet Kosmiczny: Projekty”



Uczestnicy zebrania. Od lewej: Wanda Kusiak, Bogdan Wszolek, Sylwia Kraj, Adam Bieniasz, Jerzy Kreiner, Agata Kołodziejczyk, Robert Wielgat, Piotr Strzelczyk, Agnieszka Pollo, Jerzy Walczyk, Marek Jamrozy, Magdalena Wszolek i Witold Mikiciuk.

PTMA w OAKJ

W dniu 14 maja miało miejsce w OAKJ kolejne spotkanie z przedstawicielami PTMA, na czele z prezesem Towarzystwa, Mieczysławem Jagłą. Gospodarze obserwatorium przedstawili perspektywy rozwoju placówki i zaprosili PTMA do współpracy. Prezes PTMA pochwalił się ostatnimi aktywnościami, głównie w zakresie kontaktów międzynarodowych połączonych z szerzeniem wiedzy o Koperniku. Spotkanie zaowocowało dwoma przyczynkami do niniejszego tomu.



Od lewej: Magdalena Wszolek, Wacław Moskał, Piotr Strzelczyk, Aleksandra Gödel-Lannoy, Bogdan Wszolek i Mieczysław Jagła.

***Keplerus Ellipsis* dla ks. prof. Michała Hellera**

W dniu 19 maja w Tarnowie został wręczony uroczyście medal KE ks. prof. Michałowi Hellerowi. Ceremonia wręczenia medalu poprzedziła bezpośrednio ceremonię nadania Księdzu Profesorowi Doktoratu Honoris Causa przez tarnowską Akademię Nauk Stosowanych, obchodzącą 25-rocznicę swego istnienia. Laudację medalową autorstwa prof. Marka Biesiady odczytał prof. Marek Jamrozy. Treść laudacji:

Stowarzyszenie Astronomia Nova (AN) postanowiło uhonorować medalem *Keplerus Ellipsis* jednego z najwybitniejszych współczesnych uczonych – Księdza Profesora Michała Hellera. Michał Heller łączy w swojej osobie postać wybitnego kosmologa, filozofa, matematyka oraz teologa. Uosabia On szlachetną jedność owych nauk, której tradycja sięga renesansu i która bliska była Keplerowi – patronowi AN. Z takim zestawem kompetencji, w obecnych czasach, jest Ksiądz Profesor jedynym wysokiej klasy uczonym na świecie, który w każdej z tych dziedzin wyznaczył oryginalne i kreatywne nowe kierunki przyjęte z uznaniem przez międzynarodowe środowisko naukowe.

Na dorobek Ks. Prof. Hellera składa się ponad 1000 publikacji naukowych, w tym około setki pozycji książkowych. Aktywność naukowa i dydaktyczna Księdza Profesora przez lata związana była z Papieską Akademią Teologiczną, od roku 2009 przekształconą w Uniwersytet Papieski Jana Pawła II w Krakowie. Szczególne zaś miejsce w sercu Księdza Profesora zajmowała ziemia tarnowska i Tarnów, gdzie się urodził, mieszkał przez większość życia i wykładał na Wydziale Teologicznym, którego był pierwszym Dziekanem. Bliskość ziemi małopolskiej sercu Księdza Profesora została odwzajemniona przyznaniem przez Polską Akademię Umiejętności Nagrody im. Erazma i Anny Jerzmanowskich, co miało miejsce w grudniu 2022 roku w komnatach Zamku Królewskiego na Wawelu. Jednak obszar oddziaływania Jego wyjątkowej osobowości nie ograniczał się tylko do środowiska inteligencji Małopolski, lecz promieniował na całą Polskę oraz poza jej granice. Wszędzie tam, gdzie przebywał: w Katolickim Uniwersytecie w Louvain w Belgii, na Uniwersytetach w Oksfordzie, Cambridge i Leicester, Catholic University of America w Waszyngtonie, żeby wymienić tylko kilka co ważniejszych miejsc na świecie, kontakt z jego osobą nie pozostawał bez wpływu na pracujących tam kosmologów i filozofów.

Dowodem Jego wyjątkowego wkładu w rozwój współczesnej kosmologii, filozofii i teologii jest przyznanie mu licznych prestiżowych nagród. Jest pierwszym i jedynym, co należy podkreślić, Polakiem uhonorowanym Nagrodą Templetona. Całą kwotę nagrody przeznaczył na utworzenie Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie, w którym zapoczątkowane przez Niego dzieło kontynuują Jego uczniowie. Do innych najważniejszych nagród należą: Nagroda im. Hugona Steinhausa, Nagroda im. Ks. Józefa Tischnera, Super Wiktor Specjalny. Za swe zasługi został odznaczony: Złotym Krzyżem Zasługi, Krzyżem Komandorskim z Gwiazdą Orderu Odrodzenia Polski, Medalem św. Jerzego i Orderem Orła Białego. Na ich tle medal *Keplerus Ellipsis* jest czymś niepozornym, niemal błahym, lecz jestem przekonany, że Czcigodny Laureat z właściwą sobie wrażliwością odczuje w nim wyraz podziwu i uznania płynący z serc przyjaciół, uczniów i sympatyków zrzeszonych w AN.

Warto w tym miejscu podkreślić, że Ksiądz Profesor Michał Heller jest człowiekiem o wysokiej kulturze osobistej oraz zawsze był i wciąż pozostaje (mimo licznych zaszczytów, które go spotykają) człowiekiem skromnym, chętnie dzielącym się swą ogromną wiedzą z innymi. Centralne miejsce w Jego licznych dorobku publikacyjnym zajmują pozycje popularyzujące trudne zagadnienia kosmologii, fizyki, matematyki i filozofii. W odróżnieniu od większości popularnych pozycji książki i artykuły Księdza Profesora są subtelne, nietrywialne i jako wynik wielu lat głębokich przemyśleń w dostępny sposób odkrywają istotę matematyczności materialnego świata dając odbiorcy ich treści poczucie obcowania z czymś wielkim i absolutnie fundamentalnym. Krzewienie wiedzy astronomicznej i rozbudzanie fascynacji Kosmosem jest też głównym celem AN, dla którego osoba Księdza Profesora zawsze będzie wzorem, a Jego dokonania na tym polu – niedościgłym celem.

Czcigodny i Dostojny Laureacie Medalu Keplera, kieruję wyrazy największego uznania dla osiągnięć i osoby Księdza Profesora. Życzę Księdzu Profesorowi dalszych wspaniałych sukcesów naukowych i dużo zdrowia.

Michał Heller jest już drugą osobą uhonorowaną medalem KE. Pierwszą jest prof. Virginia Trimble, uhonorowana w 2021 roku. Virginia Trimble przysłała list gratulacyjny o treści:



Ksiądz Profesor Michał Heller prezentuje otrzymany medal *Keplerus Ellipsis*.

Dear Honorable Participants: It is a great pleasure to have the opportunity to join with you and all his friends and colleagues in congratulating Prof. Heller both on his many accomplishments over the years and on these two new honors. The *Keplerus Ellipsis* is particularly appropriate because Michał has in common with our older friend Johannes knowledge and contributions over an enormous range of subjects and territories, all important to the future of humanity on Earth.

With best wishes now and always, Virginia.



Przy mapie Księżyca, darowanej przez AN tarnowskiej ANS. Od lewej: Agata Kołodziejczyk, Klaudia Beściak, Bogdan Wszółek i Michał Heller.

Z okazji 25-lecia istnienia tarnowskiej ANS na ręce Pani Rektor trafiła w podarku od AN duża mapa Księżyca, na której wpisali się obecni na uroczystości członkowie AN. Ksiądz Profesor Michał Heller wpisał się przy kraterze Kopernik, subtelnie nawiązując do światowych obchodów 550-rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika.

Sporą część swojego uroczystego wykładu poświęcił Ksiądz Profesor Keplerowi i jego zasługom. Dziękując za medal KE stwierdził, że nie mniej go sobie ceni niż otrzymany wcześniej *Order Orła Białego*.

Phillipe Keckhut w Rzepienniku „Kosmicznym”

W dniu 26 maja gościł w Rzepienniku światowej sławy klimatolog, specjalista od technologii LIDAR (ang. Light Detection and Ranging), prof. Phillipe Keckhut z Université de Versailles Saint-Quentin. Prof. Keckhut reprezentuje wiodącą multidyscyplinarną instytucję szkolnictwa wyższego i badań w Paryżu o nazwie *Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines* (UVSQ), która słynie ze swojej jakości poprzez wspieranie programów studiów wszystkich stopni atrakcyjnymi programami badawczymi prowadzonymi w laboratoriach UVSQ, a także w *Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales* (LATMOS), które jest wspólną jednostką badawczą specjalizującą się w badaniu podstawowych procesów fizykochemicznych atmosfery Ziemi i atmosfer innych planet. Innowacje w projektowaniu złożonych instrumentów naziemnych, od biegunów po równik, i w przestrzeni kosmicznej oraz w rozwoju oprogramowania, umożliwiają firmie pozycjonowanie się w projektach regionalnych, krajowych i międzynarodowych we współpracy z *Centre National d'Études Spatiales* (CNES), innymi agencjami kosmicznymi i światem przemysłowym.

Wymiernym owocem wizyty jest tworzony obecnie program francusko-polski związany z organizacją staży międzynarodowych w postaci symulacji misji analogowych w habitacie w Rzepienniku dla francuskich studentów sieci uniwersytetów w Paryżu. Niezależnie, dr Agata Kołodziejczyk otrzymała propozycję prowadzenia wykładów na Sorbonie w Paryżu (jako Visiting Professor) o symulacji misji kosmicznych na Ziemi.



Od lewej: Phillipe Keckhut, Agata Kołodziejczyk i Bogdan Wszolek.

Michał Heller w OAKJ

Dnia 20 czerwca ks. prof. Michał Heller odwiedził obserwatorium, gdzie, w serdecznym klimacie, bardziej biesiadnym niż formalnym, zaprezentował swoją najnowszą książkę „Teoria względności Mikołaja Kopernika”. Stosownie dobrane audytorium liczyło ponad 20 osób. Uczestnicy mieli okazję zakupić książki Michała Hellera na stoisku wydawnictwa Copernicus Center Press (zorganizowanym w OAKJ specjalnie na tę okazję) i na miejscu otrzymać autografy autorskie. Uczestnicy spotkania śmiało zadawali prelegentowi pytania i wdawali się w dyskusje. Książk Profesor wyraził się pochlebnie o „astronomicznym gospodarstwie u św. Jadwigi” i obiecał jego częstsze odwiedziny.



Książk prof. Michał Heller pośród uczestników spotkania.



Michał Heller w trakcie swojego wykładu.

JSC 2023

W dniach od 24 czerwca do 2 lipca realizowano w Rzepienniku trzecią edycję cyklu obozów kosmicznych *Junior Space Camp*, organizowanych corocznie przez dr Agatę Kołodziejczyk. Obóz odbył się w nowo otwartym habitacie *Grań* w Rzepienniku Suchym. Uczestniczyło w obozie 30 osób z całej Polski. Młodzież, w wieku 10-18 lat, podzielono na 4 grupy wiekowe, w ramach których poprowadzono następujące zajęcia: warsztaty projektowania i druku 3D, warsztaty elektroniczne, symulacje komputerowe dokowania do stacji kosmicznej, warsztaty astrobiologiczne, warsztaty sterowania dronami, warsztaty mechaniki orbitalnej, warsztaty konstrukcji lądowisk księżycowych, warsztaty ESERO (*European Space Education Resource Office*), warsztaty psychologiczne, warsztaty maskowania w terenie, warsztaty nawigacji i analizy obrazów satelitarnych. Wszystkie grupy przemierzyły „Szlak 108 minut”, zwiedziły Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi i wysłuchały prelekcji o treściach astronomicznych.

Warsztaty prowadzili: Justyna Średzińska – ESERO Polska, Daniel Maciejewski – elektronika, Krystian Komenda – drony, Asit Rahman z Wielkiej Brytanii – mechanika orbitalna i ubarwienie kryptyczne (maskujące), Jose Dario Perea i Carolina Orozco z Kolumbii – ekstrakcja DNA i tworzenie paneli fotowoltaicznych, Mateusz Harasymczuk – warsztaty bioastronautyki, Agata Kołodziejczyk – organizatorka obozu i warsztatów astrobiologicznych.

Młodzież rozpoczynała dzień zaprawą poranną (przebieżka na dystansie 3 km albo aerobik lub zajęcia jogi). Po licznych dziennych aktywnościach, wieczorami zasiadano do wspólnych zabaw integracyjnych przy ognisku, przy dźwiękach gitary czy przy teleskopie skierowanym w niebo. Dwa razy udało się obozowiczom spać pod gołym niebem, w świetle Księżycy i pod bogato rozgwieżdżonym nieboskłonem.

Młodzież też włączała się w prowadzenie niektórych łatwiejszych zajęć, jak np. budowanie cewek Tesli, prezentowanie „węży faraona”, sporządzanie chemicznych ogrodów kwiatów oraz rakiet wodnych.



Kolumbijscy instruktorzy Carolina Orozco i Jose Dario Perea, pochyleni nad dzikim storczykiem w zagajniku pionierów eksploracji kosmosu w OAKJ.



JSC-2023. Dienne obserwacje Księżycy teleskopem Kordylewskiego w OAKJ.

Mikroskop elektronowy

W dniu 9 sierpnia został sprowadzony do Rzepiennika mikroskop elektronowy. Ma służyć badaniom na potrzeby załogowych lotów kosmicznych w zespole dr Agaty Kołodziejczyk. Ten pierwszorzędny japoński przyrząd badawczy został sprowadzony do Polski w 1981 roku, jako dar Jana Pawła II dla krakowskiej Akademii Medycznej (dziś UJ). Wydział Medyczny UJ, wobec przeprowadzania u siebie szeroko zakrojonej reorganizacji lokalowej, wystawił na sprzedaż wiele cennych rzeczy, w tym mikroskop. Dr Agata Kołodziejczyk, działając w ramach Analog Astronaut Training Center, zakupiła instrument na potrzeby tworzonego przez nią pro-kosmicznego laboratorium w Rzepienniku.

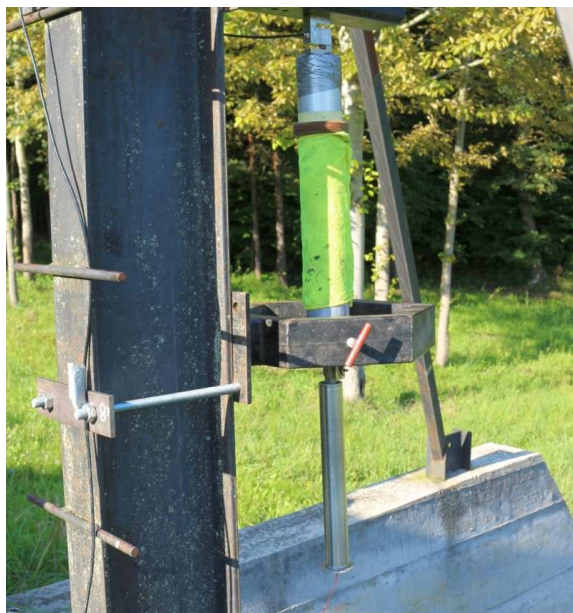


Skaningowy Japoński mikroskop elektronowy JEOL JSM-35CF w Rzepienniku.

Perseidy/rakiety/balony/fajerwerki

W dniach 12-14 sierpnia OAKJ odwiedziło wiele osób w związku z nietypowymi zdarzeniami, jakie tam miały miejsce. Świeżo powstały habitat *Grań* w Rzepienniku Suchym był najpierw miejscem przeprowadzenia młodzieżowego obozu kosmicznego *Junior Space Camp 2023*, a zaraz potem przeprowadzono tam 9-dniowe warsztaty raketowe. Obie akcje zorganizowała dr Agata Kołodziejczyk, aktywna działaczka w AN. Wymienione działania uzupełniono jeszcze obserwacjami Perseidów, w których uczestniczyli m. in. goście z Krakowa, uczestnicy Festiwalu Kopernikańskiego, zorganizowanego przez Jacka Gaja i Władimira Milanowa. Na spotkanie Perseidom zostały na terenie OAKJ wysłane wyjątkowo

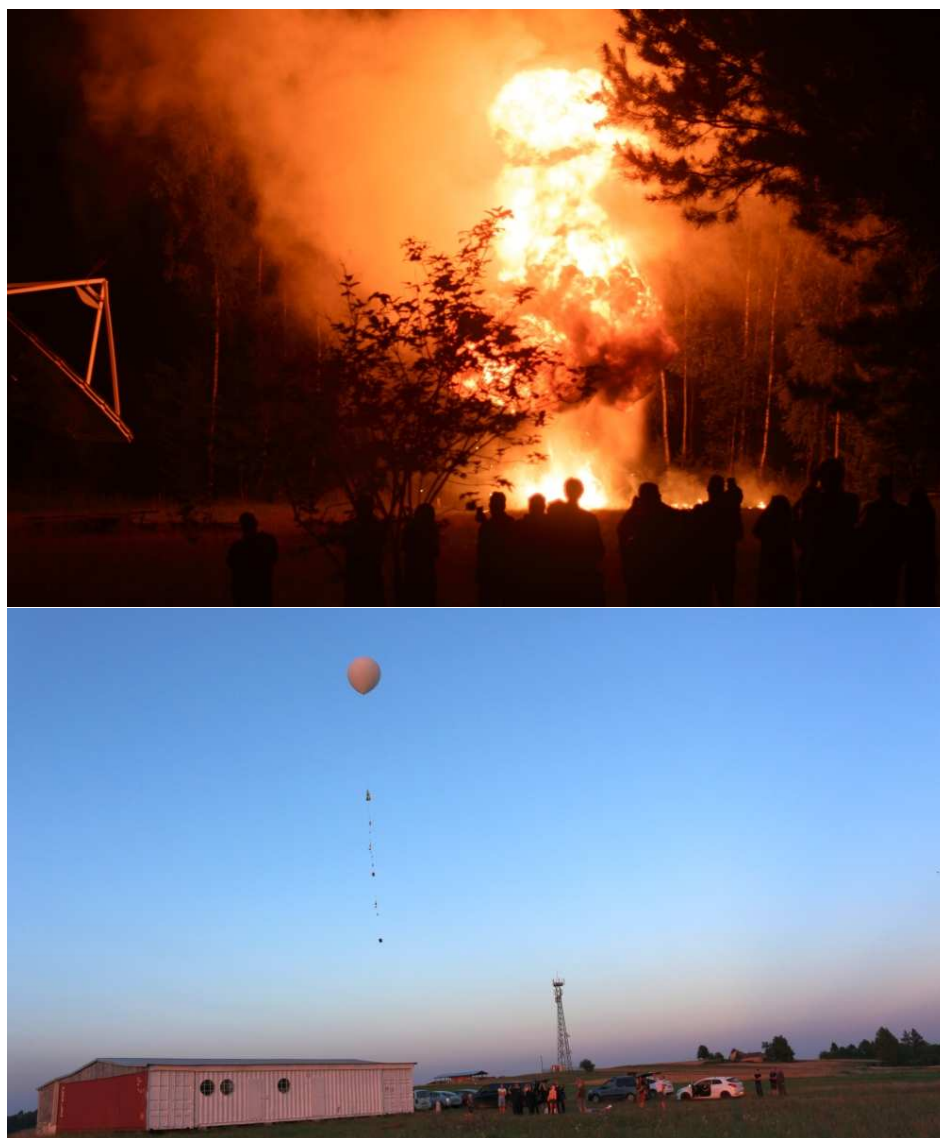
efektowne fajerwerki, zasponsorowane i bezpiecznie odpalone przez jednego z uczestników warsztatów raketowych.



W ramach warsztatów raketowych przeprowadzono na hamowni w OAKJ test hybrydowego silnika raketowego. Chodziło o sprawdzenie po ilu sekundach pracy silnik ulegnie przetopieniu. Z lewej silnik gotowy do testu. Po prawej odpadnięty, wobec przetopienia, element silnika zawierający (tu niewidoczną) dyszę wylotową.



Efektowne fajerwerki na spotkanie Perseidom



Kontrolowana detonacja dwudziestu litrów benzyny (u góry) i start balonu stratosferycznego, który wzniósł się na wysokość ponad 30 km.



Spragnieni mocnych wrażeń: balon stratosferyczny, rakiety, fajerwerki, Perseidy. Od lewej: Andrzej Olech, Jacek Gaj, Ioanna Kakomyta (Grecja), Bogdan Wszółek, Thais Gazilo-Zuchetti (Brazylia), Josselin Chenaye (Francja), Rym Chaid (Algieria/Kanada), Mohana Sai (Indie), Zofia Olech, Bartłomiej Bałeczki, Władimir Milanow.



Końcowa faza warsztatów raketowych. Przy wyrzutni instruktorzy i dumni wykonawcy modeli raket. Silniki tym razem zostały sprowadzone z USA. Miało się okazać, że nie są one aż tak niezawodne jak oczekiwano.

XLI Zjazd PTA

W dniach 11-15 września odbył się w Toruniu Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, które w roku 2023 obchodziło 100-lecie swego istnienia. Wydarzenie połączono z zakończeniem Światowego Kongresu Kopernikańskiego (ŚKK), zorganizowanego w roku 550-tych urodzin Mikołaja Kopernika. Podczas Zjazdu ogłoszono przyznane przez PTA medale i nagrody. Medalem Paczyńskiego uhonorowano prof. Marka Abramowicza, który w swoim wystąpieniu okolicznościowym przedstawił wykład „Pierwotne czarne dziury & ciemna materia”. Na przedłużeniu wystąpienia prof. Abramowicz udzielał autografów nabywcom jego książki „Między Bogiem a prawdą”. Medal Zonna otrzymali: prof. Maciej Mikołajewski (zrzeszony w AN), Krzysztof Czart oraz Planetarium w Toruniu. Nagroda Młodych trafiła do Jakuba Klęckiego.

Zakończenie ŚKK odbywało się przez cztery dni. Imprezę otwarto 12 września sesją plenarną, podczas której odbyły się wykłady ks. prof. Michała Hellera „Copernicus as a Relativist” oraz prof. Andrzeja Udalskiego „Polish Astronomy in Recent Decades”. Na zamknięcie ŚKK w dniu 15 września również zorganizowano uroczystą sesję, uświetnioną tym razem wykładem prof. Ewine van Dishoeck „From Nicolaus Copernicus to James Webb: New World Views”. Dla autora (BW) niniejszej kroniki nadarzyła się wspaniała okazja odświeżenia znajomości z Panią Profesor, jeszcze z czasów jego częstych kontaktów (lata 90-te) z uczonymi Uniwersytetu w Lejdzie (Jan Oort, Hendrick van de Hulst, Mayo Greenberg, Harm Habing). Dawniejsza młoda astrochemiczka, doktorantka

prof. Habinga i bliska współpracownica prof. Greenberga, zajmuje dziś, wzorem swoich wielkich nauczycieli, poczesne miejsce w pierwszej lidze światowej astronomii.



Prof. Marek Abramowicz i mgr Magdalena Wszolek.



Prof. Ewine van Dishoeck i dr Bogdan Wszolek.

80-te urodziny dr. Henryka Brancewicza

Dnia 16 września 2023 roku Henryk Brancewicz ukończył 80 lat. W dniu 30 września Krakowski Oddział PTMA zorganizował w swojej siedzibie uroczyste zebranie dla uhonorowania dostojnego Jubilata, wieloletniego

byłego (obecnie honorowego) prezesa PTMA. Uroczystości przewodni-
czył Mieczysław Jagła – Prezes PTMA. AN była reprezentowana pod-
czas uroczystości przez Michała Drahusa oraz przez Magdalenę i Bogda-
na Wszolek. Prezes AN wręczył Jubilatowi dyplom Honorowego Człon-
ka AN i podarował mu czwarty tom AAN.



Wielcy Prezesi PTMA: Henryk Brancewicz i Mieczysław Jagła.



Bogdan Wszolek oficjalnie ogłasza przyjęcie Henryka Brancewicza w poczet Honorowych Członków AN.

Współpraca AN-AT

Dnia 31 października w OAKJ w Rzepienniku Biskupim została podpisa-
na umowa intencyjna o współpracy pomiędzy AN i Akademią Tarnowską

(AT). Stronę AT reprezentowali: Prorektor do spraw Nauki i Rozwoju – prof. Rafał Kurczab oraz dr inż. Michał Kisielewicz.



Prof. Rafał Kurczab i dr Bogdan Wszolek podpisują umowę o współpracy AT z AN.

(Prof. Rafał Kurczab o AT): Akademia Tarnowska, wcześniej Akademia Nauk Stosowanych i Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, została utworzona w 1998 roku, jako pierwsza w kraju uczelnia zawodowa nowego typu, kształcąca na poziomie studiów licencjackich i inżynierskich. W pierwszej inauguracji immatrykulowano studentów ośmiu specjalności. Obecnie oferta dydaktyczna zawiera 31 kierunków, w tym studia II stopnia i jednolite magisterskie, prowadzonych przez Wydziały Administracyjno-Ekonomiczny, Humanistyczny, Matematyczno-Przyrodniczy, Ochrony Zdrowia, Politechniczny i Sztuki. Od początku powstania mury Uczelni opuściło ponad 25 tysięcy absolwentów, a obecnych studentów jest około 4 tysiące.

Kamieniem milowym w rozwoju Uczelni było zdobycie w 2022 roku kategorii naukowych w ramach dyscyplin „sztuki plastyczne i konserwacja dzieł sztuki” (kategoria A) oraz „automatyka, elektronika i elektrotechnika” (kategoria B+). Wysokie oceny dorobku naukowców Wydziałów Politechnicznego i Sztuki pozwoliły na przekształcenie Uczelni z typu zawodowego na uczelnię akademicką, co stało się 1 czerwca 2023 roku.

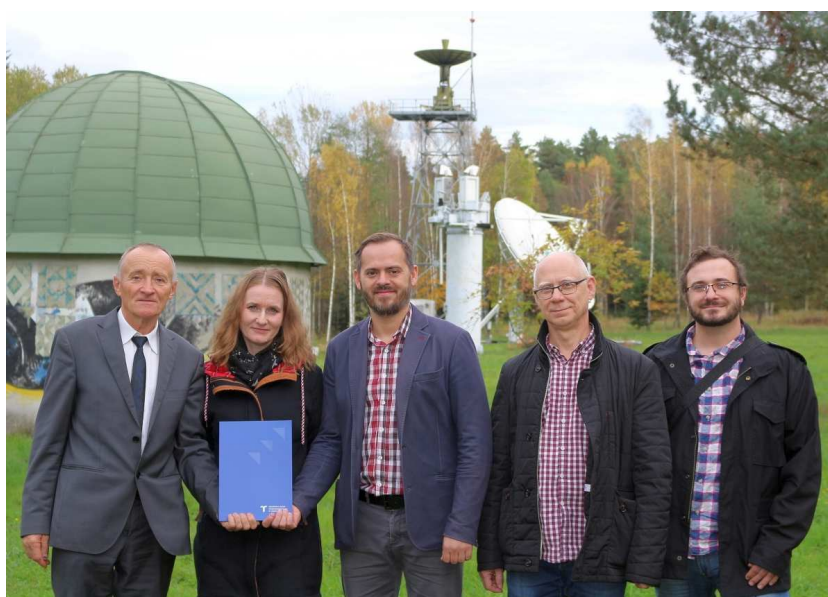
Akademia Tarnowska wydaje cztery czasopisma naukowe znajdujące się na liście punktowanych periodyków Ministerstwa Edukacji i Nauki: „Health Promotion & Physical Activity”, „Science, Technology and Innovation”, „Problems of Economics and Law”, „Humanities and Cultural Studies”.

Potencjał naukowy Akademii Tarnowskiej stanowią nie tylko wykładowcy. W ramach Uczelni działa kilkanaście studenckich kół prowadzących badania i wydających własne publikacje. Środowisko akademickie AT corocznie organizuje kilkadziesiąt konferencji naukowych, często zakończonych wydaniem monografii. W trakcie roku akademickiego z wydarzeń popularnonaukowych, w tym z Małopolskiej Nocy Naukowców, korzysta na Uczelni kilkanaście tysięcy osób, głównie uczniów szkół średnich.

Kontakt z przemysłem zapewnia Centrum Transferu Technologii Akademii Tarnowskiej, jedyna taka jednostka w Małopolsce ulokowana poza Krakowem. Współpraca na linii nauka-przedsiębiorcy polega na udostępnianiu bazy sprzętowej i doświadczenia kadry akademickiej Uczelni z jednej strony i na udoskonalaniu kształcenia praktycznego dzięki aplikowaniu najlepszych rozwiązań biznesu – z drugiej.

Ciągły rozwój Uczelni zaowocował w ostatnich latach uruchomieniem nowych kierunków, kształcących w dziedzinach cieszących się dużą popularnością wśród młodych ludzi, takich jak: technologia i zarządzanie produkcją, psychologia czy prawo. Od przyszłego roku akademickiego Uczelnia będzie także przygotowywać do wykonywania zawodu lekarza.

Nasza Uczelnia już od 25 lat stanowi naukowe serce regionu tarnowskiego, ściśle współpracując ze szkołami oraz otoczeniem społeczno-gospodarczym. Kształci praktycznie, co sprawia, że jest kuźnią kadr dla polskiej gospodarki, a absolwenci Uczelni bez problemu odnajdują się na rynku pracy.



Po zawarciu umowy o współpracy. Od lewej: Bogdan Wszolek, Agnieszka Kuźmicz, Rafał Kurczab, Robert Wielgat i Michał Kisielewicz.

Warsztaty kosmiczne

W dniach 9-13 listopada, w kompleksie „Panorama” w Rzepienniku Biskupim odbyły się międzynarodowe warsztaty i konferencja pt. „Space Expedition – Human factor in the Settlement of the Moon and Mission Operations workshop”. Organizatorem wydarzenia była AN, przy wiodącym zaangażowaniu się ze strony dr Agaty Kołodziejczyk. Koszty zostały pokryte z grantu NAWA (Narodowa Agencja Wymiany Akademickiej). W warsztatach wzięło udział 30 studentów: 18 studentów z Ukrainy, 2 z Francji, 2 z Niemiec, 2 ze Szwecji i 6 z Polski. Studenci podzieleni zostali na 3 grupy: 1) analogowych astronautów, 2) Centrum Kontroli Misji i 3) projektowania misji na Księżyc. W godzinach 9:00 - 17:00 uczestnicy wykonywali praktyczne zajęcia, wieczorami odbywała się część konferencyjna. Wykłady poprowadzili: prof. Piotr Strzelczyk z Politechniki Rzeszowskiej, dr Daniel Ziemiański z Politechniki Krakowskiej, Mateusz Harasymczuk z Astro Tech, dr Agata Kołodziejczyk z Centrum Technologii Kosmicznych AGH oraz dr Bogdan Wszolek (2 wykłady). Wykłady plenarne zostały uzupełnione raportami z odbycia misji nr 71 (Cosmos), ogłoszonymi przez jej uczestników.



Wykładowcy (siedzą) od lewej: Mateusz Harasymczuk, Agata Kołodziejczyk, Daniel Ziemiański, Piotr Strzelczyk, Magdalena i Bogdan Wszolek.



Uczestnicy misji Cosmos: Antony Ramirez (Kostaryka), Hasret Balcioglu (Cypr) oraz Lorena Rojas (Meksyk).

Szopka Księżycowa

W dniu 7 grudnia rozpoczęto w Krakowie 81-szy Konkurs Szopek Krakowskich. Na Rynku odbyła się dwugodzinna prezentacja 228-miu szopek. O godzinie 12-tej majestatycznym korowodem wokół Rynku szopkarze zanieśli swoje dzieła do Krzysztoforów. Tam przez trzy dni jurorzy wnikliwie oceniali każdy zgłoszony eksponat i wydali werdykt w niedzielę 10-tego grudnia. W kategorii dużych szopek (ponad 160 cm wysokości) pierwsze miejsce zajęła *Szopka Księżycowa*, dedykowana Kazimierzowi Kordylewskiemu w roku obchodów 120-tej rocznicy jego urodzin. Swoją ideę i własny wstępny projekt tej szopki przekazała do współpracy pp. Markowski, znanym krakowskim szopkarzom, Wanda Kordylewska-Dutka (córka Kazimierza Kordylewskiego). W szopce wyeksponowano liczne dokonania legendarnego krakowskiego astronoma. Na str. 127 niniejszego tomu zamieszczono wyczerpujący artykuł Pani Wandy dotyczący tej szopki.



Scenka Szopki Księżycowej przedstawiająca Kazimierza Kordylewskiego, składającego w darze Dzieciątku Jezus swoją pracę naukową o odkryciu Pyłowych Księżyców Ziemi.

Kosmiczna Ścieżka Edukacyjna

W dniu 14 grudnia nastąpiło w OAKJ w Rzepienniku oficjalne otwarcie „Kosmicznej Ścieżki Edukacyjnej” wzdłuż otwartego w 2021 roku „Szlaku 108 minut”. 24 plansze dydaktyczne o treściach astronomicznych i astronautycznych rozmieszczono w plenerze dla użytku publicznego. Osoby przemierzające szlak mogą teraz zatrzymać się przy planszach i zaczerpnąć nieco wiedzy dotyczącej badań kosmicznych. Niezależnie od wystawienia w plenerze, plansze są też dostępne dla wszystkich chętnych w formie elektronicznej (gotowe do druku pliki PDF) na stronach AN

oraz OAKJ. Grupowy przemarsz, ubogaconym nowymi planszami szlakiem gagarinowskim, poprzedził wykład dr. Bogdana Wszołka „Człowiek i Wszechświat”, a także archiwalny film dokumentujący lot kosmiczny Mirosława Hermaszewskiego. W otwarciu ścieżki uczestniczyła młodzież I LO im. Marcina Kromera w Gorlicach pod przewodnictwem profesora Roberta Góry – dyrektora szkoły.

Ścieżka powstała w ramach projektu Stowarzyszenia Astronomia Nova, współfinansowanego ze środków Województwa Małopolskiego, w ramach drugiej edycji konkursu „Małopolska! Postaw na edukację!”, ogłoszonego przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego. Merytorycznie plansze zostały opracowane przez dr. Bogdana Wszołka.



Wykład Bogdana Wszołka „Człowiek i Wszechświat” na otwarcie „Kosmicznej Ścieżki Edukacyjnej”. Widoczne w otoczeniu wykładowej plansze edukacyjne za chwilę trafią na swoje miejsca docelowe wzdłuż szlaku gagarinowskiego.



Dzielna młodzież z I LO w Gorlicach na starcie „Szlaku 108 minut”.

Seminarium raketowe

Dnia 17 grudnia odbyło się w OAKJ zorganizowane przez AN seminarium poświęcone silnikom raketowym. W roli prelegenta wystąpił prof. Olexandr Petrenko z Uniwersytetu Narodowego w Dnieprze (Ukraina), światowej sławy specjalista w temacie raket. Wygłosił dwa referaty: „Creation of conditions for joint efforts of Polish and Ukrainian specialists in the rocket and space projects” oraz „Electric propulsion technology for space application”. W seminarium aktywnie uczestniczyli m.in. prof. Rafał Kurczab i dr inż. Michał Kisielewicz z Akademii Tarnowskiej oraz dr Agata Kołodziejczyk z AGH w Krakowie wraz ze studentami z koła naukowego AGH Space Systems – Aleksandrem Kopyto i Igorem Kondek.



Uczestnicy seminarium od lewej: Aleksander Kopyto, Bogdan Wszolek, Olexandr Petrenko, Agata Kołodziejczyk, Dmitrij Bajew, Igor Kondek, Michał Kisielewicz, Rafał Kurczab.

Piotr Flin – wspomnienie

Aleksandra Gödel-Lannoy

PTMA, Kraków



Piotr Flin
(1945 – 2018)

Czas tak szybko mija, ucieka, ludzie odchodzą, ale nie znikają całkowicie, bo na szczęście mamy pamięć, w której oni nadal trwają i są obecni. Wspominamy wszystkie chwile, gdy byliśmy razem i wspólnie je przeżywaliśmy. Chętnie przywołam tu wspomnienia związane z naszym droгим kolegą – Piotrem Flinem, astronomem, pasjonatem, człowiekiem.

Piotr od najmłodszych lat interesował się astronomią i chociaż dorastał w artystycznej atmosferze wystaw i wernisaży (jego rodzice byli plastykami), to pierwszą pracę, którą samodzielnie zaprojektował i wykonał był zegar słoneczny na ścianie rodzinnego domu.

Zacznę jednak od naszego egzaminu wstępnego na astronomię na UJ. Jako grupa świeżo upieczonych maturzystów przystąpiliśmy do egzaminów w osobnej sali Collegium Witkowskiego, zdenerwowani i bardzo przejęci tym, co nas czeka na szacownej uczelni. Obok na sali wykładowej zdawali kandydaci na fizykę, z którymi potem przez pięć lat mieliśmy wiele wspólnych zajęć, wykładów, seminariów, prac w kołach naukowych, rajdów i zabaw.

Na egzaminie siedzieliśmy wokół dużego stołu konferencyjnego, mogliśmy się porozumiewać jedynie wzrokiem i myślą, że już wtedy nawiązałam kontakt z Piotrem, co przerodziło się w późniejszą przyjaźń. Nigdy nie rywalizowaliśmy ze sobą, zawsze chętnie sobie pomagaliśmy, dyskutowaliśmy i współpracowaliśmy.

Na uczelnię trafiliśmy w specjalnych okolicznościach – w roku Jubileuszu 600-lecia UJ – 1963 – rozpoczęliśmy studia jako niespotykane liczna grupa piętnastu osób – ani przedtem, ani potem przez długie lata nie było takiej sytuacji. Siedem osób dzielnie dotrwało do końca i w 1968 roku ukończyło szacowną Almae Mater z dyplomem w kieszeni.

Niestety nie było wtedy tzw. wolnych etatów i wszyscy absolwenci musieli sami sobie organizować życie zawodowe – takie czasy. Piotr i ja zostaliśmy przyjęci na roczny staż w Obserwatorium Astronomicznym UJ, co dawało nadzieję na pracę w zawodzie astronoma, więc poczuliśmy się bardzo wyróżnieni.

Żeby oddać specyfikę tamtych lat opiszę sam początek naszego astronomicznego stażu – oddelegowano nas jako opiekunów hufców pracy, ponieważ wymyślono właśnie praktyki robotnicze dla studentów zerowego roku. Na szczęście pomysł ten upadł po niedługim czasie, ale my z Piotrem przerobiliśmy go dokładnie, bo Katedra Astronomii musiała kogoś wysłać, a stażyści nadawali się idealnie. I tak pojechaliliśmy, z innymi młodszymi asystentami UJ, z anglistyki, polonistyki, bohemistyki itp., jako hufcowi ze 150-osobową grupą różnych świeżych studentów do Sandomierza, żeby cały wrzesień 1969 r. przepracować na zmianach w Zakładach Przetwórstwa Warzywno-Owocowego w Dwikozach.

Dogłębnie poznaliśmy produkcję kompotów, przecierów pomidorowych i wina marki „Wino”. Proszę wyobrazić sobie późniejszych naukowców, często profesorów i wykładowców, w roli nadzorców studentów pracujących przy taśmach produkcyjnych – wspaniałe doświadczenie!!!

Jako anegdotę opiszę jeden z przypadków, z którymi przyszło nam się wtedy zmierzyć. W dużej hali, jabłka przywożone wywrotkami i zsypywane do koryta z bieżącą wodą, trafiały do tłoczni, a potem ich resztki,

mające konsystencję i wygląd mokrych trocin, wysypywały się na taśmociąg i wyjeżdżały na zewnątrz, tworząc ogromną hałdę. Studenci natychmiast wpadli na pomysł, że można wsiąść na ten taśmociąg, wyjechać z hali, „spaść” na miękką hałdę z wysokości 7 metrów i zsunąć się po niej na sam dół. Sprawa się wydała i mieliśmy spore kłopoty, tłumacząc naszych podopiecznych, bo oni sami nie widzieli nic niebezpiecznego w takiej zabawie, którą sprytnie wymyślili, żeby urozmaicić sobie długie 8 godzin zmiany.

Prawdziwie astronomiczną praktykę po 4 roku studiów mieliśmy odbyć w trzech obserwatoriach: w Warszawie, Wrocławiu i Toruniu. Piotr, ja i jeszcze dwie koleżanki, Magda i Jowita, trafiliśmy na miesiąc do Obserwatorium Astronomicznego w Piwnicach pod Toruniem, pod skrzydła pani prof. Wilhelminy Iwanowskiej. Tam naprawdę poznaliśmy i poczuliśmy klimat pracy astronoma. Zajęcia były tak zorganizowane, że każdy zaczynał od prostej, ale własnoręcznej obsługi teodolitu, a kończył obserwacjami największym teleskopem w Polsce. Duże wrażenie robiły zajęcia z radioastronomii, która w tym czasie szybko się rozwijała. Nie było przestrzeni na marnowanie czasu, a jedyną rozrywką, gdy niebo było zachmurzone i czekaliśmy na pogodę, była gra w brydża. Piotr był świetnym brydżystą. Do historii przeszedł wylicytowany i ugrany przez niego szlem w kiery. Piotr był tutaj niezrównanym mistrzem i autorytetem, zaraz po pani profesor Wilhelminie, w astronomii nie znosił bylejakości i niedoróbek.

Z okresu studiów mamy bardzo dużo dobrych wspomnień, zawiązały się liczne przyjaźnie, pomagaliśmy sobie nawzajem i chociaż po zakończeniu nasze drogi rozeszły się, to postanowiliśmy kontynuować okresowo spotkania. Pierwszy zjazd absolwentów odbył się po dziesięciu latach, potem co pięć lat, co dwa lata i wreszcie gromadnie zdecydowaliśmy, że „Fizyka i Astronomia '68” będzie się spotykać każdego roku. Dzięki temu wiedzieliśmy o sobie dużo, kontakty nie zaniknęły, każdy zjazd był oczekiwany, zjawiali się bowiem koledzy i koleżanki z całej Polski, Europy i zza oceanu.

Piotr zawsze starał się uczestniczyć w zjazdach, tym bardziej, że wymyślaliśmy różne niespodzianki i każdy dokładał swoją cegiełkę w postaci nowego miejsca i dodatkowych atrakcji (zwiedzanie, wykład itp.). Odwiedziliśmy różne interesujące obiekty UJ, a jako astronomowie dołożyliśmy Collegium Śniadeckiego w Ogrodzie Botanicznym, Obserwatorium na Skale. Byliśmy też w pałacu w Modlnicy na zaproszenie rektora UJ prof. Karola Musioła – kolegi z naszego roku. Spotkanie w winnicy

UJ w Łazach, było połączone z degustacją wina i wykładem o nowym kierunku na uniwersytecie: fenologii.

Na ostatni, bardzo uroczysty zjazd z okazji 50-lecia ukończenia studiów Piotr już nie zdążył, choć cieszył się na niego, bo zorganizowaliśmy go w Collegium Maius. Zjazd miał rozpocząć się Mszą Św. w kaplicy św. Jana Kantego, potem był ciekawy wykład prof. Stanisława Waltosia w auli i na koniec bankiet „U Pęcherza” w podziemiach Collegium Maius. Na Piotra czekało miejsce w auli i przy stole... nikt nie spodziewał się, że odejdzie tak nagle, cicho, bez rozgłosu 1 września 2018 r. na dwa tygodnie przed spotkaniem, o którym rozmawialiśmy zaledwie parę dni wcześniej.

Naukowe osiągnięcia Piotra są bardzo liczne, był człowiekiem pracowitym, sumiennym i rzetelnym, tak niedawno gratulowaliśmy mu „własnej” planetoidy *PiotrFlin*. Ze szczegółowym życiorysem i dokonaniaми Piotra można się zapoznać przez lekturę artykułów wspomnieniowych zawartych m.in. w Częstochowskim Kalendarzu Astronomicznym 2019, którego wersja elektroniczna jest dostępna pod linkiem <http://astronomianova.org/publikacje.php?lang=pl>. Ja zaś chciałam przybliżyć jego postać od strony mniej pomnikowej, bardziej ludzkiej, koleżeńskiej, codziennej. Znamienne jest to, że wspomnienia o Piotrze Flinie są wciąż żywe, rozmawiamy, przywołując często różne zdarzenia i zabawne sytuacje, bo Piotr miał duże poczucie humoru, ale swoich racji potrafił uparcie bronić i łatwo się nie poddawał, choć życie nie skąpiło mu różnych przeciwności i schodów.

Od Jego śmierci minęło już 5 lat, jego grób odwiedzamy na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie, zapalając świecę i wspominając, bo Piotr wciąż żyje w naszych sercach...

A cóż piękniejszego nad niebo...?

Robert Góra

I Liceum Ogólnokształcące im. Marcina Kromera w Gorlicach

Tytułowe słowa Mikołaja Kopernika wzięli sobie mocno do serca nauczyciele fizyki i geografii z I LO im. Marcina Kromera w Gorlicach, którzy od ponad trzydziestu lat usiłują prowadzić edukację astronomiczną wśród młodzieży licealnej. Dziesięć lat temu, wychodząc naprzeciw rosnącemu zainteresowaniu uczniów, powstał pomysł wskrzeszenia przedmiotu *astronomia* w edukacji szkolnej. Udało mi się stworzyć program autorski, który z powodzeniem został wdrożony w klasach o profilu politechnicznym, w wymiarze 3 godzin w cyklu nauki (po jednej godzinie tygodniowo w klasie 2, 3 i 4). Dzięki temu uczniowie mają na świadectwie wpisany dodatkowy przedmiot – astronomia.



Marcin Kromer patronem naszego LO. Jako jeden z pierwszych docenił astronomiczne dokonania Mikołaja Kopernika.

Edukacja astronomiczna w naszym liceum, choć wciąż daleka jeszcze od poziomu programowej edukacji, jaka miała miejsce przed transformacją ustrojową i towarzyszącą jej reformą oświaty, przynosi satysfakcjonujące owoce. Nasi uczniowie uczestniczą w licznych konkursach wiedzy astronomicznej, o zasięgu ogólnopolskim i światowym, i zdobywają w nich nagrody i wyróżnienia. Na etapach przygotowania i uczestnictwa w konkursach zdobywają, niezależnie od zajęć lekcyjnych, dodatkowe porcje wiedzy z zakresu astronomii. Żywimy nadzieję, że nasze oddziaływania dydaktyczne na młodzież w zakresie astronomii zaowocują nie tylko ogólnym poszerzeniem horyzontów myślowych naszych absolwentów, ale także sprawią, że ktoś z nich wybierze dla siebie zawód astronoma. A historia naszego miasta, ani naszego LO, nie odnotowała jeszcze takiego przypadku.

Tymczasem czerpiemy satysfakcję z astronomicznych osiągnięć naszych uczniów. Poniżej wyszczególniono kilka z nich:

- W 2013 roku nasza uczennica Aleksandra Rzepka, w finale XXXIX Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego (OMSA) w Grudziądzu została bardzo ciepło przyjęta i za swoją pracę wierszem pisaną „Czarna dziura – prawdziwa historia” uzyskała nagrodę publiczności.
- W 2016 roku uczennica Małgorzata Kurcab, podczas II Ogólnopolskiego Konkursu Filmów Astronomicznych (Niepołomice) zajęła 3 miejsce za film pt. „Astronomy is my life”.
- W 2016 roku Małgorzata Kurcab zdobyła II miejsce podczas XLII Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomicznego (OMSA) w Grudziądzu, prezentując pracę pt. „Moje poszukiwania gwiazdzistego nieba – o zanieczyszczeniu światłem i sposobach jego pomiaru”.
- W 2017 roku Jury Ogólnopolskiego Konkursu Uranii „Nasza Szkolna Przygoda z Astronomią 2016/17” przyznało I Liceum Ogólnokształcącemu im. Marcina Kromera w Gorlicach I miejsce oraz nagrodę „GRAND PRIX 2016/17”. Nagrodą był sprzęt astronomiczny o wartości 5000 zł. Nagrody rzeczowe otrzymali także zaangażowani nauczyciele i uczniowie.
- W roku 2018, podczas XLIV OMSA w Grudziądzu, nasze uczennice Anna Rafa i Aleksandra Przybyłowicz zajęły odpowiednio II i III

miejsce za referaty „Solary(i)grafia” oraz „Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na pomiary jasności nocnego nieba”. Prace badawcze tych uczennic zostały opublikowane w Uranii.

- W 2018 r., w międzynarodowym konkursie „Space Awareness” nasza szkoła uzyskała pierwsze miejsce w kraju i zakwalifikowała się do finału światowego tego konkursu. Szkole i poszczególnym uczniom przyznano certyfikaty „Excellent Space – Science School i Science Student”.



Gala laureatów XLIV OMSA w Grudziądzu (2018). Anna Rafa – czwarta od lewej, Aleksandra Przybyłowicz – trzecia od prawej.

Korzystając z unijnych dofinansowań nasza szkoła pozyskała sprzęt do obserwacji astronomicznych (teleskopy, aparaty fotograficzne, lornetki, mierniki sqml i wiele innych). W ramach projektu „Reach the Sky” uczniowie wielokrotnie brali udział w wyjazdach zagranicznych, między innymi na Teneryfę, gdzie uczestniczyli w warsztatach i zajęciach obserwacyjnych w Obserwatorium Astrofizycznym Izaña przy El Teide i w Instytucie Astrofizyki Wysp Kanaryjskich. Podobne zajęcia, prowadzone przeze mnie i Sławomira Dedę (a także przez zaproszonych gości dla grup międzynarodowych), odbyły się w naszym LO oraz w Radocynie i w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach.



Ekipa z „Kromera” na Wyspach Kanaryjskich (2017 r.). Od lewej: Sławomir Deda, Joanna Łopata, Zuzanna Ignar, Aleksandra Bielat, Julia Kostkiewicz, Arkadiusz Koszyk, Izabela Jajko, Marzena Wójtowicz, Robert Góra, Jakub Mendyka.



Uczniowie podczas warsztatów astronomicznych w Stuposianach (2019 r.).

Corocznie organizujemy warsztaty astronomiczne dla zainteresowanych uczniów naszej szkoły oraz z lokalnego środowiska, w tym zajęcia wyjazdowe, prowadzone przez nauczycieli naszego LO. Młodzież miała okazję wielokrotnie uczestniczyć w wyjazdach zagranicznych, np. na Teneryfę do obserwatorium Izaña przy El Teide. Bardzo intensywnie rozwija się współpraca z Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach, Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, ze Stowarzyszeniem WROSpace, Parkami Gwiazdznego Nieba w Górach Izerskich i w Bieszczadach oraz innymi ośrodkami edukacji astronomicznej. Uczniowie corocznie biorą udział

w warsztatach organizowanych przez naszych nauczycieli w Stuposianach, gdzie wzbogacają swoją wiedzę astronomiczną i uczestniczą w obserwacjach nocnych.



Uczniowie z I LO pod opieką autora w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim (2023). Od lewej: Szymon Świniarski, Maksymilian Mikrut, Kacper Dziki, Maja Stolarska, Aurelia Lisowicz, Wiktoria Kisielewska, Łukasz Piecuch, Marzena Wójtowicz, Robert Góra, Milena Korzec, Patrycja Cieśla, Zuzanna Burkot, Filip Ślusarz, Norbert Jarek, Jakub Gabryel, Maksym Mikrut, Bruno Bolek.



Stoisko I LO podczas „Pogórzańskich Atrakcji Naukowych” w Łuźnej (2018 r.).

Uczniowie I LO wraz ze swoimi nauczycielami corocznie przygotowali stanowisko do obserwacji astronomicznych na placu szkolnym

w Łużnej, podczas organizowanych tam „Pogórzańskich Atrakcji Naukowych”. Pokazywaliśmy tam czym zajmujemy się w ramach naszych zajęć z astronomii. Można tu wymienić np.:

- Obserwacje Słońca i plam słonecznych przy pomocy teleskopów; prezentacja działania zegara słonecznego, spektroskopu i urządzenia SkyScout;
- Galeria zdjęć z kosmosu i obiektów kosmicznych wykonana przez uczniów;
- Radioteleskop szkolny do śledzenia satelitów; i wiele innych.

Udało się także nawiązać stałą współpracę z Instytutem Astrofizyki na Teneryfie w ramach projektu PETeR. Dzięki tej współpracy uczniowie mają możliwość korzystania z teleskopów robotycznych sieci SARA w obserwatorium Kitt Peak oraz teleskopów na Wyspach Kanaryjskich, wykonując własne obserwacje i astrofotografie. Uczestniczą też w zajęciach on-line organizowanych przez IAC (Instytut Astrofizyki Wysp Kanaryjskich).



Nauczyciele i uczniowie z I LO pod radioteleskopem w San Cristóbal de la Laguna (2016 r.). W pierwszym rzędzie (kłęczą) od lewej: Adrianna Rolak – Koszyk, Izabela Misiólek, Sara Słyś; stoją: Joanna Łopata, Wiktor Rafa, Marzena Wójtowicz, Joanna Sanek, Alicja Honek, Kinga Tomalska, Angelika Zając, Angelika Kopcza.

Wizytówką I LO im. Marcina Kromera jest także zegar słoneczny, wykonany według mojego projektu, umieszczony na ścianie budynku przy wejściu do szkoły.



Zegar słoneczny na ścianie budynku I LO w Gorlicach. Projekt – Robert Góra, wykonawca – Marek Marmużniak. Sfinansowano w ramach projektu „Reach the Sky” z Erasmus +.

Głównym celem wprowadzenia przez nas do siatki godzin przedmiotu astronomii było wzbogacenie i uatrakcyjnienie procesu dydaktyczno-wychowawczego, rozwijanie umiejętności badawczych, rozbudzenie i poszerzenie zainteresowań uczniów, a co za tym idzie zwiększenie efektów nauczania z wszystkich przedmiotów matematyczno-przyrodniczych. Ważnym elementem tego kształcenia jest też duża korelacja przedmiotów ścisłych: astronomii, matematyki, fizyki i geografii. Dla szkoły jest to też duże wyróżnienie i promocja placówki na zewnątrz. Należy mieć nadzieję, że podobnych szkół i placówek oświatowych będzie w kraju coraz więcej, a Liceum Ogólnokształcące imienia Marcina Kromera w Gorlicach będzie służyło jako dobry przykład do naśladowania. Nasze lata doświadczeń wykazują niezbicie, że kształcenie w zakresie astronomii młodzieży licealnej ma sens i wychodzi naprzeciw powszechnym oczekiwaniom społecznym. U naszej młodzieży odnajdujemy duże naturalne zainteresowanie środowiskiem kosmicznym, o czym niech zaświadczy choćby poniższy cytat z eseju jednej z uczennic:

„... Nasze biologiczne możliwości poznawania świata są bardzo limitowane. Pięć zmysłów: wzrok, słuch, węch, smak i dotyk dają nam szanse przetrwania i zaspokojenia podstawowych potrzeb. Ewolucja dała nam je na tyle precyzyjne, na ile było to potrzebne, żeby zapewnić nam utrzymanie się przy życiu na tej planecie, a nie żeby pokazywały nam całą prawdę o środowisku przyrodniczym. O naukach ścisłych, a w szczególności o Astronomii, można by wiele rozmyślać i pisać. Są bowiem fascynujące i warte każdego wysiłku i oddanego czasu dla ich studiowania. Bo to one usprawniają nas ku wydobywaniu kropelek prawdy z oceanu najrozmaitszych doznań zmysłowych.” (Zuzanna Burkot, *Uczennica klasy 1a w LO im. Marcina Kromera w Gorlicach*)



Nauczyciele i uczniowie zakreśeni astronomicznie przed budynkiem I LO (2.01.2024 r.). Od lewej: Kacper Dziki, Sławomir Deda, Dominika Jedlecka, Szymon Świniarski, Patrycja Cieśla, Maja Stolarska, Antoni Ciapaj, Maksymilian Mikrut, Zuzanna Burkot, Maksym Michalak, Filip Ślusarz, Artem Kushnirskyi, Norbert Jarek, Zuzanna Stec, Anna Lewandowska, Arsenii Preobrazhenskyi, Jakub Gabryel, Gabriela Ludwin, Bruno Bolek, Aleksandra Świerz, Wojciech Grzywa, Weronika Nabożna, Michał Korbelak, Olaf Witusik, Wiktoria Jurusik, Michał Gorzkowicz, Robert Góra.

Krym kosmiczny

Bogdan Wszolek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi, Rzepiennik Biskupi

Wstęp

W latach 2005-2011 odwiedziłem Krym sześciokrotnie. Za każdym razem jako organizator wakacyjnych wypraw studenckich do krymskich obserwatoriów astronomicznych. Na samym Krymie, odliczając czas dojazdu i powrotu, zwykle przebywało się od siedmiu do piętnastu dni. Zakwaterowanie mieliśmy w krymskich obserwatoriach astronomicznych (Nauuczny, Koszka, Katzeville). Termin wakacyjnej eskapady starałem się zawsze tak dobierać, żeby przy okazji wziąć udział w jakiejś astronomicznej konferencji, czy to na samym Krymie czy też gdzieś po drodze (Lwów, Kijów, Odessa). Aspekty czysto naukowe pozostawały jednak na drugim miejscu. Wyprawy były przede wszystkim przygodami turystycznymi, choć ta „turystyka” była bardzo osobliwa. Bardziej przypominała obozy przetrwania niż to, co zwykle się dziś nazywać turystyką.

Jako organizator wypraw, i z czasem znawca ukraińskich i krymskich realiów, wprowadziłem kilka podstawowych zasad, które miały być respektowane przez uczestników. W szczególności masa bagażu (obejmująca odzież, którą ma się na sobie) nie mogła przekraczać 10 % masy ciała podróżnika. Bagaż tylko jeden i o objętości dowolnie mniejszej niż 10 litrów. Pieniędźmi każdy rządził się po swojemu i nie mógł ich mieć więcej niż ustalona na początku kwota, zwykle zaskakująco mała. Posiłki każdy sobie miał organizować po swojemu i tak, żeby nie opóźniać ruchu grupy. Kwadrans wolnego czasu przy sklepie spożywczym i dalej w drogę. Po przeczytaniu regulaminu uczestnictwa w wyprawie krymskiej, większość zgłaszających się odpuszczała. Czasem dyskwalifikowałem kogoś na samym starcie wyprawy, bo sobie zlekceważył zasady dotyczące bagażu, a nie chciał przed wejściem do pociągu wyrzucić jego nadmiaru do kosza. Granicę Medyka – Szeginie zawsze przekraczaliśmy pieszo. Tak było najkorzystniej finansowo. Oj dużo można się było nauczyć podczas takich przejść! Potem autobusem kursowym do Lwowa

i kupowanie biletów na najbliższy pociąg do Symferopola, albo do Kijowa lub Odessy, jeśli nie od razu jechaliśmy na Krym. Kupienie biletów, zwłaszcza dla dużej grupy i najlepiej w jednym wagonie, zawsze graniczyło z cudem i mogło zająć kilka godzin. Kto pieszo pokonał granicę i kupił we Lwowie bilet na dalszą podróż, zdał wstępny egzamin na „twardziela”. Odstęp czasu pomiędzy skompletowaniem biletów a odjazdem pociągu mógł wynosić od kilku do kilkunastu godzin (rekord – ponad dobę). Wykorzystywaliśmy go przeważnie na pójście na spektakl w Operze Lwowskiej i/lub na Cmentarz Łyczakowski (często głęboką nocą i za darmo, znałem bowiem sekretne wejście „przez dziurę”), gdzie koniecznie należało odwiedzić Marię Konopnicką, Konstantego Juliana Orдона, Stefana Banacha i naturalnie „Orlęta”.

Jest we Lwowie jeszcze inne miejsce szczególne, które odwiedzaliśmy – Katedra. Choć słynie ona głównie z tego, że król Jan Kazimierz składał tam śluby, to ja prowadziłem tam grupy ze względu na witraż, który nawiązuje do praw Keplera.



Witraż w Katedrze Lwowskiej, który najwyraźniej jest artystycznym wyrazem dwóch pierwszych praw Keplera – prawa elips i prawa pól. Słońce znajduje się tu w ognisku (nie w centrum) elipsy. Górna część (ponad Słońcem) została podzielona na cztery sektory, a dolna na sześć. Jeśli elipsę potraktować jako orbitę planety, to planeta przebiega region peryhelium szybciej, potrzebując tylko czterech jednostek czasu, niż region aphelium (sześć jednostek czasowych). W taki sposób artysta wyraził (świadomie czy nieświadomie?) regułę, że planeta porusza się wokół Słońca tak, że jej promień wodzący w równych odstępach czasu zakreśla równe pola. Na fotografii witraż jest na planie trzecim. Pieta jest na planie drugim, a na planie pierwszym moja grupa krymska z 2009 roku.

Ze Lwowa do Symferopola podróż trwa około dobę i wcale się nie dłuży. Jazda pociągiem (wagon koniecznie placartnyj i najlepiej z opłaconą pościelą) to przygoda sama w sobie. Rzecz nie poddająca się krótkiemu opisowi. Kto miał przyjemność podróżowania radzieckimi kolejami, rozumie. Dwie rzeczy jednak godzi się odnotować: smakową i zapachową. Smak herbaty z samowaru wagonowego, dostarczanej na każde życzenie przez konduktora, w prawdziwej szklance w metalowym koszyczku, jest tak wyborny, że trudno byłoby go odtworzyć w warunkach domowych czy kawiarnianych. I zapach w wagonie; mieszanka zapachów własnych pięćdziesięciu czterech pasażerów oraz ich wiktuałów i różnorodnych pachnideł sztucznych (perfumy, kremy, pasty do zębów, pasty do butów).

Za każdym razem szlak wiódł przez obserwatoria Krymskiego Obserwatorium Astrofizycznego (KrAO), w których miejscowi astronomowie z pasją opowiadali o swoich badaniach i wyjaśniali szczegóły dotyczące poszczególnych instrumentów. Niejednokrotnie zdradzali nam takie informacje, których nawet przed swoimi nie wyjawiali. I nawet pozwalali nam wejść w takie miejsca, które z natury są zakazane (np. na czasę RT-22 w Katzeville). Na własną rękę, choć czasem pod wpływem opowieści miejscowych, podczas każdej wyprawy staraliśmy się odnaleźć na górze Koszka i w jej okolicach ślady materialne pozostałe po pierwszych latach radzieckiego podboju kosmosu. Na Krymie (a przede wszystkim na Koszce) była bowiem rozbudowana pierwsza w świecie infrastruktura dla naziemnej obsługi lotów kosmicznych. Wszyscy kosmonauci radzieccy (poza Gagarinem) przed lotem w kosmos przechodzili w rejonie Koszki (w Katzeville) instruktaże w zakresie telekomunikacji kosmicznej.

W niniejszym artykule przybliżę czytelnikom realia moich sześciu wypraw krymskich w porządku chronologicznym.

Lipiec/sierpień 2005

Pierwszy raz poprowadziłem wyprawę na Krym w lipcu/sierpniu 2005 roku. Było nas trzynaście osób, wiekowo mocno zróżnicowanych. Miałem wtedy okazję odkryć regułę, że im grupa bardziej zróżnicowana wiekowo, tym bardziej uciążliwa dla przewodnika! Biletów bezpośrednio do Symferopola we Lwowie nie było. Udało nam się jednak kupić bilety z przesiadką w Kijowie, ale dopiero na wieczór następnej doby. Trzeba było jakoś sensownie spędzić we Lwowie noc i następny dzień. Był już wieczór. Zdecydowałem, że pójdziemy po radę do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu im. Iwana Franko we Lwowie, gdzie kiedyś wcześniej miałem już przyjemność uczestniczyć w konferencji naukowej.

Zastaliśmy tam jednego astronoma, który skontaktował się telefonicznie z dyrektorem obserwatorium, prof. Bohdanem Novosyadlym. Ten zdecydował, że zabiera nas na nocleg do zamiejskiego obserwatorium w Bryukhovychi. Zostaliśmy tam wspaniale ugośczeni, a następnego dnia profesjonalnie oprowadzeni po obserwatorium. Zaimponowała nam tam głównie stacja laserowa do śledzenia ruchów sztucznych satelitów Ziemi, z wykorzystaniem teleskopu o metrowym zwierciadle. W końcu podwieziono nas jeszcze na Cmentarz Łyczakowski, który bardzo chcieliśmy odwiedzić przed wyjazdem na Krym.

Na odcinku Kijów – Symferopol nawiązaliśmy rozmowę z dwoma paniami, matką i córką, które jechały odpocząć nad Morze Azowskie. Mówiły po ukraińsku, że są „Kijanki” (znaczy – mieszkanki Kijowa), co nas Polaków rozbawiło. Przy którejś z kolei herbatce, pół żartem pół serio, zasugerowałem Kijankom, żeby zrezygnowały z Morza Azowskiego na rzecz przyłączenia się do naszej wyprawy turystyczno-naukowej. Uznałem, że będę się czuł swobodniej na Krymie z kimś w grupie, kto zna język ukraiński. (Ja za wschodnią granicą używam przeważnie rosyjskiego i jeszcze wtedy nie wiedziałem, że na Krymie jest to najbardziej stosowny język). Konduktor bez żadnych obiekcji zgodził się, żeby sobie Kijanki wydłużyły trasę przejazdu. „Ruble” nie parzą! Do Symferopola przybyliśmy zatem w piętnaście osób: Karina Bączek, Julia Bezugła, Katarzyna Bryndal, Marcin Dyrda, Agnieszka Kania, Orysia Klewczuk, Marcin Lelit, Marek Lesiak, Barbara Nowak, Bartłomiej Nowak, Marek Nowak, Elżbieta Rumińska, Adam Strzelecki, Magdalena Wszolek i Bogdan Wszolek.

W Symferopolu wsiedliśmy do autobusu, który zawiózł nas do Naucznego. Tam powitała nas miejscowa astronomka, prof. Elena Pawlenko, którą już wcześniej poznałem podczas jakiejś konferencji w Kijowie czy Odessie, i z którą korespondowałem prosząc o umożliwienie mi przyjazdu z grupą studencką. Elena dała z siebie wszystko, żeby nam umilić pobyt w Naucznym i przybliżyć możliwie najwięcej tamtejszej astronomii. Nadto, zorganizowała nam pobyt i opiekę w obserwatorium na Koszce koło Simeiz.

KrAO to duża poradziecka instytucja astronomiczna. Nie ma sobie równej w całej Euroazji pod względem ilości i jakości funkcjonującego sprzętu specjalistycznego. Teleskopy i inne instrumenty obserwacyjne KrAO rozłożone są w trzech uroczych miejscach Krymu. Główna baza obserwatorium mieści się w wiosce astronomicznej Nauczny, niedaleko od miasteczka Bakczysaraj. W jej skład wchodzi kopuły teleskopów

(w ilości około 20), instrumenty do namierzania satelitów, duży kompleks instrumentów do obserwacji Słońca, imponujący zestaw do obserwacji błysków w atmosferze wywoływanych przez wtargnięcie do niej promieni gamma albo cząstek promieniowania kosmicznego, fabryka precyzyjnego sprzętu optyczno-mechanicznego (w tym na potrzeby kosmiczne), liczne budynki o przeznaczeniu naukowym, ogromna baza hotelowa, jadłodajnia, osiedle mieszkaniowe dla astronomów i ich rodzin, szkoła, kaplica do odprawiania nabożeństw i lokalny cmentarz.

Obserwatorium w Naucznym było podzielone na część rosyjską i ukraińską. Mieszkaliśmy w części ukraińskiej, a np. prysznic (ciepła woda!) braliśmy w części rosyjskiej. Astronomowie i ich rodziny tworzyli zgodną wspólnotę, bez względu na przynależność narodowościową. Po obu stronach symbolicznej (dla żartu) granicy żyli w przewadze astronomowie narodowości rosyjskiej. Pomimo bardzo skomplikowanej sytuacji ekonomicznej posowieckiej Ukrainy, krymscy astronomowie szczyli się tym, że od czasu rozpadu Związku Radzieckiego, kiedy finansowanie obserwatorium po Moskwie przejął Kijów (w 1991 roku), nie stracili jeszcze żadnego stanowiska obserwacyjnego. Często za własne pieniądze przeprowadzali konieczne remonty czy uzupełniali elementy wyposażenia.

Pośród licznych stanowisk badawczych Naucznego na pierwszy plan wybijał się teleskop im. G. A. Szajna, o średnicy zwierciadła 260 centymetrów, oraz wysoka wieża teleskopu słonecznego, z lustrem celostatu o średnicy 120 cm.



Teleskop Szajna w Naucznym. Miałem sposobność analizować widma gwiazd wykonane na tym teleskopie.

Nasza grupa spędziła w Naucznym cztery doby, delektując się zawsze rozgwieżdżonym niebem, wspaniałą przyrodą i bezpośrednim kontaktem z wielką astronomią światową. Stąd odbyliśmy pieszo daleką wycieczkę do Czufut-Kale i Bakczysaraja. Marsz w jedną stronę zajmował na skrótty około trzech godzin. Nie jest w zwyczaju odbywać na Krymie grupowe eskapady. Rozmaici „strażnicy” mogli się przyczepić pod jakimkolwiek pozorem i popsuć przygodę. Na dojściu w rejon Czufut-Kale dopadli nas i groźnie pytali kim jesteśmy i jakim prawem szliśmy tą drogą przez lasy. Raz, że zagrożenie pożarowe, dwa, droga jest do użytku miejscowych, a zwłaszcza służb, po trzecie, dla takich jak my w bezludnym lesie jest niebezpiecznie (choćby ze względu na możliwość pobłądzenia). Mój rosyjski wystarczył dla złagodzenia napięcia, obeszło się bez mandatu, na odchodnym usłyszeliśmy „Mołodcy!”



Wieżowy teleskop słoneczny w Naucznym.

Dwie pozostałe części krymskiego obserwatorium mieszczą się nad morzem, w okolicy Simeiz. W wiosce Katzeville, na samym brzegu Morza Czarnego, położona jest część radioastronomiczna KrAO. W tej części na pierwszy plan wybija się radioteleskop RT-22 o średnicy czaszy anteny równej 22 metry.

RT-22 jest sprawnie działającym urządzeniem i pracuje głównie w ramach ogólnoświatowego systemu interferometrycznego (VLBI). Wobec ogromnej precyzji instrumentu, oprócz zastosowań czysto astronomicznych, RT-22 pozwala mierzyć zmiany położenia swego stanowiska (ruch płyty tektonicznej) jeśli te przekraczają 1 milimetr na rok. Pomierzono, że Krym przesuwa się w kierunku północno-wschodnim (sic!) z prędkością około 3 mm/rok. Jako ciekawostkę można tu przywołać fakt, że

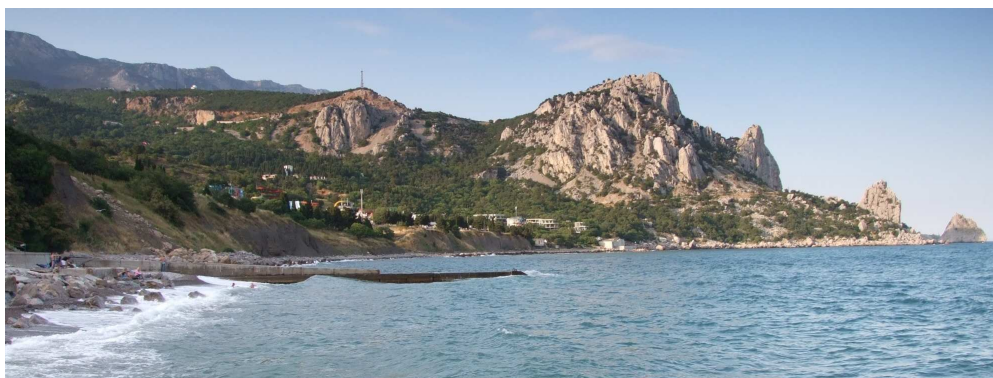
obserwacje czynione przy pomocy RT-22, we współpracy z NASA, pozwoliły celnie kierować do celu (z dokładnością do pojedynczych centymetrów) dedykowane pociski rakietowe w czasie ostatniej wojny irackiej. O możliwościach ubocznego wykorzystania RT-22, np. do monitoringu Morza Czarnego, niech świadczy to, że czułość instrumentu pozwala zarejestrować fakt zapalenia papierosa na przeciwległym brzegu morza.

Historię i możliwości RT-22 przybliżał nam po polsku Iwan Striepka, miejscowy radioastronom słusznego już wieku, jednak w zaskakująco dobrej kondycji fizycznej i umysłowej, co zawdzięczał systematycznym ćwiczeniom jogi oraz codziennym pieszym wędrówkom między swoim domem, który znajdował się na zboczu Koszki, około 500 m n.p.m. i miejscem pracy na plaży przy radioteleskopie. Współuczestniczył w budowie RT-22 i był jego najlepszym znawcą. Z przeogromną pasją mógł opowiadać o radioteleskopie godzinami. Osobiście instruował wszystkich kosmonautów radzieckich (i towarzyszących im w misjach niektórych zachodnich astronautów) w zakresie telekomunikacji kosmicznej. Kto zdał egzamin u Iwana Striepki, miał przepustkę w kosmos. W nagrodę, że wysłuchaliśmy z olbrzymią uwagą jego godzinnego wykładu, na stojąco i w upale słonecznym, zaproponował nam wejście na czaszę RT-22. Spośród całego personelu obserwatorium, tylko Iwan mógł sobie pozwolić na takie rzeczy! Postępując za Iwanem i stosując się do zasad bezpieczeństwa (dla ludzi i dla instrumentu) znaleźliśmy się bardzo szybko w czaszy. Wrażenie nie do opisanania. Dla mnie była to już trzecia w życiu przygoda tego rodzaju. Wcześniej deptałem po czaszy RT-15 w Krakowie oraz RT-100 w Effelsbergu. Dla innych uczestników była to, jedyna w swoim rodzaju, przygoda życia. Na powierzchni czaszy Iwan Striepka kontynuował przez jakieś pół godziny swój wykład o krymskiej radioastronomii i jej służebności wobec kosmonautyki.



Na czaszy RT-22 z Iwanem Striepką.

Niedaleko (ok. 50 minut wspinaczki, jeśli na skróty) od RT-22, na górze Koszka, mieści się najstarsza część KrAO. W pierwszych latach XX wieku, kiedy astronomowie ze słynnego Pułkowa szukali na Krymie miejsca dla zbudowania południowego obserwatorium astronomicznego Rosyjskiej Akademii Nauk, znaleźli już gotowe amatorskie obserwatorium astronomiczne na Koszce. Ostatecznie obserwatorium to zostało przekazane Akademii Nauk i rozbudowane. Zainstalowano tam teleskop optyczny o metrowej średnicy obiektywu. Przez długi czas był to największy teleskop na terenie imperium rosyjskiego i jeden z największych w świecie. Po II wojnie światowej, kiedy rozpoczęto budowę wielkiego obserwatorium w Naucznym, zaprzestano intensywnej rozbudowy bazy obserwacyjnej na Koszce. Znajdują się tam trzy kopuły i jedna stacja laserowa do śledzenia ruchów sztucznych satelitów Ziemi. Najcenniejszym instrumentem do obserwacji typowo astronomicznych jest tam metrowy teleskop firmy Zeiss. Stacja laserowa wykorzystuje inny metrowy teleskop i jest w stanie określić położenie satelity z dokładnością kilku centymetrów.



Góra Koszka (Kot). Opadający ku morzu masyw skalny, oglądany od strony zachodniej, przypomina śpiącego kota zwróconego głową ku morzu. Biała kopuła metrowego teleskopu w obserwatorium na Koszce jest tu ledwie widoczna po lewej stronie u góry. Po prawej wynurza się z morza skała Diwa (51 m wysokości). Fotografia została wykonana z plaży przy RT-22 w Katzeville. Miasteczko Simeiz znajduje się po przeciwnej stronie Koszki.

W obserwatorium na Koszce mieszkaliśmy przez pięć dni, realizując obok zajęć astronomicznych również program turystyczny. Jedni plażowali (schodząc z góry na plażę przy RT-22), inni więcej zwiedzali okoliczne kurorty (Simeiz, Ałupka, Ałuszta, Jałta). Wszyscy zakosztowali wyczerpujących wędrówek górskich. Mieliśmy też incydent językowy. W którejś marszrutce, chyba z Ałupki do Simeiz, bilety u szofera miała kupić dla całej grupy Kijanka Orysia. Zwróciła się po ukraińsku. Kierowca dobitnie, i pod groźbą zostawienia nas wszystkich na przystanku,

przywołał ją do porządku, z naciskiem stwierdzając że na Krymie mówi się po rosyjsku!

Już podczas pierwszego pobytu na Krymie zdobyliśmy szczyt Aj-Petri. Najpierw wjeżdżając autobusem i kolejką, a dzień później pieszo z Koszki. Widok ze szczytu (1234 m n.p.m.) od południa obejmuje otchłań morską i całe wybrzeże, od Jałty do Katzeville i jeszcze daleko dalej na zachód, w stronę Sewastopola. Ogląda się to jak z samolotu. Od strony północnej rozciąga się rozległy płaskowyż (ponad 1000 m n.p.m.) ubogo porośnięty trawą i od czasu do czasu kępami krzaków. Krajobraz malują głównie białe skały, wystające subtelnie z ubogiej stepowej gleby. Wśród takiej scenerii, daleko na północ, dało się dojrzeć z Aj-Petri tajemniczy zespół dużych białych kopuł. Dla zaspokojenia ciekawości, co też tam się znajduje, trzeba było pojechać na Krym jeszcze wiele razy. Miejscowi astronomowie wyrażali się o tym miejscu wymijająco i zdecydowanie odradzali zbliżania się tam.



Autor, pierwszy raz na szczycie Aj-Petri.

Powrót, który wypadł akurat w dniach zmiany turnusów wczasowych, okazał się nie mniej skomplikowany niż przyjazd. Zdobycie biletów powrotnych graniczyło z cudem. Wyszło na to, że tylko nielicznym udało się kupić bilety bezpośrednio do Lwowa. Reszta grupy jechała znowu przez Kijów, i to w rozbiciu na dwa kolejne pociągi relacji Sewastopol

– Kijów. Ze Lwowa to już standard – autobusem kursowym do Szeginie, potem koszmary związane z przejściem granicy, komfortowy busik z Medyki do Przemyśla, i dalej w Polskę.

Wrzesień 2005

Podczas lipcowego pobytu na Krymie zostałem zaproszony na konferencję naukową, organizowaną w KrAO tradycyjnie we wrześniu każdego roku. Z zapałem przyjąłem zaproszenie do powtórnej krymskiej przygody.

Bardzo lubiłem uczestniczyć w astronomicznych konferencjach naukowych organizowanych na Ukrainie. Zjeżdżali się na nie głównie Rosjanie i Ukraińcy, sędziwi astronomowie i ci dopiero początkujący. Większość referatów szła po rosyjsku, ale zdarzały się też wystąpienia w języku ukraińskim. Z czasem przestało to dla mnie stanowić różnicę – zacząłem rozumieć astronomiczny język ukraiński.

Na konferencję w Naucznym pojechałem wraz z córką Agnieszką, wtedy studentką astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim. W 2003 roku miała okazję zapoznać się z wielką astronomią rosyjską na Kaukazie, a w 2004 w Pułkowie. Tym razem chciałem jej przybliżyć astronomię na Krymie. Wyjazd odbył się w dniach 10-21 września i oprócz udziału w konferencji obejmował bogaty program turystyczny. Oprócz imprez turystycznych towarzyszących konferencji, realizowaliśmy również nieformalne wypadki grupowe w ciekawsze miejsca na Krymie. Przewodziłem w tych wypadach zwykle większej grupie studentów i młodych astronomów z Rosji i Ukrainy, którzy byli na Krymie po raz pierwszy. Zabrałem ich między innymi do Czufut-Kale i do Sewastopola. Chodziło o to, żeby zwiedzić jak najwięcej i wydać jak najmniej. Tam gdzie nie dało się wynegocjować darmowych lub półdarmowych wstępów, umiałem obejść całkowicie opłaty. Na przykład do Czufut-Kale weszliśmy darmo, jak średniowieczni wojownicy, forsując niezauważenie strome i wysokie ściany skalne twierdzy. Podobnie w Sewastopolu. Po zdalnym oglądzie oręza Floty Czarnomorskiej, i po obfotografowaniu się z marynarzami tejże floty, zatęskniło nam się do kąpieli morskiej. Wejście na plażę w Sewastopolu jest zarazem wstępem do ruin starożytnego miasta Chersones Taurydzki, i dość słono kosztuje. Trzeba się było jakoś w siedem osób prześlizgnąć niezauważenie. Udało się. Zwiedziliśmy wszystko i wykąpaliliśmy się do syta. Jeden student z Moskwy tak był podekscytowany moim sposobem radzenia sobie w beznadziejnych sytuacjach, że uznał

„Gdyby wszyscy Rosjanie i Polacy byli tacy jak ty, cały świat byłby nasz”.



Moja rosyjsko-ukraińsko-polska drużyna wypadowa. Tu na tle RT-22 i góry Koszki.



Widok na Chersonesz Taurydzki.

Jeśli podczas wyprawy lipcowej poznałem tylko nielicznych astronomów krymskich, tym razem mogłem podyskutować z kilkudziesięcioma i pochodzącymi z wielu rosyjskich i ukraińskich ośrodków naukowych. Już wtedy podnoszono na konferencjach alarm o galopującym starzeniu się ukraińskiej kadry astronomicznej. Zauważono, że wobec bardzo niskich wynagrodzeń i braku finansowania nauki w nowych ukraińskich realiach politycznych, młodzi astronomowie masowo emigrują na Zachód w poszukiwaniu godziwszych warunków naukowego funkcjonowania. Wielu takich młodych przyjeżdżało na konferencję już nie z Kijowa, Charkowa czy Lwowa, ale z Heidelbergu, Cambridge, Kopenhagi lub Paryża.

Poziom naukowy wszystkich spotykanych na konferencjach (nie tylko krymskich) studentów rosyjskich i ukraińskich był bardzo wysoki. Stare

kadry astronomów, oddziałujące dydaktycznie według wypracowanych w ZSSR programów oświatowych, nie spuszczała od razu z tonu w nowej rzeczywistości. Młodzi szli w świat z dużym zapasem wiedzy. Łatwo dało się też zauważyć tendencję, że młode osoby z Petersburga, Moskwy czy Charkowa „górowały” nad osobami z ośrodków zachodniej Ukrainy. Dla Lwowian, Kijów to było coś! Kijowianie marzyli o Zachodzie Europy. Uwaga studentów z Charkowa czy Moskwy była podzielona pomiędzy Zachód i Azję. Wysoki poziom kształcenia w zakresie astronomii absurdalnie sprawił, że młodzi łatwo wybyli do bogatszych krajów, a w ich ojczyźnie zrobiła się wyrwa pokoleniowa i kulturowa zapaść. Na biedę materialną starzy nie narzekali, bo bardziej bolało ich to, że ich astronomiczne „dzieci” i „wnuki” odwracają się tyłem do tego wszystkiego, co dla starych było najszlachetniejsze. Nie dało się też zamaskować rozterek starszych uczonych, w tym dyrektorów placówek. Nie wiedzieli, czy powinni też gnać za młodymi na Zachód, czy tylko tak już jakoś dotrwać na miejscu do emerytury.

Rok 2008

Po 3-letniej przerwie, w dniach 7-17 czerwca 2008, znowu prowadziłem na Krym grupę częstochowskich studentów i licealistów. Tym razem było nas tylko sześciu mężczyzn: Sergiusz Bachniak, Krzysztof Dębowiecki, Sebastian Minkiewicz, Tomasz Plichta, Andrzej Wszolek i ja. Czysto męska wyprawa mogła mieć trochę twardszy charakter niż w przypadku gdy w grupie są też kobiety. Zasady naboru brzmiały tak odstraszająco, że wszystkie kandydatki na wyprawę szybko odstąpiły od pierwotnych zamiarów uczestniczenia. We Lwowie zaliczyliśmy Cmentarz Łyczakowski i spektakl w Operze. Po spektaklu wsiedliśmy w bezpośredni pociąg na Krym. Do Symferopola dotarliśmy około północy. Mimo kategoriycznych stereotypowych przeciwwskazań, co do korzystania z przygodnych podwozków na Ukrainie, skwapliwie skorzystaliśmy na dworcu z propozycji śmiesznie taniej podwozki do Naucznego przez właściciela wypasionej bryki marki BMW. Kierowca uznał, że pomieści nas wszystkich. W Naucznym zapłaciliśmy za podwozkę i zakwaterowaliśmy się w „Gostinicy”.

Oficjalnym celem wyprawy było uczestnictwo w konferencji naukowej. W istocie rzeczy tylko ja osobiście i jeden z moich studentów byliśmy zainteresowani wykładami. Kiedy myśmy brali udział w konferencji, pozostali umilali sobie czas pod miejscowym sklepem spożywczym oraz nad sadzawką – w towarzystwie miejscowych urodziwych nastolatek. Kiedy po wykładach chciałem sobie wieczorem kupić piwo, usłyszałem od

sprzedawczyni, że Polacy już wszystko wykupili. Musiałem się zadowolić starym bio-kefirem.

Tradycyjnie, żywnościowo każdy był na swoim rozrachunku. Naczelna zasada – wydać możliwie najmniej. Dieta dzienna sprowadzała się głównie do czarnego chleba ukraińskiego, piwa, bio-kefiru, dyniek, fig i winogron. Jak się mocno zatęskniło za wędliną, to kupowało się pół kilo kiełbasy albo 20 deko solonej słoniny i szybko to zjadając, zaspakajało się pragnienie białka/tłuszczu zwierzęcego na dalszych kilka dni.



Typowy popas. Tu po drodze z Bakczysaraju do Czufut-Kale.

Nie jest łatwo w Naucznym wytrzymać upału krymskiego lata. Każdemu tęskni się za jakimś zbiornikiem wodnym, gdzie można by się wykapać. W samym Naucznym jest dość spora sadzawka, w której miejscowi (zwłaszcza młodzież) zażywają kąpiele. Nie wszystkim jednak w smak kąpiel w mętnej wodzie i z żabami. Kilka kilometrów od Naucznego znajduje się piękne sztuczne jezioro, rezerwuar wody pitnej dla Jałty. Pod żadnym pozorem nie wolno tam się kąpać. Samo przebywanie w odległości mniejszej niż dwa kilometry od wody mogło być solidnie ukarane. W rejonie zapory są wieże strażnicze, z których uzbrojeni strażnicy strzegą całego akwenu. Już w roku 2005 dokonaliśmy pierwszej próby zasmakowania niedozwolonej kąpiele w krystalicznie czystej wodzie tego jeziora, okalanego zewsząd rozległymi lasami „strefy zakazanej”. Przegoniły nas wtedy stamtąd strzały karabinów. Znaleźliśmy jednak zatoczkę poza polem widzenia strażników i postawiliśmy na swoim. Wykąpaliśmy się do syta! Wypracowałem wtedy na przyszłość pewny sposób obejścia zakazów. Jezioro (sekretnie) było odtąd celem wielu naszych grupowych wypadów z Naucznego.

Zwiedziliśmy część główną obserwatorium KrAO w Naucznym oraz jego część radioastronomiczną w Katzeville u brzegu Morza Czarnego.



Widok na jezioro. Z prawej strony widoczna zapora.



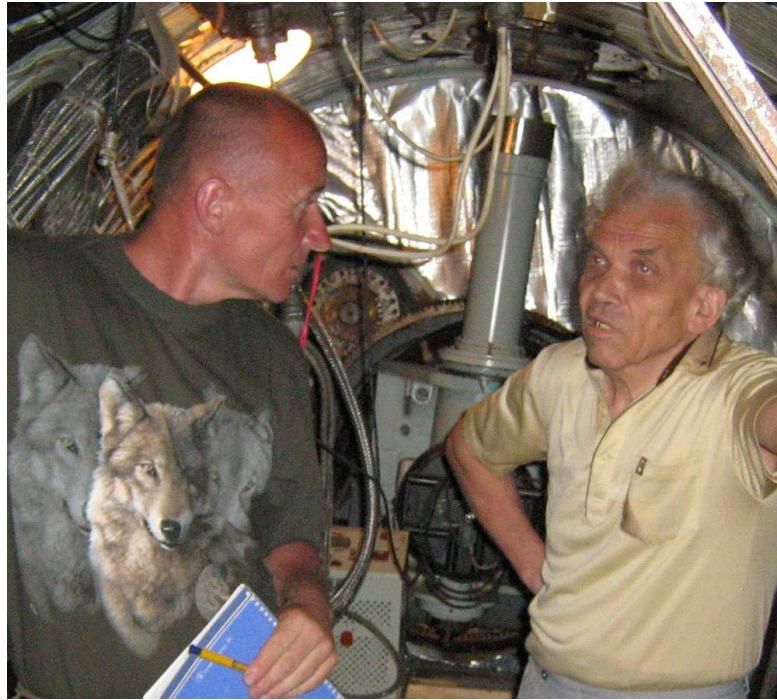
Upragniona kąpiel w zakazanym jeziorze. Z Naucznego do tego miejsca trzeba było piechotą pokonać ok. 7 km, z czego po zakazanym lesie ok. 3 km.



Podczas zwiedzania KrAO. Tu cała nasza grupa na dużej wysokości, u podstawy kopuły teleskopu Szajna w Naucznym. Niektórym z nas udało się wdrapać jeszcze wyżej, nawet na sam szczyt kopuły.

Oprócz zwiedzania obiektów astronomicznych i astronautycznych Krymu zrealizowaliśmy bogaty program turystyczny. Koniecznie musieliśmy

odwiedzić Czufut-Kale, Bakczysaraj, Simeiz, Ałupkę i Jałtę. Dużo chodziliśmy po górach i do syta zażywaliśmy kąpiele morskich. A w Kazivelli byliśmy zakwaterowani właściwie na plaży należącej do KrAO. Fale morskie nie tylko podchodziły pod progi naszych pokoi, ale hałasując nie dawały zasnąć.



W cylindrycznym pomieszczeniu u podstawy czaszy RT-22. Iwan Striepka wyjawia autorowi szczegóły dotyczące budowy zestawu detekcyjnego.



Wykład Iwana Striepki na wolnym powietrzu pod RT-22.

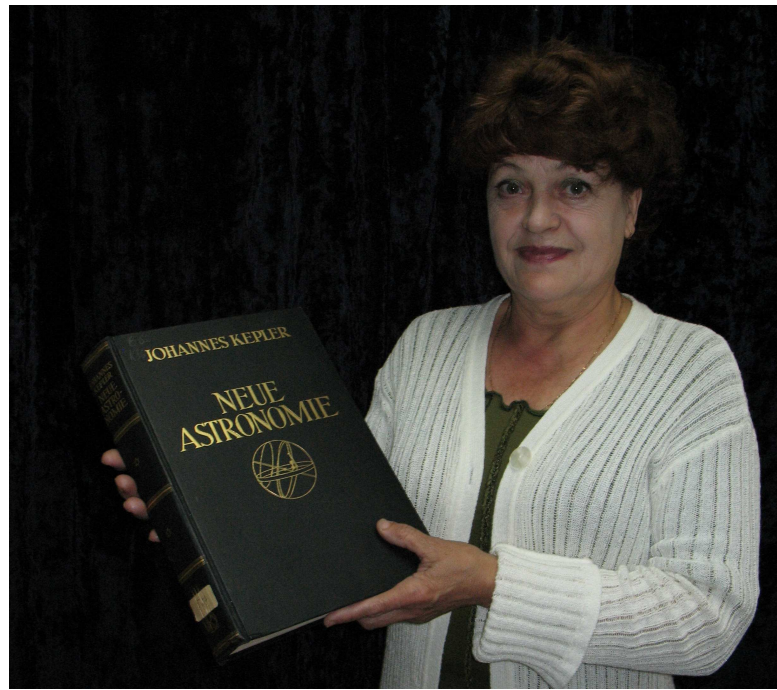
Bazując pod RT-22, poprosiłem Iwana Striepkę o wykład. Przybliżając nam szczegóły dotyczące radioteleskopu nie omieszkał opowiedzieć o pierwszych telefonach komórkowych na świecie. Kiedy w latach siedemdziesiątych rozpoczęła się kosmiczna współpraca między ZSSR i USA, Amerykanie byli częstymi gośćmi w Katzeville. Mieli ze sobą specjalną walizkę, którą otwierali raz na dobę i z jej pomocą komunikowali się bezprzewodowo z NASA. Zapytani dlaczego tak stronią od tej walizki, i tak

krótko z niej korzystają, stwierdzili, że nie chcieliby zachorować. Iwan Striepka opowiedział też o swojej wizycie w jednym ze szpitali, gdzie spotkał aż kilkunastu młodych ludzi cierpiących na poważne schorzenia prawego ucha. Przyczyną było najwidoczniej przedawkowanie czasu trzymania przy uchu telefonu komórkowego. Zalecił młodym bardzo rozważne korzystanie z telefonów komórkowych.

Pojechaliśmy jednego dnia do Jałty. Tam, w pięknie utrzymanej strefie nadbrzeżnej, króluje Lenin. Czy to Bandera we Lwowie, czy Katarzyna Wielka w Odessie czy Lenin w Jałcie, czy Chmielnicki w Kijowie, czy Jagiełło w Krakowie – pomnik, to zawsze pomnik. Myślę, że pomniki trzeba z rozważą budować, a raz zbudowanych nie należy niszczyć. One zawsze mają dużo do powiedzenia. Odzwierciedlają ducha czasów, w których je wznoszono. Czasem stawiają „veto” próbom fałszowania historii. Niszczenie pomników zawsze i wszędzie jest po prostu bezmyślnym barbarzyństwem. Jednak dajmy spokój pomnikom, bo w Jałcie mieliśmy okazję zasmakować wspaniałej przygody morskiej. Statek turystyczny akurat odbijał od portu. Podbiegając szybko machaliśmy rękami, dając tym do zrozumienia, że też chcemy popłynąć. Ze statku usłyszeliśmy „Dawaj!” i wskoczyliśmy na pokład – przeskakując nad wodą około metrowy dystans między podestem przystani, a podłogą płynącego już statku. Zorientowaliśmy się, że rejs odbywa się aż ku Daczy Czechowa i trochę kosztuje. Poprosiliśmy o ulgę i w rezultacie za jedną trzecią nominalnej ceny przeżyliśmy niezapomnianą przygodę. I pomyśleć, że dwóch spośród naszej krymskiej grupy jest dziś, po szczecińskiej Szkole Morskiej, kapitanami na statkach Polskich Linii Oceanicznych.

Wracaliśmy z Krymu przez Kijów, gdzie cały dzień poświęciliśmy na zwiedzanie miasta. Zanim jednak wsiedliśmy w Symferopolu do pociągu mieliśmy jeszcze na pożegnanie wyjątkową kilkugodzinną (86 km) przygodę podróży krymskim trolejbusem z Jałty.

Już od Naucznego mój bagaż zdawał się lekko przekraczać regulaminowe gabaryty. A to za sprawą Keplera. W głównej bibliotece KrAO była „Astronomia Nova” w tłumaczeniu Maxa Caspara na język niemiecki. Tamtejsza pani bibliotekarka była uprzejma zrobić mi kserokopię Dzieła. W roku 2009 założyłem stowarzyszenie Astronomia Nova, w roku 2020 powołałem do życia niezależne pismo *Annales Astronomiae Novae*. A wszystko za sprawą tej kserokopii pozyskanej w Naucznym.



Bibliotekarka w Naucznym prezentuje miejscowy egzemplarz książki „Astronomia nova”, Johanna Keplera.

Rok 2009

W dniach 27 lipca – 12 sierpnia 2009 znowu zorganizowałem wyprawę naukową częstochowskich studentów i licealistów do zespołu krymskich obserwatoriów astronomicznych KrAO. Było nas dwanaście osób: Agnieszka Debudej, Piotr Kraj, Klaudia Kusiak, Sylwia Kusiak, Sebastian Minkiewicz, Tomasz Nowak, Bogdan Wszółek, Kamil Wszółek, Magdalena Żurawska, Patrycja Żurawska i jeszcze dwoje, których nazwisk dziś nie pomnę. We Lwowie tradycyjnie odwiedziliśmy Cmentarz Łyczakowski, Katedrę i Operę. Z mieszanymi uczuciami odwiedziliśmy też pomnik Bandery, odsłonięty w 2007 roku, ale wcześniej przez kilka lat budowany. W głównym gmachu Politechniki Lwowskiej też spotkaliśmy się z wielką gloryfikacją ukraińskiego bohatera narodowego, a zaszliśmy tam ze względu na Juliana Oktawiana Zachariewicza, legendarnego rektora tej uczelni. Przy całym moim zachwycie Ukrainą i wyrozumiałością dla niektórych jej politycznych niesforności po rozpadzie Związku Radzieckiego, idea odrodzenia się kraju w duchu Stepana Bandery napawała mnie jakimś bliżej nieokreślonym niepokojem.

Podróż ze Lwowa prosto na Krym i całą grupą w jednym wagonie placartnym. W Naucznym skorzystaliśmy z półdarmowej, kilkudniowej, kwatery w części rosyjskiej KrAO. Zwiedziliśmy szczegółowo wszystkie obserwatoria krymskie. Dopuszczono nas w Naucznym nawet do samego teleskopu Szajna, gdzie wolno było zachodzić tylko obserwatorom, żeby

nie wnosić na sobie pyłu, który degraduje optykę. Jakimś mniejszym teleskopem obserwowaliśmy nocą planety i Księżyc. Ogromne wrażenie zrobiła na nas wierna kopia teleskopu kosmicznego *Astron*, zdobiąca wnętrze największej sali wykładowej. Ten radziecki teleskop kosmiczny dokonywał obserwacji astronomicznych w zakresie ultrafioletowym. Został opracowany i wykonany w Naucznym. Słusznie się nim chlubią astronomowie i konstruktorzy z Naucznego.



Wewnątrz kopuły wieżowego teleskopu słonecznego w Naucznym.

Po zwiedzeniu „fabryki kosmicznej” w Naucznym, błysnęła mi myśl, żeby zrobili tam metrowy teleskop dla mojego obserwatorium w Rzepienniku. Cóż to dla nich! A weszylem, że u nich byłoby mnie stać na tak duży teleskop. Poszedłem do Dyrektora Technicznego CrAO i zapytałem o taką możliwość. No i dowiedziałem się, że to było całkiem realne jeszcze jakieś dziesięć lat wcześniej. „Teraz, w nowej rzeczywistości, nie ma o tym mowy. Wszystko idzie w rozsypkę. Starzy specjaliści poumierali, młodych nie ma. A nawet gdyby byli, to i tak nie ma etatów, żeby ich zatrudnić. Teraz nawet drobne remonty optyki czy mechaniki teleskopowej musimy zlecać drogim firmom zagranicznym, a funduszy na to nie ma.”

Doświadczyliśmy na Krymie niezwykłego żywiołu. Był upał. Postanowiliśmy iść do wsi Skaliste (ok. jednej godziny piechotą od Naucznego), gdzie było sztuczne jeziorko w wyrobisku skalnym. Woda krystalicznie czysta. Niedługo po tym, jak weszliśmy do wody, nadeszła skądś czarna chmura i groźnie od niej powiało. Ledwie zdążyliśmy wyjść z wody i dygocąc z zimna pozbierać z kamieni swoje manatki, z nieba runął deszcz z gradem wielkości laskowych orzechów. W kilka minut świat stał

się biały od gradu, a my kompletnie przemokliśmy. Ulewa i topniejący gwałtownie grad zamieniły dróżki w rzeki błotnej wody. Na drodze do Naucznego zrobiły się trudno przejezdne dla pojazdów zwały nawleczonych przez wodę kamieni i gliny. Doświadczyliśmy, że letnia aura, nawet na Krymie, potrafi zaskoczyć.



Magdalena Żurawska jako „panienka z okienka” w Czufut-Kale.

Z Naucznego wykonaliśmy całodzienną wycieczkę pieszą do Bakczysaraju i do Czufut-Kale. Zwiedziliśmy pałac chanów krymskich i zachwycaliśmy się urokami skalnego miasta Czufut-Kale. Miasta skalne były w dalekiej przeszłości typowe dla tej części Krymu. Czufut-Kale jest utrzymane jako atrakcja turystyczna. Pozostałe tego rodzaju dawne skalne kompleksy mieszkaniowe nie są objęte żadną kontrolą. Dzisiaj archeolodzy z całego świata przyjeżdżają tu i, mniej lub bardziej oficjalnie, przeczesują wszystko, co nosi znamiona pradawnej aktywności ludzkiej.



Zarośnięte drzewami miasto skalne „Jeżyk”.



Miasto skalne ciągnące się po przeciwnej stronie doliny w stosunku do Czufut-Kale.

Na Koszce chcieliśmy koniecznie zobaczyć metrowy teleskop Zeissa. Powiedziano nam, że właśnie ma z Moskwy przyjechać Gorynia i ona nam wszystko wyjaśni. Faktycznie, teleskop ten użytkowała tylko ta moskiewska astronomka, która każdego roku przyjeżdżała tu latem na miesięczny „urlop” pod kopułą. Przez pozostałe jedenaście miesięcy w roku ten wspaniały teleskop stał beczynnie. Gorynia to była drobna ale twarda kobieta. Mnie przypominała Marylę Kurpińską z krakowskiego obserwatorium. Chodząca legenda Koszki. Z ogromnym entuzjazmem poświęciła nam ponad dwie godziny, objaśniając skąd się wziął ten teleskop i do czego służy. Wcześniejszy metrowy teleskop na Koszce „rozstrzelali” Niemcy podczas II wojny światowej. Ten jest jednym z kilku, które trafiły do Związku Radzieckiego w ramach niemieckich reparacji wojennych.

Gorynia przyjeżdżała na astronomiczne wczasy z podobnie małym bagażem, jak my. Bagaż dużo mówi o człowieku! Jej plecaczek był wypełniony głównie krytycznymi elementami detektorów, które ze sobą przywoziła. Po przyjeździe musiała najpierw posprzątać swoje krymskie gospodarstwo astronomiczne. Poomiatać wszystkie pajęczyny i usunąć z grubsza wszystkie grzyby i pleśnie, jakie zdążyły narosnąć od jej poprzedniego pobytu. Kopuła mocno przeciekała, stropy gniły. Jesienne i zimowe opady degradowały wewnątrz budynku. Letnie wietrzenie było więc bardzo pożądane. Za pobytu Gorynii, kopuła metrowego teleskopu na Koszce była otwarta na okrągło, i w dzień i w nocy.

Wieczory na Koszce były zdominowane światłem mocnej wiązki zielonego światła laserowego z satelitarnego dalmierza. Mieliśmy i tu szczęście do wysłuchania wyczerpującej opowieści głównego specjalisty, co i w jaki sposób jest obserwowane przez ten instrument.

Rezydując na Koszce robiliśmy naprzemiennie wypadki w góry i na plażę przy RT-22 w Katzeville. W górach szukaliśmy pozostałości po

dawnych urządzeniach telekomunikacyjnych dla naziemnej obsługi pierwszych radzieckich lotów kosmicznych (lata 50-te i 60-te). Potem unowocześnione instrumenty pobudowano w Katzeville, w Evpatorii oraz na całkiem odludnym płaskowyżu Krymskim.

W niedzielę, gdzieś ok. trzeciej nad ranem, wyruszyliśmy całą grupą z Koszki na Aj-Petri. Wycieczka była obliczona na przynajmniej dziesięć godzin. Żadnych oznaczonych szlaków nie było, ale ja już miałem dobrze opracowane za dnia ścieżki dostępu na szczyt i to z różnych miejsc przybrzeżnego Krymu. Pod szczytem ustawiał się bileter o ósmej rano. Ze zrozumiałych względów należało przed ósmą być na Aj-Petri.



W drodze na Aj-Petri na ruinach budowli dedykowanej pierwszym radzieckim podróżom kosmicznym.

Podczas tej krymskiej wyprawy zwiedziliśmy dwa ważne miejsca, na które podczas wcześniejszych pobytów brakło czasu. Były to Wielki Kanion Krymu oraz góra Czatyrdah.



Po udanej wyprawie do Kanionu Krymskiego. Wojskowy busik sprawił się dzielnie.

Kanion był daleko od Naucznego i dojazd tam był bardzo trudny, jeśli myśleć o publicznych środkach transportu. Wchodziło w rachubę wynajęcie na cały dzień busa, co znowu było bardzo kosztowne. Rozwiązanie znalazło się tuż przy naszym miejscu stacjonowania w Naucznym. Dyrektor rosyjskiej części KrAO, za całkiem symboliczną odpłatnością, zmobilizował kierowcę służbowego mikrobusu terenowego do obsługi naszej wycieczki. W Kanionie Krymskim znajduje się słynna „Wanna Młodości”, której zakosztowałem jako jeden z nielicznych w naszej drużynie. Widać, mnie to było najbardziej potrzebne. Skok do lodowato zimnej wody, dla człowieka oblanego potem w upale słonecznym, nie każdego bawi.



Odmłodzony autor próbuje czym prędzej uciec z lodowatej wody w „Wannie Młodości”.

Wędrówkę na Czatyrdah skuteczniliśmy w drodze powrotnej. Z Jałty trolejbusem krymskim wjechaliśmy na Przełęcz Angarską i stamtąd pieszo na górę. Mieliśmy z sobą cały bagaż podróżny. Zarządziłem, żeby zabrać z sobą na górę tylko pieniądze, dokumenty i aparaty fotograficzne. Resztę schować umiejętnie w lesie. Po wejściu na płaskowyż otworzył się przed nami jakby zupełnie nowy bajkowy świat. Tego opisać się nie podejmuję. Nie dziwię się, że sam Mickiewicz uczynił te miejsca treścią swojego wieszczonego przekazu dla potomnych. Wobec Czatyrdahu, wszystkie przybrzeżne, architektoniczne i przyrodnicze, atrakcje Krymu schodzą na dalszy plan. Zakosztowaliśmy uroku tej niebiańskiej góry. Tylko dla jej niesamowitego zapachu warto było podjąć cały trud dalekiej wyprawy. A ze szczytu Czatyrdahu można było dojrzeć m. in. słynne obserwatorium w Naucznym, z królującą tam wieżą teleskopu słonecznego.



Cudowny krajobraz płaskowyżu w drodze na Czatyrdah.

Rok 2010

W dniach 14-31 sierpnia zorganizowałem dla astronomów, studentów i miłośników astronomii, głównie z Częstochowy i Krakowa, wyjazd naukowo-turystyczny na Krym. Pełny astronomiczny program wyprawy obejmował: 1) w Karpatach Wschodnich wejście na Pop Iwan (2028 m n.p.m.) do ruin przedwojennego polskiego obserwatorium, 2) w Odessie udział w konferencji naukowej o gwiazdach zmiennych, 3) na Krymie zwiedzanie wszystkich ośrodków KrAO oraz śladów dawnych i stanu współczesnych krymskich stacji naziemnej obsługi lotów kosmicznych. Program turystyczny zawierał jak zwykle liczne wędrowki górskie, kąpiele morskie oraz zwiedzanie miast i miasteczek (Lwów, Odessa, Sewastopol, Nauczny, Bakczysaraj, Jałta, Simeiz, Ałupka, Ałusztka, Kijów).

Grupa do Odessy liczyła w sumie 16 osób: Agnieszka Debudej, Krzysztof Dymarek, Jola Godłowska, Włodzimierz Godłowski, Agata Kołodziejczyk, Paweł Kołodziejczyk, Bożena Kwitowska, Sebastian Minkiewicz, Barbara Niedźwiedzka, Elżbieta Ryś, Stanisław Ryś, Alicja Wszolek, Andrzej Wszolek, Bogdan Wszolek, Magdalena Wszolek i jeszcze jedna osoba, której nazwiska nie pamiętam. W Odessie mieli się odłączyć Agata i Paweł Kołodziejcykowie. Drużyna była mocno zróżnicowana wiekowo oraz pod względem kondycji fizycznej i stopnia tolerancji dla „reżimu”, narzuconego przez przewodnika. Nie obeszło się bez napięć. Ostatecznie dałem słabeuszom pełną swobodę leniwego dysponowania ich czasem, a z dzielniejszymi realizowałem ambitniejszy program.

Po nacieszeniu się atrakcjami Lwowa wyruszyliśmy w podróż do Iwano Frankiwska (Stanisławowa) i potem do Wierchowiny. Do rzeki Czarny Czeremosz dotarliśmy około północy, przy siarczysto rozgwieżdżonym, bezksiężycowym niebie. Resztę nocy mieliśmy spędzić na wędrowce w górę tej rzeki aż do Beresteczka (Dzembronii). W zamierzone miejsce, gdzie

brała początek nasza ścieżka w stronę Popa Iwana, dotarliśmy zgodnie z moim planem, o poranku. Dla starszych, taki nocny zastępnik łożkowych pieleszy, był szokiem. Że było święto (15 sierpnia), niektórzy nagle zapragnęli koniecznie iść do kościoła. Jest w Beresteczku cerkiew, ale nie szło o świcie dojść, czy będą w tym dniu tam jakieś nabożeństwa. Wtedy niektórzy postanowili wracać do Lwowa (choć nikt nie wiedział jakim sposobem) i tam poświętować i poczekać aż wrócimy z Karpat. Zostawiłem maruderów i z resztą grupy rześko wznieśliśmy się najpierw na huculskie połoniny, potem już w zupełną dzicz karpacką. Z Beresteczka na Pop Iwan prowadzą dwie ścieżki, jedna przez Smotrec, a druga, okrężna i trudniejsza, czasami całkiem zanikająca w kosodrzewinach lub tonąca w torfowych bagniskach po pas, prowadziła na początek przez połoninę z kilkoma huculskimi zagrodami. W górę poszliśmy tą trudniejszą, w dół przez Smotrec. Dla mnie była to już trzecia próba wejścia na Pop Iwan. Za pierwszym razem, kilka lat wcześniej, warunki zimowe kazały zawrócić ze Smotreca. Drugim razem grupa okazała się słaba, trzeba było zawrócić dla uniknięcia tragedii. A teraz trzeci raz. Czy się uda?

Dwoje wędrowców postanowiło się odłączyć już na połoninach. Dostali instrukcje jak sobie spacerkiem zejść do Beresteczka. Tam mieli zakupić dostateczną ilość jedzenia i rozglądnąć się za kwaterami dla siebie i dla reszty grupy, jak wróci wieczorem z Popa Iwana. Mieli czekać na nas od 16-tej w umówionym miejscu nad rzeką.

Najpierw skończyły się nam zapasy żywności. Wnet potem brakło wody. Nikt nie wiedział gdzie ten Pop Iwan i czy do niego dojdziemy. Ale i wracać byłoby niebezpiecznie daleko. Około południa dotarliśmy do miejsca, gdzie były borówki. Zarządziłem krótki odpoczynek. Pospieszne obżarstwo borówkami i krótki sen w borowinach. Oj nigdy odpoczynek tak nie smakował! I dobrze, że słabsi odpadli wcześniej.

Pop Iwan ukazał się naszym oczom po dwóch godzinach dalszego marszu w nieznaną. Byliśmy uratowani! Widząc, że niektórych to rozlewniwiło, zarządziłem zawody, kto pierwszy zdobędzie ten odległy jeszcze na kilometry szczyt. Wstąpił w ludzi świeży duch. Każdy chciał mnie dogonić, przegonić. Nie dałem się. Zaraz po mnie zdobyła Popa Iwana moja córka Agata. Ale niektórzy w grupie osłabli i na sam Pop Iwan nie doszli. Czekali na nas na rozstaju ścieżek pod Smotrecem, pilnowali bagażu i zajadali się borówkami. Osłabli, bo wcześniej rycersko podjęli się pomocy dziewczynom w niesieniu ich bagażu.



Jak padli, tak zasnęli!



Widok na Pop Iwan z okolic Smotreca.



Pop Iwan zdobyty.

Strome zejście ze Smotreca do Beresteczka nie było łatwe. Długotrwały brak snu, nadludzki wysiłek odbytej wędrówki, przeszywający ból w nogach, dyktowały by rzucić się na ziemię i zasnąć. Czasem człowiek przebudzał się po krótkotrwałym zaśnięciu w marszu. Ale wizja jedzenia i jakże utęsknionego zimnego piwa w Beresteczku, pozwoliła dotrzeć do umówionego miejsca. Oj jak wtedy smakowała nam zimna woda, prosto z rzeki!

Po tej przygodzie przespaliśmy się w Beresteczku i dalej w drogę...



Najwytrwalsi przy ruinach dawnego obserwatorium na Popie Iwanie. Mają za sobą 36-godzinną podróż, z czego 16 godzin piechotą z całym podróżnym bagażem. Przed nimi 6 godzin wędrówki, zanim zaspokoją głód i pragnienie, zanim się wreszcie umyją i pójdą spać. Ale wcześniej, po przystrojeniu kwiatami krzyża na Popie Iwanie, oddamy jeszcze honory Niebu, jakie przystały na dzień 15 sierpnia i na nasz sukces. Był w grupie seminarzysta, poszło pięknie. Nawet biskup w katedrze nie zdołałby godniej tego dnia uszanować, jak my na Popie Iwanie.

do Lwowa, do Odessy. W Odessie, już całą grupą, zameldowaliśmy się w uniwersyteckiej „Czarnomorcie” i tam zostaliśmy zakwaterowani. Konferencja trwała kilka dni. Wielu wolało zwiedzać miasto lub zażywać morskich kąpiel, niż słuchać wykładów astronomicznych. Standard życiowy w Czarnomorcie (czyli w uniwersyteckim ośrodku czasowym) był jeszcze głęboko radziecki. Wszędzie indziej czyniono szybkie postępy, dawną siermięgę zastępowano nowoczesnymi rozwiązaniami. Wszędzie, tylko nie w Czarnomorcie! I to było wtedy w Odessie ciekawe; zobaczyć jak wyglądało stare i jak potrafi zamieniać się w nowe. Jednak to co cieszyło, szło z aktywności prywatnych osób. To co państwowe, było całkiem pozostawione na pastwę losu.

Po przystanku w Odessie ruszyliśmy na Krym. Rankiem dotarliśmy do Symferopola. Stamtąd pojechaliśmy trolejbusem na Przełęcz Angarską z zamiarem wejścia na Czatyrdah. Zaczęły się szemrania – znowu góry, nie damy rady, plecaki ciężkie, czy możemy jechać do Jałty i tam zaczekać? Wymogłem, że ruszyliśmy wspólnie, jedni z entuzjazmem, inni w ponurym nastroju. Miało się jednak okazać, że turystyka na Czatyrdach została zamknięta w związku z zagrożeniem pożarowym. Strzegący wejścia na ścieżkę policjant był nie do przebłagania. Nawet nasze „ruble” nie dały rady zmiękczyć władzy! Trzeba nam było podążać w stronę Jałty i potem dalej do obserwatorium na Koszce, gdzie mieliśmy obozować przez kilka dni, zanim przeniesiemy się do Naucznego.

Całą grupą uczestniczyliśmy tylko w programach astronomicznych. Twardą turystykę realizowaliśmy w grupach kilkuosobowych. Pozostali



Z grupą „pod wezwaniem” w pobliżu wojskowej stacji satelitarnej, schowanej w głębi krymskiego płaskowyżu. Przy próbie dalszego zbliżenia się, skutecznie nas odstraszo strzałami z karabinu.



Agnieszka Debudej podczas jednej z sesji obserwacyjnych na Koszce.

zażywali atrakcji Krymu na własną rękę. W Katzeville odwiedziliśmy Iwana Striepkę, który poświęcił nam dużo czasu objaśniając szczegóły dotyczące RT-22 oraz dwóch zestawów instrumentalnych do radiowych obserwacji Słońca. W grupie było nas kilkoro zawodowych astronomów i Iwan dostosował poziom wykładu do naszych potrzeb. Interesowało nas wiele szczegółów, m. in. dlatego, że po powrocie z Krymu mieliśmy się angażować w rozbiórkę dużych anten satelitarnych w Psarach, z zamiarem ich rewitalizacji w nowych miejscach. Bardzo dużo dowiedzieliśmy się o RT-22, poczynając od grubej mechaniki, a skończywszy

na subtelnościach natury elektronicznej. Weszliśmy do wnętrza dużego pomieszczenia w kształcie walca, umieszczonego tuż pod czaszą radio-teleskopu. Były tam kiedyś kręcone sceny do filmu „Argonaucci”. Nas jednak interesowały rozwiązania w sferze detektorów i w sposobie dalszej transmisji sygnału do systemu komputerów.



Widok na RT-22 od strony morza.



Stanisław Ryś w dyskusji z Iwanem Striepką.

Podczas dyskusji i przegryzania się przez szczegóły elektroniczne wyszło na jaw, że niektórzy nasi astronomowie mieli problemy z dostrzeżeniem drobnych szczegółów, choćby napisów na tabliczkach znamionowych. Znacznie starszy Iwan (po 80-tce) takich problemów nie miał. Oczy miał sprawne jak nastolatek. Podał w tym kontekście prosty sposób na odświeżanie ostrości widzenia. Na dużym białym kartonie maluje się w centrum czarną kropkę, np. o średnicy 1 cm. Wieszka się taki karton na ścianie tak, żeby kropka znajdowała się na wysokości oczu i w odległości ok. 1 m od nich. W pierwszym dniu terapii patrzymy bardzo

intensywnie w czarną kropkę tylko przez minutę, starając się widzieć ją ostro. W drugim dniu wpatrujemy się przez dwie minuty, w trzecim przez trzy... w dziesiątym przez dziesięć minut. Jeśli terapię trzeba kontynuować dłużej, to w dalszych dniach pozostajemy na dziesięciu minutach. Najczęściej 10-dniowa terapia gwarantuje sukces i wystarcza zwykle do końca życia. Jogin nie ma problemu z przeprowadzeniem tego rodzaju terapii, ale zwykli ludzie mają. Poddają się „serwisom” okulistycznym, płacą i widzą coraz gorzej.



Nasza grupa przy teleskopie słonecznym w Naucznym.

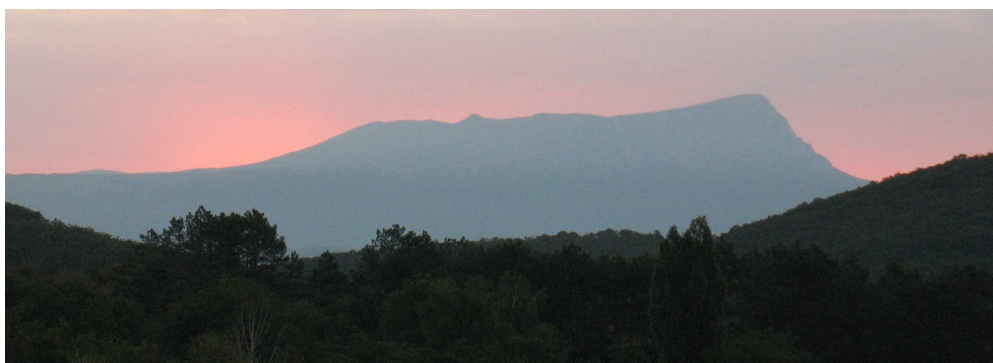
W Naucznym też zwiedziliśmy obserwatorium bardziej dogłębnie niż w przypadku wcześniejszych pobytów. W szczególności dokładnie przybliżono nam instrumentarium KrAO dedykowane obserwacjom Słońca. Zapytałem m.in. czy polscy astronomowie zajmujący się Słońcem współpracują z CrAO. Okazało się, że nie. I to bardzo mnie zdziwiło i domagało się zrozumienia. Podobnego zdziwienia doznałem podczas zwiedzania części obserwatorium dedykowanej astronomii wysokich energii. Instrumentarium, jakiego poza KrAO nigdzie w świecie nie widziałem, leżało prawie odłogiem po upadku ZSSR. Jeśli pytałem o współpracę z zagranicą, usłyszałem, trochę Francuzi, Amerykanie i Rosjanie, z Polski nikt. Wielka szkoda! A może powinniśmy byli pomóc astronomom ukraińskim w należyтым zagospodarowaniu ich bogatego dziedzictwa z czasów radzieckich? W Polsce w tym czasie likwidował się wspaniały ośrodek satelitarny w Psarach, nikogo, poza małą grupką prywatnych osób, to nie bolało.

Nie poddawaliśmy się jednak pesymistycznym nastrojom. Znajdowaliśmy ukojenie we wspaniałej przyrodzie Krymu. Z Naucznego był piękny widok na masyw Czatyrdahu, na który zamierzaliśmy wcześniej wejść.



Instrumentarium astrofizyki wysokich energii w Naucznym. Dwie współpracujące ze sobą baterie zwierciadeł (w sumie 48 luster) dla detekcji optycznych błysków na niebie wywoływanych wejściem w atmosferę fotonów promieniowania gamma albo cząsteczek promieniowania kosmicznego.

Z lubością oglądaliśmy na jego kierunku wschody Słońca i to musiało nam zastąpić niedoszłą przygodę górską.



Czatyrdah widoczny z Naucznego tuż przed wschodem Słońca.

Szybko minął czas tej wyprawy. Powrót też odbył się w rozbiciu na grupy. Seniorom udało się kupić bilety bezpośrednio do Lwowa, bo kosztem zwiedzania odstali swoje przed kasami w Baczysaraju i Sewastopolu. Pozostali wracali przez Kijów, poświęcając tam jeszcze cały dzień na zwiedzanie.

Rok 2011

W dniach 29.08 – 10.09. poprowadziłem ostatnią, jak dotąd (2023), astronomiczno-turystyczną wyprawę naukową na Krym. W 10-osobowej grupie uczestników było troje studentów astronomii z UMK w Toruniu (Paulina Kaczmarek, Tomasz Kazimierczak i Mateusz Baziński), troje

studentów fizyki Akademii Jana Długosza (AJD) w Częstochowie (Anna Majtyka, Monika Marcinkowska i Tomasz Nowak) i dwoje studentów ochrony środowiska AJD (Beata Grzejszczak i Mateusz Wróbel). W wyprawie brał też udział dr Ryszard Miszczyński – filozof zatrudniony w AJD.

Zbiórkę na peronie dworca kolejowego w Przemyśle ustaliłem na godzinę dwunastą. Wszyscy się odliczyli i przeszli pomyślnie weryfikację. Podróż z Przemyśla do Lwowa odbyliśmy tradycyjnie: bus do Medyki (w cenie 2 zł. od osoby), piesze przejście granicy, autobus kursowy z Szeginie do Lwowa (w cenie 2 zł. od osoby).

Pospiesznie zwiedziliśmy Lwów i udaliśmy się dalej do Odessy. Tam uczestniczyliśmy w konferencji o gwiazdach zmiennych i zwiedziliśmy miasto. Po Odessie już prosto do Symferopola. Na dworcu w Symferopolu okazało się, że jednemu z naszych zginęły w pociągu spodnie, paszport i wszystkie pieniądze. (Po prostu, w gorączce wysiadania, zapomniał to zabrać z pociągu, a pociąg po ukończeniu biegu, gdzieś sobie odjechał na bocznice). Zaczęliśmy błędnie kombinując co zrobić. Podszedł do nas wtedy znajomy konduktor, trzymając w rękach zgubę. Zażądał dość sporego okupu. Trochę utargowaliśmy, ale uszczerbek finansowy studenta był odczuwalny.

Stress po zaistniałym incydencie leczyliśmy w wolno jadącym trolejbusie krymskim. Wysiedliśmy z niego na Przełęczy Angarskiej, żeby stamtąd szturmować Czatyrdah. Na wypadek gdyby nas nie chciano wpuścić, miałem już opracowany wariant obejścia strzeżonych wejść na szlak. Jednak bez żadnych przeszkód zagłębiliśmy się w las. W strumyku uzupełniliśmy zapasy wody oraz dokonaliśmy koniecznej toalety po całodobowej podróży. Postanowiłem, że noc spędzimy na szczycie i dopiero następnego dnia wrócimy na przełęcz i pojedziemy dalej. Spodziewając się (słusznie) chłodnej nocy i wobec całkowitego braku w naszych bagażach ciepłej odzieży, zaplanowałem ognisko na szczycie. Ścieżka na górę prowadzi początkowo przez las, a potem wije się przez wiele kilometrów trawiasto skalnego krajobrazu. W opał na ognisko należało się zaopatrzyć na początku wędrowki i taszczyć go na szczyt przez wiele godzin. Po drodze nikt nas nie widział. Bardzo by się zdziwił widząc dziesięć osób wędrujących w górę z dużą ilością drewna. Nasza grupa szybko rozciągała się w długi peleton. Szedłem na czele, a reszta podążała we własnym tempie, dla każdego innym. W piękniejszych miejscach zatrzymywałem się i czekałem, aż wszyscy dotrą i przez chwilę odsapną.



Przystanek w drodze na Czatyrdah. Od lewej: Bogdan Wszolek, Paulina Kaczmarek, Mateusz Baziński, Monika Marcinkowska z Tomaszem Nowakiem, Mateusz Wróbel, Anna Majtyka, Beata Grzejszczak, Tomasz Kazimierczak oraz Ryszard Miszczyński.



Beata Grzejszczak dzielnie taszczy na górę cały swój bagaż podróżny i wiązkę chrustu.



Paulina Kaczmarek i Monika Marcinkowska na płaskowyżu masywu Czatyrdahu.



Noc przy ognisku na Czatyrdahu.

Grupa była dzielna. Nikt nie marudził. Byliśmy zdani tylko na siebie. Dookoła tylko dzika przyroda. Każdy dźwigał w pocie czoła, co mu przydzielilem jeszcze w lesie. O porzuceniach brzemion nie było mowy. Przybyliśmy na szczyt pod wieczór. Chmury naszły i miało się na deszcz. Tuż przed zachodem ukazało się między chmurami bardzo pociemnione Słońce. Zachodziło nad Nauczny, do którego za kilka dni planowaliśmy dotrzeć. Rozpaliliśmy ognisko i zmęczeni ułożyliśmy się wokół niego, żeby poudawać sen. Grubo przed świtem opał się skończył, a niebo spuściło na nas dość obfitą mżawkę. Trzeba było wiać. Najpierw w ciemnościach, potem już za dnia. Gdy dotarliśmy do znanego nam strumyka, wyglądaliśmy jak ostatnie nieszczęścia. Trzeba się nam było jakoś ogarnąć, żeby móc pokazać się ludziom. A spieszyło nam się do Jałty, gdzie można było wreszcie coś zjeść i czegoś normalnego się napić. Szybko zatem na przełęcz i do trolejbusu. W Jałcie, na straganach i w kioskach przy przystanku trolejbusu nastąpiło ożywienie handlowe wraz z naszym przybyciem. Smakowite winogrona, figi, dyńki, bułeczki, pierożki, kefir, piwo i czego tylko dusza zapagnie. Najedzeni, napici i mocno senni, w upale krymskiego lata, udaliśmy się marszrutką w stronę Koszki. Ani zabytki ani plaża nie potrafiły nas wtedy odciągnąć od zamiaru możliwie najszybszego wylądowania w jakimś wyrku. Z przystanku „Błękitna Zatoka” na zboczu Koszki do obserwatorium trzeba było pokonać w pionie jeszcze kilkaset metrów i po jakiejś godzinie było się na miejscu. Tam czekała nas miła niespodzianka. W związku z moimi częstymi wizytami, postanowiono poprawić warunki mieszkaniowe dla gości. Zakupiono nowe łóżka, pościel i koce. Trafiliśmy właśnie na ten podwyższony komfort mieszkaniowy w obserwatorium na Koszce.

W drugi dzień należało odreagować trudy wcześniejszych dni. Pokonując w godzinę dystans z obserwatorium do morza (ok. 500 m w pionie)

zaczęliśmy prawdziwie korzystać z atrakcji krymskich. Najpierw udaliśmy się całą grupą na Diwę – skałę wystającą z morza na wysokość 51 metrów, której pionowe zbocze było zawsze okupowane przez amatorów skoków do morza z dużych wysokości. Częstochowscy studenci koniecznie chcieli udowodnić, że są nie gorsi od krymskich śmiałków. Ledwie udało mi się ich powstrzymać przed skokami z wyższa niż 15 metrów. Sam skakałem z wysokości najwyżej 5 metrów i tylko na główkę. Po niebezpiecznej zabawie w skakanie do wody rozpuściłem grupę, żeby się swobodnie, każdy na swój sposób, relaksowali. Mieliśmy się spotkać w umówionym miejscu i o określonym czasie, żeby wspólnie wspiąć się do obserwatorium. Stosowną drogę powrotną znałem tylko ja. I zdarzyło się, że grupa zlekceważyła polecenie i się nie odliczyła.

Wróciłem do obserwatorium sam, dając studentom możliwość sprawdzenia konsekwencji niesubordynacji. Dotarli do noclegowni głęboką nocą, jakieś pięć godzin po mnie. Szli za asfaltem i wydłużyli sobie przez to drogę z pięciu do piętnastu kilometrów. Nie dotarł filozof. Dopiero rano odnalazł się, i to w stanie mocno nadwyrężonym. Okazało się, że próbując nocą trafić na właściwą drogę do obserwatorium, spotkał kogoś z miejscowych i przy butelce się tak długo integrował, że w końcu doszło do rękoczynów. Zmordowanego, brudnego i pokrwawionego znaleźliśmy rano. Leżał półżywy na ziemi na zewnątrz naszej noclegowni. Ucieszyłem się, że wszystkie zguby się odnalazły. Grupa otrzymała stosowną reprimendę i miała sobie wymyślić karę. Okazało się też rano, że jeden ze studentów nabawił się jakiejś wrednej biegunki i nie może się oddalać zbyt od toalety. Nieocenione dla niego okazało się ziele tyśiącznika, jakie zawsze wozilem ze sobą na Krym.

W niepełnym składzie ruszyliśmy po śniadaniu na Aj-Petri. Od rana zauważyłem u siebie jakieś bardzo dziwne niedomaganie wzroku. Każde oko z osobna było całkiem sprawne. Razem, dawały obrazy wyraźnie rozjechane. W odległości stóp rozjechanie wynosiło około 20 cm. Pomyślałem, że podczas górskiej wycieczki rzecz sama powinna się jakoś naprawić. (Naprawiła się dopiero po przespaniu nocy). Za przyczynę czegoś takiego podejrzewałem skoki do wody. Pamiętałem, że przy którymś skoku poczułem ból policzka przy kontakcie z wodą. Obstawiałem, że wtedy mógł nastąpić jakiś problem, który dał o sobie znać dopiero następnego dnia.

Trzeba się było wznieść na wysokość 1234 m n.p.m., a startowaliśmy z wysokości ok. 500 metrów. Ścieżka prowadziła częściowo przez rozległe pogorzelsko leśne. Duży szmat lasu nad Simeiz spłonął jakieś kilka



Częstochowscy studenci wmieszani w grono miejscowych śmiałków. Z lewej pierwszy skok Beaty Grzejszczak. W jej ślad skoczył Tomasz Nowak. Potem ciężko było mi zgasić ich zapędy skakania z najwyższa.

lat wcześniej i wszystko stało i leżało tak, jak bezpośrednio po pożarze. Smutna atrakcja! Po drodze na szczyt odwiedziliśmy ruiny dawnej naziemnej infrastruktury kosmicznej. Gabaryty dawnej budowli (wieży?) były kolosalne. Na Aj-Petri znowu uwagę przyciągały kopuły widoczne na pustkowiu w głębi lądu. Mimo przestróg astronomów z Koszki i z Naucznego, żeby absolutnie się tam nie zbliżać, uznałem, że od strony zachodniej pewnie da się podejść bliżej niż rok temu od strony południowej. Jest tam podobno jedna z wojskowych naziemnych stacji dla obsługi lotów kosmicznych. W olbrzymich kopułach schowane są odpowiednie radioteleskopy (anteny) dla potrzeb wojskowego kosmosu. Podczas wcześniejszych prób podejścia do bazy, przekonałem się o słuszności przestróg miejscowych osób. Kiedy zbliżyłem się do bazy z trójką studentów na odległość ok. 3 km w linii prostej, i wychyliłem głowę zza pagórka, zaczęto strzelać. Myśmy strzelili kilka fotek i wróciliśmy w bezpieczne miejsce ze znacznie podwyższoną adrenaliną. Podczas tego pobytu chciałem podejść na tyle blisko, żeby chociaż określić rozmiary kopuł. Nikt bowiem nie umiał mi odpowiedzieć, jak wielkie anteny mają wojskowi schowane w tych kopułach, a domyślałem się, że ogromne.

Następnego dnia, ze studentami z Torunia, ruszyliśmy znowu na płaskowyż. Od razu próbowaliśmy od zachodu zbliżyć się do bazy. Jednak teren z tego kierunku jest bardziej płaski i strach było się zbyt zbliżyć. To co się nam wtedy udało, to zobaczyć jeszcze większą ilość kopuł niż widać z Aj-Petri. Widocznych też było trochę zwyczajnych budynków

i innych elementów infrastruktury, wchodzących w skład bazy.



Najlepsze zbliżenia – maksymalny sukces naszej aktywności „zwiadowczej”.



Dzielna grupa w bezpiecznym oddaleniu od widniejącej jeszcze w tle bazy.

Z grupą studentów z Torunia chcieliśmy u Iwana Striepki w Katzeville uzyskać „przepustkę” do RT-70 w Eupatorii. Nie czuł się dość mocny i zaprowadził nas do radioastronoma, który blisko współpracował z zespołem ludzi przy RT-70. Też nie czuł się na siłach nam pomóc. Grzecznie dał do zrozumienia, że musielibyśmy mieć dużo bardziej poważny powód do odwiedzin niż tylko „ciekawość”. Zrozumieliśmy, że RT-70 odgrywa zbyt ważną rolę dla astronomii i astronautyki, żeby mógł tam zachodzić ktokolwiek.

W najbliższym otoczeniu obserwatorium na Koszce znalazłem w zaroślach opuszczoną antenę pokaźnych rozmiarów, pozostałość po dawnej infrastrukturze kosmicznej, rozmieszczonej obficie na tej, dawniej wojskowo strzeżonej, górze. Na zardzewiałej antenie można sobie pobrykać, i często ku niej zachodziłem z grupami podopiecznych. Zwracałem tam uwagę, że dla skutecznienia lotów kosmicznych nie są konieczne tak skomplikowane i drogie instrumenty, jak RT-22 w Katzeville czy RT-70 w Eupatorii. Dla obsługi lotu Gagarina wystarczały anteny, które był w stanie wykonać prosty rzemieślnik.



Lasy w otoczeniu obserwatorium na Koszce skrywają jeszcze takie cuda.

Rozbudowa infrastruktury astronomicznej i astronautycznej na Krymie w latach 50-, 60-, i 70-tych zaowocowała m. in. stworzeniem sieci wspaniałych dróg i nowoczesnych ośrodków wypoczynkowych. Krym przez dziesięciolecia był przysłowiowym „oczkiem w głowie” dla Moskwy, jeśli chodzi o finansowanie jego rozwoju.



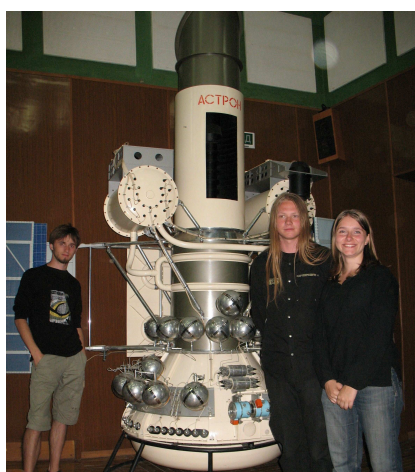
W drodze z plaży pod Diwą na Koszkę tak wkomponowaliśmy się w mural.

Po opuszczeniu Koszki udaliśmy się do Naucznego, gdzie realizowaliśmy wielokrotnie wcześniej sprawdzony scenariusz astronomicznego rozpoznania miejsca. W kontraście do wielkiej astronomii, w miejscowym sklepie sprzedawczyni używała biegle, znanego mi jeszcze z dzieciństwa, liczydła z przesuwanymi po drutach guziczkami. Obsługiwała klientów z zawrotną szybkością i nigdy nie popełniała błędów rachunkowych.

Wystarcza dwie godziny ostrego marszu z Naucznego i jest się w Baczysaraju, w stolicy Tatarów Krymskich. W obrębie pałacu chanów mieliśmy okazję obserwować uroczystości weselne w rycie krymsko-tatarskim. W pobliskim Czufut-Kale akurat odgrzebano i udostępniono turystom do zwiedzania starożytną studnię. W litej skale wydrążono przestrzeń



Nasza drużyna na tle kopuły 1-metrowego teleskopu w obserwatorium na Koszce.



Toruńscy studenci przy kopii teleskopu kosmicznego „Astron”, stworzonego w Naucznym. Z drugiej strony sprzedawczyni w miejscowym sklepie używa z powodzeniem komputera, który nie zawiedzie nawet przy braku zasilania czy Internetu. Sama naprawi, jak się zepsuje.

w kształcie walca o średnicy ok. 6 metrów i głębokości ok. 20 metrów (wymiary odtworzone orientacyjnie z pamięci). Skalnych miast wokół Bakczysaraju jest wiele. Właściwie wszystkie ściany skalne zostały w dawnych czasach zagospodarowane mieszkaniowo. Drażono w skałach na dosłonecznych stromych zboczach duże przestrzenie, które służyły jako schronienia dla ludzi i zwierząt.

W Naucznym braliśmy udział w astronomicznej konferencji naukowej. Wykłady odbywały się w języku rosyjskim. Osobiście wygłosiłem referat o międzygwiazdowych pasmach rozmytych. Dla chętnych uczestników konferencji zorganizowano kilkugodzinne profesjonalne zwiedzanie obserwatorium. Ze względu na ogromną ilość instrumentów i programów badawczych w KrAO, nie sposób ogarnąć wszystkiego podczas



Na dziedzińcu pałacu chanów krymskich w Bakhczysaraju.



Wesele w Pałacu Chanów. Tatar ożenił się z Rosjanką. Takie przypadki małżeństw, ponad etnicznymi różnicami, nie są na Krymie czymś nadzwyczajnym. Podobna sytuacja np. w Kazachstanie, byłaby czymś bardzo wyjątkowym.

jednej ogólnej wycieczki. Dlatego umawialiśmy się dodatkowo na indywidualne oprowadzanie po wybranych instrumentariach. Prezentacja dla naszej grupy, samej tylko słonecznej tematyki, zajęła pół dnia. Pozwolono nam wejść we wszystkie zakątki głównych stanowisk obserwacyjnych. W teleskopach słonecznych (celostatach) interesujące są rozwiązania kierowania obrazu tarczy Słońca wprost na stół roboczy w zaciemnionym laboratorium. Zapoznawano nas szczegółowo ze schematami instrumentów, po czym objaśniano nam wszystko na żywych elementach. Nawet pozwalano naciskać palcem odpowiednie przyciski sterujące.

Refleksje podsumowujące

Moich sześć wypraw krymskich sprawiło, że cały Krym stał mi się bardziej bliski niż mój rodzinny rejon podkarpacki. Znam prawie każdy



Po lewej: Paulina Kaczmarek dumnie asystuje podczas przygotowania do obserwacji wieżowego teleskopu słonecznego w Naucznym. Po prawej: jeden z teleskopów słonecznych w Naucznym podczas pracy.



Uczestnicy konferencji naukowej w Naucznym. Trójka naszych uczestników stoi z tyłu na tle wejścia do gmachu. Łatwo tu zauważyć wyraźny niedobór młodzieży.

zakątek Krymu, często przedceptany kilkakrotnie. Czy dniem czy nocą mógłbym przemierzać Krym na pamięć w pełnej jego rozciągłości. Wszystkie góry, wąwozy, jaskinie, plaże, zabytki, obiekty naukowe i strategiczne. Myślę też, że dobrze rozumiem rozterki religijne, narodowościowe i państwowo-przynależnościowe społeczności zamieszkującej Krym. Piękno świata przyrody mocno oddziałuje na mieszkańców Krymu i czyni ich piękniejszymi duchowo. Jako, że moje krymskie wyprawy były bogato przeplatane wyjazdami naukowymi do Kijowa, Odessy i Lwowa, a odbywało się to osobiste rozpoznawanie Ukrainy w latach 2001-2018, udało mi się, może nawet lepiej niż wielu autochtonom, dobrze rozpoznać problemy i bolączki różnych miejsc na Ukrainie i Ukrainy jako takiej. W zdecydowanej przewadze tatarsko-rosyjski Krym jest przyrodniczo-społeczną „świętością”, na którą nie godzi się podnosić złowrogiej ręki pod żadnym pozorem.

Marcin Kromer Mikołajowi Kopernikowi

Elżbieta Wójcik

Biecz

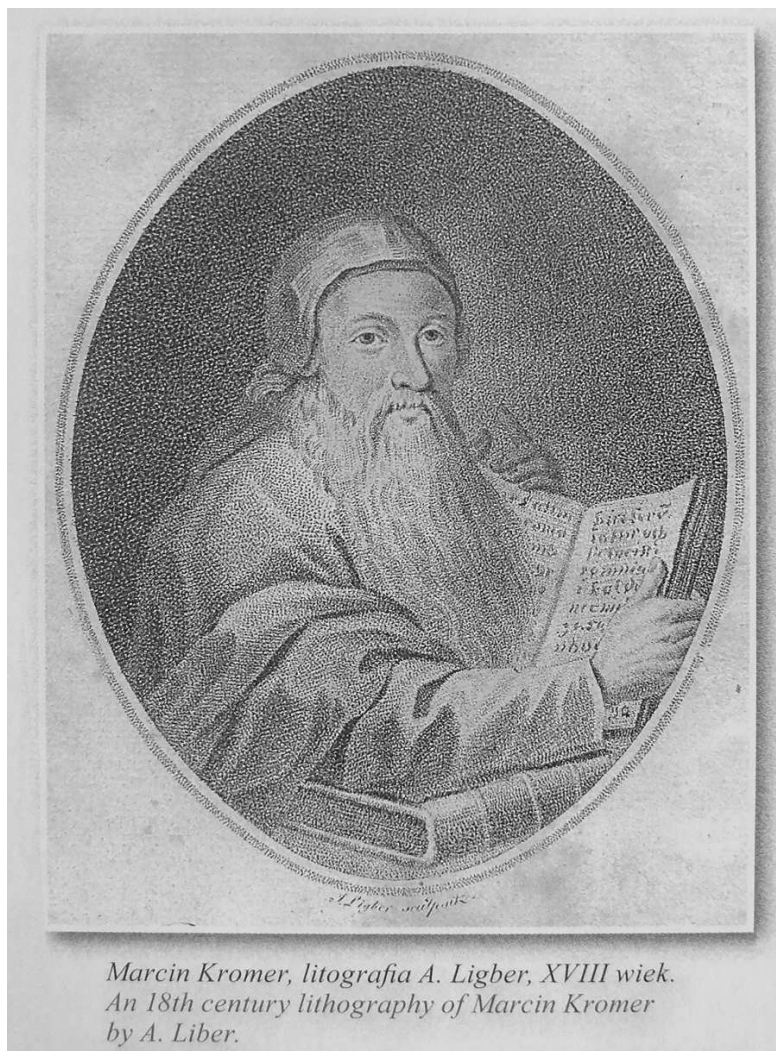


Zdjęcie z "Opowiadań o biskupie Marcinie Kromerze" Gabrieli Ślawnickiej.

Wielki Polak Mikołaj Kopernik – kanonik, uczonek w dziedzinie astronomii, matematyki, ekonomii, prawa i medycyny – można powiedzieć, że został pochowany bezimiennie. I dopiero po prawie czterdziestu latach po jego śmierci, Marcin Kromer – biskup, historyk, humanista, królewski kanclerz i dyplomata – doceniając jego dokonania funduje Kopernikowi

epitafium, by miejsce jego pochówku uczynić znanym, ku upamiętnieniu dla następnych pokoleń.

W 2023 roku, w 550-tą rocznicę urodzin Mikołaja Kopernika, w kończącym się Roku Kopernikowskim, warto przypomnieć jaka jest historia powstania tego epitafium.



Zdjęcie z albumu „Biecz miasto królewskie” Wacława Bugno.

Marcin Kromer urodził się w Bieczu 11 listopada 1512 roku, jako najstarszy syn patrycjusza i szlachcianki. Rodzina Kromerów należała do najzamożniejszych mieszkańców Biecza. Ojciec zasiadał w radzie miejskiej. Kromerowie posiadali dwie kamienice oraz posiadłość ziemską na przedmieściach. O zamożności i znaczeniu rodziny świadczy jej hojność przy rozbudowie kościoła farnego oraz przy budowie szpitala królowej Jadwigi, a także ufundowana przez nią kaplica w tym kościele, pod wezwaniem Bożego Ciała, z ołtarzem i pełnym wyposażeniem. Kościół ten w chwili obecnej jest kolegiatą i należy do najpiękniejszych zachowanych obiektów sakralnych w stylu późnogotyckim w Polsce. Na jednym ze sklepień w prezbiterium, z bardzo oryginalną polichromią,

ukazane są takie ważne postacie historyczne władców polskich jak: Bolesław Wstydlivy, Ludwik Węgierski, Kazimierz Wielki, św. Jadwiga królowa, Władysław Jagiełło, Zygmunt Stary oraz biskup Marcin Kromer. Warto wspomnieć, że z Bieczem związana jest bardzo mocno postać Jadwigi Andegaweńskiej, królowej Polski, która w tym mieście bywała wielokrotnie, zamieszkując i sprawując królewski urząd w swoim zamku. Hojnie wspomagała biednych Bieczan, fundując m.in. szpital dla ubogich. W kolegiacie bieckiej istnieje piękne oratorium poświęcone królowej Jadwidze.



Kolegiata w Bieczu – widok od ulicy Kromera. (fot. E. Wójcik)

Marcin Kromer po ukończeniu nauki w bieckiej szkole parafialnej wyjechał do Krakowa i został studentem Wydziału Sztuk Wyzwolonych na Akademii Krakowskiej. Krakowskie środowisko intelektualne kształtowało młodego Bieczanina i znakomicie przygotowywało go do pełnienia późniejszych ważnych funkcji. W 1533 roku zaczął młody Kromer pracę w kancelarii królewskiej i aktywnie uprawiał działalność literacką i wydawniczą. Pozostawił po sobie bogatą twórczość pisarską, a będąc przede wszystkim historykiem, zajmował się w swoich dziełach najważniejszymi sprawami ówczesnej Rzeczypospolitej.

W 1537 roku, jako niezależny finansowo kanonik, wyjechał do Włoch, gdzie przebywał w najważniejszych ówczesnie ośrodkach naukowych w Bolonii i Padwie. Studiował tam filologię grecką, łacinę oraz prawo cywilne



Budynek muzeum „Kromerówka” przy ulicy Kromera (fot. E. Wójcik)

i kościelne. W 1540 roku wrócił do Polski po uzyskaniu doktoratu obojga praw. W latach 1545-1548, a więc już po śmierci Mikołaja Kopernika, pracował Kromer w kancelarii królewskiej, zajmując się m.in. sprawami pruskimi. Otrzymał wtedy stanowisko kanonika warmińskiego, a od roku 1579 pełnił godność biskupa ordynariusza diecezji warmińskiej i tutaj spędził ostatnie dziesięć lat życia.

Trzeba wspomnieć również, że Kromer zasłynął jako fundator stypendiów dla ubogich studentów Akademii Krakowskiej pochodzących z Biecza. Warunkiem był jednak powrót do rodzinnego miasta po skończeniu studiów i praca w nim dla jego rozwoju. Ta fundacja jak i następny zapis testamentowy pomagały biednym studentom bieckim aż do XVII wieku. Poznajemy więc Marcina Kromera jako człowieka, który sam świetnie wykształcony, docenia wartość wiedzy, dzięki której można dokonać wielkich rzeczy.

Marcin Kromer i Mikołaj Kopernik znaczną część swojego życia poświęcili działalności naukowej i dyplomatycznej w służbie ojczyźnie, aktywnie związani byli tym samym regionem, tj. Warmią. W dorosłym życiu obydwaj rozpoczynali swoją edukację na Akademii Krakowskiej, a potem kontynuowali zdobywanie wszechstronnej wiedzy na uczelniach w Padwie i Bolonii. Oprócz swoich najważniejszych dyscyplin naukowych zarówno Kopernik jak i Kromer byli też kanonikami tej samej katedry warmińskiej, a historyk biecki został ostatecznie także biskupem.

Historia Mikołaja Kopernika na Warmii zaczyna się na poważnie w 1497 roku, kiedy jego wuj Łukasz Watzenrode, piastujący wówczas urząd biskupa, po sfinansowaniu edukacji siostrzeńca i opiekując się w dalszym ciągu młodym Mikołajem, mianuje go kanonikiem warmińskim.

Jesienią 1503 roku Mikołaj Kopernik zakończył pobyt we Włoszech na studiach medycznych i na zawsze wrócił na Warmię. Jako administrator dóbr kapituły warmińskiej, zarządzał folwarkami oraz osiedlał na nowo opustoszałe po najazdach krzyżackich regiony rolne, będące w posiadaniu kapituły. Z kolei jako administrator dóbr olsztyńskich, dzięki pomocy króla Zygmunta Starego, przyczynił się w znacznym stopniu do obrony miasta przed krzyżackim najazdem. Za swoje zasługi, po zwycięstwie nad Krzyżakami w 1521 roku, Mikołaj Kopernik został mianowany komisarzem Warmii.

We Fromborku, w którym osiadł ok. 1510 roku, poświęcił się przede wszystkim nauce. Większość obserwacji astronomicznych przeprowadził w tym mieście. Owocem jego dociekań astronomicznych było dzieło „*De revolutionibus orbium celestium*”, w którym Kopernik zawarł nową teorię budowy Wszechświata, ze Słońcem w jego środku. W tym też Fromborku, po 40-tu latach życia i pracy na Warmii, wielki astronom zmarł w 1543 roku.

Ówczesnym zwyczajem, podobnie jak i następni kanonicy, pochowany został pod posadzką katedry fromborskiej. Tradycja kapituły mówiła, że jeżeli kanonik uczynił zapis testamentowy dotyczący płyty upamiętniającej pochówek, to zadanie to mieli wykonać kanonicy lub inne wskazane osoby. Jednak kapituła nie dokonała żadnego takiego zewnętrznego śladu w postaci zapisu na ścianie katedry, gdzie w XVI w. tradycyjnie były umieszczane epitafia kanoników (wypowiedź proboszcza katedry fromborskiej ks. prał. kan. dr Jacka Wojtkowskiego). I tak miejsce spoczynku Mikołaja Kopernika zostało zapomniane i dla następnych pokoleń nieznane.

Więści o „wywrotowej” teorii Mikołaja Kopernika, opisanej w *De revolutionibus* rozpowszechniały się w szerokich kręgach, nie tylko naukowych ale także na dworach królewskich w Europie. Docierały drogą dyplomatyczną do różnych środowisk świeckich i kościelnych. I tak zapewne dotarły one też do Marcina Kromera, który żywo interesował się wieloma dziedzinami nauki i kultury, gdyż ta jego wszechstronność wiedzy była bardzo pomocna w pracy w kancelarii królewskiej. Uczestniczył

też w licznych poselstwach, a te umożliwiały mu nawiązywanie rozległych kontaktów z osobistościami ze świata polityki, kultury i wśród duchowieństwa.

Sława Kopernika spowodowała, że po jego śmierci do naszego kraju przybywali ludzie, którzy chcieli pokłonić się nad grobem uczonego. I wtedy okazało się, że nie wiadomo gdzie dokładnie został on pochowany.

I tak, 37 lat po śmierci Mikołaja Kopernika, w roku 1580, biskup warmiński Marcin Kromer, doceniając wielkość dokonań uczonego, postanowił ufundować Mikołajowi Kopernikowi epitafium i zaproponował swój tekst do umieszczenia na nim. Epitafium zostało wykonane z pomocą kapituły w 1581 roku. Okazało się wtedy, że nikt nie wie, gdzie powinno ono zostać umieszczone. W końcu epitafium wmurowano przy III filarze od wejścia na południowej ścianie nawy. Przez wieki uważano, że w tym miejscu pochowany jest Kopernik. W 1618 roku, na polecenie prof. Jana Brożka, odrysowano marmurową tablicę epitafijną ufundowaną przez Kromera. Drzeworyt epitafium znajduje się w zbiorach Muzeum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Tekst napisany był po łacinie i w tłumaczeniu brzmiał ostatecznie (po modyfikacjach kapituły):

„Mikołaja Kopernika Epitafium we Fromborku na marmurowej płycie.
Panu Najlepszemu Najwyższemu.

Wielebnemu Panu Mikołajowi Kopernikowi Toruńczykowi, Sztuki i Medycyny Doktorowi, Kanonikowi Warmińskiemu Znakomitemu Astrologowi i tej nauki Założycielowi, Marcin Kromer Biskup Warmiński dla czci i ku pamięci potomnych położył 1581. Zmarł Roku 1543, dnia XXIII Maja ”.

Do naszych czasów epitafium ufundowane przez Marcina Kromera nie dotrwało. W XVIII w. zostało zniszczone w czasie budowy nowej kaplicy w stylu barokowym przez biskupa Szembeka. Tym samym, miejsce pochówku Mikołaja Kopernika przestało być oznaczone.

W latach 30-tych XX wieku, w miejscu pierwotnego epitafium, rozpoczęto wykopaliska w celu odnalezienia szczątków uczonego. Wynik badań uznano za negatywny. W latach 2004-2005 przeprowadzono kolejne prace wykopaliskowe w katedrze, a punktem wyjścia do poszukiwań była hipoteza, wedle której kanoników chowano obok ołtarzy, którymi opiekowali się oni za życia. Ustalono, że Kopernik opiekował się ołtarzem św. Krzyża (dawniej św. Wacława) i tam też w 2005 roku rozpoczęto poszukiwania. Archeolodzy wydobyli kilka szkieletów i ustalono, że jeden z nich należał do 70-letniego mężczyzny. Przyjęto, że kości te należały

do Kopernika.

Jednakże nie wszyscy badacze potwierdzają przyjętą tezę. Pomimo braku pełnej zgodności dotychczasowych ustaleń, w 2010 roku odbyła się uroczysta ceremonia pogrzebowa Mikołaja Kopernika. Nad jego domniemanym grobem, po 467 latach, przy ołtarzu Św. Krzyża, znajduje się pomnik z czarnego marmuru z nowym epitafium, które miejmy nadzieję przetrwa w tym miejscu długie lata.



Fragment współczesnego epitafium Kopernika w katedrze fromborskiej.
 (fot. B. Wszolek)

Życie i twórczość Mikołaja Kopernika wciąż są przedmiotem badań. Nie jest inaczej, jeśli chodzi o miejsce pochówku słynnego uczonego.

A my bieżąc cieszymy się że nasz wielki rodak, Marcin Kromer, obok licznych własnych zasług, poniósł też, niczym w naszym imieniu, słowa hołdu w stronę Kopernika.

Kromer spoczywa w towarzystwie Kopernika w podziemiach katedry we Fromborku. Dokładne miejsce jego spoczynku nie jest znane i nie jest oznaczone żadnym epitafium.



Tablica pamiątkowa Marcina Kromera w kolegiacie bieckiej (fot. E. Wojcik)



Autorka przy bieckim pomniku Marcina Kromera.

Część druga



Gustav Klimt's *The Kiss*, Belvedere, Vienna.

In the Footsteps of Copernicus and Kepler

Pamela Gossin

University of Texas-Dallas

Thanks to Dr. Bogdan Wszolek, I have recently enjoyed a new biennial tradition in my academic life. Around January 1, 2022 and January 1, 2024 he has been kind enough to request and receive from me the gift of an essay that in some way commemorates Johannes Kepler's contributions to astronomy. Our friendly tradition models the historic moment near the end of 1610 in which the financially impoverished (but richly clever) mathematician and astronomer paused on the Charles Bridge in Prague just as snow began to fall. Realizing that his pockets were empty and that he had nothing to offer his friend and benefactor as a "New Year's" gift, Kepler noticed a single snowflake alight on his coat. That tiny exquisite sight inspired him to imagine how he might make something out of "nichts" and "nix" ("nothing" + "snow")! From the cognitive-linguistic and poetic fusion of his German-Latin pun, Kepler created the charming, multifaceted pondering "On the Six-cornered Snowflake" which he later presented as his 1611 gift for Johannes Matthaeus Wacker von Wackenfels. It is with continuing admiration of Kepler's celestial and mathematical insights and in a kindred spirit of creative play and learning, that I offer Dr. Wszolek this story about my recent journey following in the footsteps of Copernicus and Kepler.

Every worthwhile quest begins with "a call." At the beginning of 2023, my call appeared in the form of an email that seemed to be from Professor Jarosław Włodarczyk in the Institute for the History of Science at the Polish Academy of Sciences. Since this was quite unusual (at the time, the only person I knew in Poland was Bogdan Wszolek), my first thought was that this email might be "spam" or a "phishing" scam that my university's IT dept always warns the faculty not to open or click on! Fortunately, with further investigation, the correspondence proved to be genuine: if I expressed interest and willingness to attend, I would receive a formal invitation to participate in the World Copernican Congress in

Kraków to celebrate the 550th anniversary of the great astronomer's birth.

The opportunity was both intriguing and daunting! I wondered who had recommended me? Since my academic research and teaching combine the History of Science and Literature, could someone have made a mistake? Do they realize my talk would likely blend the history of astronomy with literary and cultural themes? Would my interdisciplinary approach disappoint the Academy's hopes and expectations? How could I prepare such an important presentation in such a short time? I had already promised to give a plenary address in March at the joint meeting of the Texas Section of the American Physical Society, the American Association of Physics Teachers and the Society of Physics Students at Texas A&M University-Commerce. Preparing two major presentations while fulfilling a book contract and teaching a full load of courses might be too much to do (and do well) over only the next twelve weeks. Plus, since I had not traveled at all during the first three years of the pandemic, my passport was nearly expired and – I am ashamed to admit – I knew only one word of Polish: “piwo”!

In addition, there were more serious considerations: we were just then approaching the first anniversary of Russia's invasion of Ukraine, and an even larger offensive attack was expected. COVID-19 was also spiking again. Would Kraków be in danger of long-range missile strikes? Should someone in my vulnerable age group risk such long flights and train trips while traveling abroad for several weeks?

On the other hand, would such a chance come again? Might this not be a once-in-a-lifetime opportunity to gain a new understanding of Copernicus in the physical surroundings in which he lived and worked? Might I not meet other scholars from around the world who share my interests in the intellectual and cultural transformation that occurred between late medieval and early modern astronomy?

As Professor Włodarczyk's note explained, the Congress would indeed be an ambitious undertaking. It was being planned to take place at three different cities that were each important sites of Copernicus's life and work: Kraków, Toruń and Olsztyn. Spread over several months, the events in each place would focus on unique scholarly themes and would feature many artistic and cultural exhibits, concerts and performances. In Kraków, from May 23-26th, the community of international scholars would celebrate the scientific and intellectual heritage of Copernican achievements in cultural context, including “some fundamental

questions which arise in connection to the work of the great astronomer” such as:

what is the significance of the Copernican revolution in the history of mankind? How does science shape the evolution of our worldviews? How does science progress and what lies in its future? What is the significance of the anthropic principle? In what sense is the universe human? We will also recall [Copernicus’s] work in economics and consider some key questions pertaining to the nature of economics, the relationship between the natural and social sciences, and the essence and limits of rationality¹.

In deciding whether to accept or decline this unexpected invitation, I considered that much of Copernicus’s life and work, as well as Kepler’s, had unfolded in uncertain and high-risk conditions. Somehow amidst almost constant social and religious turmoil, unpredictable political upheaval, wars and pandemics, they both managed to pursue their callings to apply their mathematical skills to reveal new insights into the motions of the heavens. Perhaps by seeing for myself where they had studied and lived, I could better appreciate their challenges and achievements. I was myself just then teaching a course in “Astronomy, Cosmology and Culture” for non-science majors and was exploring many of same themes and ideas that the conference planned to cover. Perhaps this meeting might provide new perspectives that I could share with my students.

As I further pondered whether or not to make the trip, I increasingly realized that we 21st-century beings live in relative safety and privilege in our time and space. Unlike Kepler, most of us do not literally have cannonballs flying over our heads while we try to concentrate on the mathematical beauty of the celestial spheres. In addition, personal history weighed in the journey’s favor, as my mother’s father’s family immigrated from Poznań to become homesteaders in Nebraska in the 1880s. Going to Germany and Poland would give us a chance to see the “homelands” for ourselves. Finally, my spouse contributed the “tipping point” incentive by mentioning that we could celebrate our 45th wedding anniversary while there.

Once the invitation was accepted, a flurry of preparations and google searches began! Hearing that there were exceptionally long wait-times, we immediately submitted and expedited our US passport renewals.

¹Personal email correspondence, from Jarosław Włodarczyk, Institute for the History of Science, Polish Academy of Sciences, received February 21, 2023.

There were flights and train tickets to reserve, itineraries to plan, research to do about what sights to see! A long-time “armchair traveler,” I had often day-dreamed about history-of-science-related journeys as I read about the lives of historic astronomers and natural philosophers. Over the years, we had taken our children to Greece and Italy, England, Ireland and Scotland to visit sites of archaeological, cultural and scientific significance, including a number of astronomical observatories. Yet here was a chance to focus on places of importance to the early modern “imagineers” of heliocentrism. Where to begin? What to include? Could there already be specialized tours or tour-guides that offered such things?

Our initial online research revealed that no major companies provided pre-organized Copernican or Keplerian travel. Before the pandemic, however, there was internet evidence that someone from the UK had offered a Kepler-Brahe tour in Prague and other travel site reviews mentioned a combination “art and astronomy” tour available in Linz. Fortunately, a book given to us by my spouse’s parents nearly 30 years ago held more clues.

In *The Scientific Traveler: A Guide to the People, Places and Institutions of Europe* by Charles Tanford and Jacqueline Reynolds, we were able to search by scientists’ names and their scientific fields, by city and country². Inside was a treasure trove of insider information about significant points of astronomical interest across “Mitteleuropa” and Poland, many of direct relevance to the lives of Copernicus and Kepler. Following up with more google searches, we were able to confirm or update the details given in this book. From there, we gradually built an intriguing, yet affordable “astronomical” travel plan that focused on eight main stops over 24 days: Lutherstadt Wittenberg, Kraków, Prague, Linz, Nürnberg, Regensburg, Vienna, and Budapest.

A brief account of this journey follows.

“In the Footsteps of Copernicus and Kepler” Itinerary...³

Days 1-4: From Oklahoma, USA to Lutherstadt Wittenberg

The most economical flight from Oklahoma landed us in Frankfurt, Germany. Since the Reformation had exerted such powerful intellectual,

²Tanford, Charles and Jacqueline Reynolds, *The Scientific Traveler: A Guide to the People, Places and Institutions of Europe* (New York, John Wiley & Sons, 1992).

³Many thanks are due to Ms. Marianne Oberladstätter of Linz for her inspired “In the Footsteps of Kepler” tour from which the title of this essay is appreciatively adapted.

theological as well as political and social influences within the lives and legacy of both Copernicus and Kepler, we decided to begin our journey by learning more about its origin and evolution. Taking the train north to Lutherstadt Wittenberg, we traveled through verdant countryside where farmers were putting up hay and rapeseed (canola) fields were in full neon-yellow bloom. Seeing numerous wind turbines working on the hillside ridges, we passed through Erfurt, where Martin Luther enrolled at university, was nearly struck by lightning and became an Augustinian monk. The train also made a brief stop in Leipzig, most famously associated with Bach, Mendelssohn and Goethe, but also important for its printers and publishers who distributed Luther's writings.

By late afternoon, we arrived at the home of the Reformation. Over the next two days, we visited Lutherhaus and the Luther museum [Fig. 1], the homes of Philip Melanchthon and Lucas Cranach, the Elder, Schloskirche ("Castle Church" – associated with Luther's 95 Theses), Stadtkirche (St. Mary's "Town Church," where Luther preached, was married and baptized his children) and the University Leucorea Wittenberg. Each site added deeper understanding to our "history book" knowledge of the events that had unfolded there. By beginning our adventures in a smaller city first, we also eased our jet-lag and time-zone transition.



FIGURE 1. Lutherhaus, Wittenberg.

As each morning and evening we strolled up and down the well-preserved late-medieval streets (walking past Faust's home numerous times), we sensed the rhythms of long-past domestic life, study and worship. We were impressed to learn the extent to which the "new media" of the day – visual art and the popular marketing and networking of printed words and images – played such vital roles in changing minds and hearts. We were also fascinated to discover that alongside theological innovations, technological "reformations," such as the town's freshwater delivery system, contributed much to the community's ability to survive and thrive.

Melanchthon's Lutheran "Circle" of students and colleagues in mathematics and astronomy was collectively important in formulating the influential "Wittenberg Interpretation" of *De Revolutionibus*. This "instrumentalist" view enabled the development of a range of moderate, open-minded analyses of Copernican heliocentrism by Erasmus Reinhold, Caspar Peucer, Georg Joachim Rheticus (Copernicus's student and promoter), and eventually, most famously, those of Kepler. Seeing for ourselves how interconnected were "town and gown" within the surrounding farms, homes, churches, shops and university in Wittenberg, made it clearer how new ideas (theological and astronomical) were first propagated and tested within close personal "circles" of learned scholars, students and parishioners and then spread outward into the wider world.

Days 5-9: From Lutherstadt Wittenberg to Kraków, Poland

On Day 5, we traveled by train to Berlin where (after some adventures and misadventures) we successfully transferred to the Eurocity #57 "Wawel" on to Kraków. After a delay for repairs just across the Polish border, we arrived at Kraków Główny station a few hours later than scheduled, but with enough daylight to find our way through Old Town on to the conference hotel.

Now that we were in Poland, before exploring the vibrant art, architecture, culture and natural beauty of the city of Kraków, it felt important to first pay our respects to Oświęcim (Auschwitz). Recommended by the hotel staff, Jordan Tours provided entry tickets, safe transportation to and from the site, as well as a sensitive and expert walking tour guide. However much one has heard or read about what transpired in this place, it is hard to imagine anyone "walking in the footsteps" of those many thousands who stepped off the trains to be sorted "Left"

or “Right” (instant death or temporary life) without feeling an even deeper empathy and personal commitment to remembrance and compassion. All of us alive today have received the grace of neither “Left or Right,” but have gotten to go “straight on” as the throughline into the present. We are the ones who live to bear witness.

Among things we learned here was that, strategically, the first groups executed in these eerily efficient facilities were Polish civic leaders, intellectuals, skilled professionals, artists, writers and musicians. We saw surnames on the first wall of memorial photos (Kubicek; Królikowski) that were familiar to us from folks we know back home and who had immigrated to the farmlands of Nebraska sixty years before World War II and later fought in it. As our tour group finished tracing the “walk of death” at Birkenau, nature seemed in accord with our emotional state, as a sudden thunderstorm broke out, soaking us all to the bone. As we exited, the sky cleared, revealing a faint rainbow in the distance.

The next three days were filled with the activities of the World Copernican Congress (WCC). The organizers had arranged very full programs each day, followed by social and cultural events each evening⁴. Formal Opening Day ceremonies were held in the very impressive, state of the art, Auditorium Maximum of Jagiellonian University (JU), followed by the first lecture on “Nicolaus Copernicus Theory of Relativity” by Professor Michał Heller [Fig. 2]. The early afternoon plenary focused on “Revolution and Crisis in Science: Lessons from the Past and Future Perspectives.” Important and timely remarks were made in this session by Professor Lidia Morawska of Queensland University of Technology regarding the crisis in public understanding of science which set the tone for much debate and discussion throughout the conference⁵.

The remaining Day One sessions were exclusively devoted to Copernicus’s contributions to economic theory and practice (areas outside our expertise). However, an announcement was made that a rarely displayed first edition of *De Revolutionibus* could be seen in a special exhibit, so we set out to find it. Alas, on the bustling JU campus, we located buildings that we thought were the main library, but we could not find the exhibit. Since moving to Oklahoma many years ago, we have been fortunate

⁴For more information, see: <https://www.copernicus2023.com/en/> and https://kopernik550.uj.edu.pl/en_GB/program-skk

⁵To learn more about Lidia Morawska’s important work in the world, see: <https://www.qut.edu.au/about/our-people/academic-profiles/l.morawska> <https://research.qut.edu.au/ilaqh/> <https://www.youtube.com/watch?v=iOO9RkMP6JQ> and: <https://time.com/collection/100-most-influential-people-2021/6095975/lidia-morawska/>



FIGURE 2. World Copernican Congress, opening ceremony. First lecture, Professor Michał Heller. (Credit: *Astronomia Nova Asociacion*)

to live near the world-renowned History of Science Collections at the University of Oklahoma, where many priceless primary texts are available for scholarly research in person or via the OU Digital Collections⁶. Although we were curious to compare the Polish volume to Copernican materials held at OU, we devoted the rest of this day to an exploration of Old Town, Rynek Główny (Main Square) and St. Mary's Basilica. We also located the Gallery of 19th-c Polish Art in the Sukiennice (Cloth Hall) where that evening a lovely reception was held, surrounded by magnificent art that represented significant milestones in Polish culture and history.

Day Two of the Congress featured parallel academic sessions, with one track devoted to economics and finance and the other to examinations of Copernican ideas in cultural context. The panel to which I had been invited, "Science and the Evolution of Worldviews," was capably and conscientiously chaired by Assistant Professor Barbara Bienias of the Institute for the History of Science in the Polish Academy of Science.

⁶For more information, see: <https://libraries.ou.edu/locations/history-science-collections> and <https://libraries.ou.edu/content/rare-books-primary-sources>. Many of the precious items in these collections are available through the OU Libraries Digital Collections, for ex: <https://repository.ou.edu/uuid/695f850f-30aa-5f3b-a055-59b7aa9cf14b#page/1/mode/2up>

After her opening remarks, our first speaker was Professor Ovanes Akopyan of Harvard who presented his research on post-Copernican astrology and the complex cultural dynamics of its differentiation from mathematical astronomy⁷. In my presentation, “Poetic Seeing and Believing: Astronomy, Cosmology and Culture,” I gave an overview of artistic, poetic and cultural understanding of pre- and post-Copernican worldviews, with particular emphasis on the need for protecting humanity’s literal “views” of the heavens from light pollution, so that future generations will have the chance to see and contemplate our place in the universe for themselves. Despite some technical issues with the projection equipment, our panel was well-received and we fielded a number of interesting comments in the Q&A following⁸. I was especially gratified by Professor Morawska inquiring further into possible solutions to global light pollution and ways to address the serious problem of science literacy through global educational systems and popular science materials.

After a friendly and generous luncheon buffet at the conference, the second day’s afternoon Philosophy panels featured presentations on two important topics: “Evolution or Revolution: on Progress in Science” and “The Future of Science.” On Day Three, the Philosophy sessions turned toward discussions of “The Anthropic Principle: 50 Years On” and the question, “Is the Universe Fine-Tuned for Life?”

As Day Three was also our last full day in Kraków, we realized that we had to choose between attending academic sessions or seeing first-hand some of the historic sites related to Copernicus. First, we sought out the Copernicus statue on the Jagiellonian campus which my Texas friend, Professor Magda Grohman, an alumna, told me is still often used as a convenient meet-up place by graduate students [Fig. 3]. Then we

⁷See Barbara Bienias: <https://www.ihnpan.pl/barbara-bienias-en/> and: <https://wordery.com/science-reading-and-renaissance-literature-elizabeth-spiller-9780521037686>
<https://www.routledge.com/The-Renaissance-Drama-of-Knowledge-Giordano-Bruno-in-England/Gatti/p/book/9780415752688>
<https://global.oup.com/academic/product/the-poetics-of-scientific-investigation-in-seventeenth-century-england-9780198704805?cc=pl&lang=en&>
<https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rsnr.2022.0042>;
 for Ovanes Akopyan, see: <https://itatti.harvard.edu/people/ovanes-akopyan>
<https://brill.com/display/title/36397?language=en>
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-137-56803-8>

⁸Presentations at the World Copernican Congress were both livestreamed and recorded, see: https://www.youtube.com/channel/UCpy0_DP3GnTTrF7-pqFtbcQ/videos. During several sessions such as ours, however, the slide projector froze for extended times and the camera focused exclusively on the discussion area on stage, so the important visual information and beautiful images that we shared on our slides (which were being projected on a giant screen above our heads) are, unfortunately, not included in the videos.



FIGURE 3. Monument of Nicolaus Copernicus in Kraków.
(Credit: *Astronomia Nova Asociacion*)

arranged to join an English-language tour of Collegium Maius, Copernicus's alma mater. The moderate walk there was appropriately medieval, with considerable morning fog and mist, but the guided tour of the Library, Dining Room, Professors apartments and Reception chambers was well worth the dampness. While there, we were able to see many significant historical artifacts, including a copy of the 1st ed. of *De Rev.* and an astrolabe and quadrant that were probably used by Copernicus (or were at least present on campus at the same time). The gift shop there yielded a creative selection of unique souvenirs for friends and colleagues back home, many created by Art students at JU (further proof that art and science can and do mix!).

For our final evening in Kraków, we had very much looked forward to attending the WCC closing events which included the premiere of a Copernican-inspired opera and formal banquet. Sadly, the venue was too far from our hotel for us (older folks) to walk (over 5 miles each way) and our many attempts to call taxis and Ubers from the busy lobby all failed. At breakfast the next morning, however, we met other scholars who had successfully attended and they filled us in on what we had missed. Professor Morawska mentioned that she had made remarks at the banquet that referenced my talk, hers and others' as identifying various aspects of a "crisis" in human understanding and popular science education. She hoped that many of us attending could draft and sign a formal statement of concern that could be issued out of the WCC that might inspire effective action and reform.

Days 10-13: from Kraków to Prague

On the evening of Day 10, after a full day’s train ride, we arrived in Prague, once the astronomical home of both Tycho Brahe (1599-1601) and Johannes Kepler (1600-1612). Our hotel was located in Old Town just opposite the famous Astronomical Clock (Pražský orloj), so we were able to fully appreciate its sights and sounds, every hour on the hour, from 9 am to 11 pm, which must have been a familiar and beloved routine for both men [Fig. 4]. As the oldest functioning astronomical clock in the world, it dates from 1410 and displays Old Czech time (Italian hours), planetary and sidereal time (added in 1865) and “German” hours, as well as the relative positions of the sun and lunar phases. Four figures symbolizing Death, Greed, Lust and Vanity decorate the sides of the clock dial, while the 12 Apostles process as the bells sound (and the Golden Rooster crows) to remind everyone to make good use of their gift of time⁹. Adding astronomical charm to our views from this location: we observed that the gilt stars atop the tall Gothic spires of Ty’n Church perfectly reflected the rays of the setting sun, shining in brilliant gold high above the square; and, a bit later each evening, the real planet Venus was delicately visible in the darkening western sky behind the clock tower.



FIGURE 4. Astronomical clock in Prague.
(Credit: *Astronomia Nova Asociacion*)

⁹A friendly hint: the current Wikipedia entry for the Astronomical Clock provides descriptions and explanations that are much more accurate than the many, many Prague city tour guides’ videos posted on YouTube.

Early on Day 11, our first stop was to the Mucha Museum where we found a surprising number of celestial images and themes in his artwork. Next, we visited the Church of Our Lady before Ty'n, where Tycho is memorialized and entombed. His imposing memorial plaque is located just inside the altar rail on the right side of the nave, with his tomb in the floor below. For a donation, high quality postcards and posters of these images are available near the entry. We then spent the rest of the day at the National Technical Museum (NTM) which has extensive astronomy-related exhibits and artifacts, including several Keplerian instruments. Some years back there had been a Kepler/Astronomy museum (in or near his Karlova Street house), but it seems to have closed around 2017. As far as we could learn, its materials were transferred to the NTM where they now appear to have been integrated into the general astronomy section. In the museum's gift shop, we found exceptionally useful books and exhibit catalogs (with high resolution images) that document Kepler's work and his extensive time in Prague¹⁰.

On Day 12, we walked in the footsteps of Kepler all day, beginning with a visit to the site of the original living quarters and observatory once used by Tycho and Kepler, set high on Hradčany hill ("even higher than the castle itself" as Tanford and Reynolds note, p. 278). At the corner of Parlérova and Keplerova streets (now occupied by Gymnázium Jana Keplera) stands the famous statue of this unlikely team of intrepid observers [Fig. 5]. As we took commemorative photos, we noticed that a young couple from Japan had made a morning pilgrimage to capture this scene as well.

We devoted the rest of this day to exploring the vast Prague Castle complex, where we tried to learn as much as we could about this "imperial" place where the two men had worked and observed. Surprisingly little information about either astronomer or Emperor Rudolph II is included in any of the buildings, gardens or historical museum exhibits here. After walking through the Royal Gardens and out to the Royal Summer Palace, we headed back to Old Town. On this unusually hot Spring day (about 85 degrees F), we started down the path toward the river for what google told us would be a 24 minute "stroll." It took us older folks well over an hour to clammer over the uneven rocks and cobblestones, wood-slat footbridges and multiple switchbacks, as we worked our way down the long, steep and winding gravel path to find a massive

¹⁰Švejda, Antonín, *Kepler and Prague*, Prague: National Technical Museum, 2004; Švejda, Antonín (author) and Jana Kleinová (editor), *Astronomy: Catalogue of the Exhibition*, Prague: National Technical Museum, 2018.



FIGURE 5. Tycho and Kepler statue, Prague.

crowd of people all wanting to cross the Charles Bridge at the same time. We had hoped to take a quiet photo in honor of Kepler’s “snowflake” epiphany, but instead we found that we had accidentally recreated the physical and mental exhaustion he must have felt so many times as he made his way home at the end of long days and nights of calculating and observing.

Day 13, we visited the Klementium, taking in the amazing library and exhibits while climbing all 172 steps up to the top of the observatory tower. Afterwards, we hunted for and found Kepler’s #4 Karlova Street (French Crown) house, right off the Charles Bridge, where he lived from 1607-1612 [Fig. 6]. Evidently, as we walked through the Black Tower arch the day before amidst the pressing “flow of humanity,” we had completely missed it! This location made perfect practical sense for Kepler’s research and homelife, but it also made us feel quite intensely how modest was his social position relative to the “higher ups” on the hill. How often did this hard-working, infrequently paid man, who was not physically strong or fully healthy, make the long, steep climb “up” to the Castle to later trudge back “down” to his home? Honoring the valor and persistence of Kepler’s lived experience here felt even more “universal” when we noticed that the same Japanese couple from yesterday was also photographing the plaque placed here in honor of our mutually admired astronomical hero.

Later, at the nearby Czech handmade shop, *Manufaktura*, we found lovely wooden “star-snowflake” Christmas tree ornaments to remind us



FIGURE 6. Kepler’s #4 Karlova Street house, just off the Charles Bridge, Prague.
(Credit: *Astronomia Nova Asociacion*)

of Kepler’s poignant moment of creativity. We also visited the Havelské Market for gingerbread and goulash spices and chocolate-candy versions of the Astronomical Clock and Charles Bridge. On our way back to the hotel, we took time to locate the Church of St. Jiljí (St. Giles), which had once been the first Protestant church in Prague and is the site where, in the sad year of 1611, Kepler buried both his beloved son, Friedrich, and his homesick wife, Barbara. After the death of Rudolph II in 1612, as Kepler felt increasing political and religious pressures, he moved on from Prague.

Days 14-15: Prague to Linz

To further re-trace Kepler’s footsteps, we next traveled—just as he did—from Prague to Linz, the town where he lived and worked the longest, from approximately 1612-1626. Internet rumors about a unique Art history-Kepler astronomy tour being available here proved true! Before we left the US, we had contacted Ms. Marianne Oberladstätter via email and she had graciously arranged for us a well-organized and informative walking tour of the most important Kepler sites in Linz.

For centuries before Kepler’s era, Linz was already established as an important trade center for market goods and cultural exchange. Today, it is perhaps best known as the creative and vibrant home of the Ars Electronica Center (the “Museum of the Future”), featuring exhibits on AI (artificial intelligence), autonomous vehicles, neuro-bionics, genetic engineering and more. Kepler’s quest for the “new” astronomy still fits

in well with this city's current energy and youth culture and since 1966 it has been the home of Johannes Kepler University.

With the support of some local Protestant citizens, Kepler moved to Linz to accept a position as a mathematics professor at the *Landschaftsschule*, although he was still excluded from Lutheran communion for his nonconformist beliefs. In 1613, he remarried, and by most accounts had a happier second marriage with Susanne, with whom he had six more children. While in Linz, he wrote and published numerous works of research, including: *De Vero Anno* (1613), *Epitome Astronomiae Copernicanae* (1618-21) and *Harmonice Mundi* (1619). He also revised and completed the *Somnium* as well as the important *Rudolphine Tables*. Somehow he accomplished all of this and more, while also spending many months over a period of six years working to defend his mother against charges of witchcraft.

On the day we visited, Mr. Erich Meyer, an accomplished amateur astronomer (discoverer of multiple asteroids), a member of the Astronomical Society of Linz, and the astronomy half of this tour's guide-team could not join us. Fortunately, Ms. Oberladsätter, a trained art historian, included the historical and scientific explanations he would have given. With her guidance, we visited the Landhaus and courtyard, with its "fountain of the planets" dedicated to Kepler [Fig. 7]. She walked us back through time along the late-medieval Altstadt view down toward the Danube, which would have been the route of Kepler's almost daily walk to and from work. We visited the #5 Rathausgasse house where Kepler lived from late 1621-1626 and which now serves as the meeting place for the Kepler Salon (see: <https://www.jku.at/kepler-salon/>). In City Hall on the Linzer Hauptplatz, we saw a Kepler portrait and memorial plaque and studied a fascinating aerial map that documents the historic and current development of the city. We then walked to #7 Hofgasse (Kepler's residence from October, 1613 to September, 1620) which, thanks to Mr. Meyer's exacting research, has now been definitively identified as the historic place (not #5 Hofgasse!) from which Kepler conducted numerous observations of lunar eclipses for the *Rudolphine Tables* and where he famously recorded on May 15, 1618 the discovery of his Third Law of planetary motion, as documented in *Harmonice Mundi*. (I had first learned of Mr. Meyer's research through NASA's "Astronomy Picture of the Day" posted on May 15, 2018: <https://apod.nasa.gov/apod/ap180515.html> For a full account of Mr. Erich Meyer's patient historical and astronomical sleuthing, see: https://www.sternwarte.at/Kepler_Linz/Kepler_Linz_Hofgasse_7_EN.pdf.)



FIGURE 7. “Fountain of the Planets,” Landhaus, Linz.

Kepler’s #7 house is now occupied by a unique art and jewelry shop where the artist fashions beautiful things from stones he finds on the banks of the Danube, including special commemorations of Kepler. The welcoming artist also maintains an informative Kepler exhibit at the back of his shop so that astronomically curious visitors can continue to learn more about the home’s former resident. This was our last stop on our official guided tour, but Ms. Marianne made suggestions of additional Kepler sites we might see on our own. Here we thanked her for all of her kind attention and information, and she gave us additional educational booklets to take with us. In turn, we gave her and Mr. Meyers “artifacts” from our own home state’s amateur astronomical society—original (humorous) tee-shirts from the Nebraska Star Party¹¹.

During the rest of the day, we located several more Kepler sites on our own: the Kepler statue and pavilion in the Schösspark (near Linz castle), and the stained glass window in the Mariendom which features an observant figure of Kepler. We also rode the Pöstlingberg tram up to the highest point outside Linz where Kepler observed lunar eclipses (and where they serve Linzer torte along with the breathtaking views!) [Fig. 8]. When we returned to our hotel that evening, we discovered that Ms. Oberladsätter had left very special gifts for us at the front desk: a stunning astronomical photograph taken by Mr. Meyers of our shared galaxy and an amazing collaboration of hers with Mr. Meyer in the form of a Kepler Advent Calendar with its own display easel, which we very proudly displayed in our home this past holiday season.

Clearly creative minds in Linz are always seeking innovative ways to educate residents and visitors about Kepler’s life and work. In 2024, the

¹¹<https://www.nebraskastarparty.org/>

city is planning a joint 200th/400th “jubiläumsjahr” (anniversary celebration) of Anton Bruckner and Kepler. Some have proposed building a “Planet Linz” astronomical-themed aerial ride across the Danube that will connect the AEC with the Lentos Art Museum. And, a “heavenly” chocolate collection has already been created in Kepler’s honor (because why should Mozart be the only one feted this way?). For those with time for a longer visit: we would suggest further exploring the campus of Johannes Kepler University and the memorial gardens there, as well as the Upper Austrian State Library and Johannes Kepler Observatory.



FIGURE 8. Kepler’s lunar eclipse view, Pöstlingberg, Linz.

Days 16-19: from Linz to Nürnberg and Regensburg

From Linz, we then visited Nürnberg, best known to us as the home of Albrecht Dürer and gingerbread. Our first stop straight off the train, was the German National Museum to see artworks by Dürer and Cranach, the amazing collection of time-keeping mechanisms, clocks, watches and sundials, as well as the history of medicine exhibits.

The next day we toured Old Town Square, the Albrecht Dürer house and museum, St. Sebald Church and found a new kind of “himmel” at the gingerbread shop. We also saw the World War II hiding place for artwork recovered by the Monuments Men and saw and heard the 12 noon mechanical clock chime on the Church of Our Lady (Frauenkirchen) which offered a show of fealty by the seven electors to the Emperor (rather than reminders of humanity’s relationship to time and space, as in Prague).

On Day 19 of our journey, we visited Regensburg, the last of Kepler’s cities. In search of a quality printer and his always-in-arrears paycheck, Kepler spent the final few years of his life in Ulm, Sagan and Regensburg. The walking tour here again took us “time traveling,” as we walked

from the site of Port Praetoria, a Roman encampment, across the medieval Stone Bridge, past the oldest original medieval wooden house in town. On our own, we located the Kepler memorial statue and pavilion which is now a hang-out for teens and graffiti artists. Given more time, we could have walked not too much farther from the city center to Peterskirchlein (Dr.-Martin-Luther-Strasse 24), which would have brought us close to the site of the then-Protestant cemetery where Kepler was buried (although the exact location was obliterated soon after at the beginning of the Thirty Years War). We did locate his home from 1626-28, at Keplerstrasse #2 and Kepler's Gedächtnishaus ("memorial death house") at #5 where he died on November 15, 1630. #5 is also the site where a Kepler Museum used to be, although we saw no evidence at this time of any exhibits or renovations in progress there.

Days 20-24: Passau, Melk Abbey, Vienna, Budapest, home.

After bidding farewell to Kepler in Regensburg, we embarked on the "wedding anniversary" portion of our journey, cruising the Danube along the scenic Wachau valley with stops at Melk Abbey, Vienna and Budapest, before we headed home. Of course, in Vienna, we enjoyed a Mozart concert and paid a romantic visit to the Belvedere to see Gustav Klimt's *The Kiss*.

Although our journey was far from a conventionally "touristy" one, it was meaningful to us because of the new understanding we gained of these two mathematical astronomers, but also the "kindred spirits" we met who are now our new friends. Across many centuries and many thousands of miles, Copernicus and Kepler brought us together with others who also believe in the value of looking up into the heavens to ponder our place in this universe. This summer when we joined other amateur astronomers at the Nebraska Star Party, we shared with them some souvenirs of the World Copernican Congress. When classes resumed this Fall, colleagues in Physics and Science Education were delighted to receive Kepler "stones" from the Danube and souvenirs from Copernicus's alma mater.

As many of you well know, there are far too many interesting historic places related to both Copernicus and Kepler for anyone to visit them all in just one trip – hopefully, some of our readers may now be inspired to pick up where we left off and add to our "footsteps"!

* Photo credits (unless otherwise specified): Victor T. Wilson MD and/or Pamela Gossin, PhD

POLARISE – misje na Svalbard

Agata Kołodziejczyk

Centrum Technologii Kosmicznych AGH

Wstęp

W 2021 roku podjęłam się realizacji wymyślonego przez siebie projektu o nazwie POLARISE. Celem wiodącym przedsięwzięcia jest prowadzenie badań analogowych, wrysowujących się w problematykę biokonaminacji w ramach realizowanych lotów kosmicznych. Ważnym celem równoległym projektu było utworzenie dedykowanego tej problematyce zespołu badawczego, rekrutowanego głównie spośród aktywnych studentów Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie, dla których założyłam w roku 2021 studenckie koło naukowe AstroBio AGH.



RYSUNEK 1. Naszywka misji POLARISE III (na tle krajobrazu arktycznego) zaprojektowana przez Krystiana Komendę.

W dniach od 29 sierpnia do 3 września 2023 poprowadziłam osobiście grupową wyprawę POLARISE do arktycznego archipelagu Svalbardu. Zasadniczym celem misji było pobranie próbek mikroorganizmów

antropogenicznych (mikrobiomów) z powierzchni uczęszczanych przez ludzi ścieżek w okolicach stacji polarnej na Hornsundzie. W 2021 i 2022 delegowałam na Arktkę pojedyncze osoby. Krystian Komenda po raz pierwszy zebrał próbki w rejonie stacji Hornsund w 2021 roku (misja POLARISE I), następnie w roku 2022, Piotr Skonieczka powtórzył to samo badanie (misja POLARISE II). W roku 2023 udało mi się zorganizować wieloosobową ekspedycję badawczą na Spitsbergen, złożoną głównie z osób zrzeszonych w studenckim kole naukowym AstroBio AGH. W wyprawie uczestniczyli: dr Agata Kołodziejczyk (organizator), Mateusz Harasymczuk, Mateusz Daniół, Marta Gajewska, Lidia Dyląg, Mateusz Koba, Mikołaj Gąbka, Wojtek Damian, Marcelina Stasik i Maciej Skorupski.



RYSUNEK 2. Wierzba arktyczna o owalnych liściach. (fot. K. Komenda)

Wiele osób zapytałoby, po co ryzykować, poświęcać czas, pieniądze i podejmować ogromny wysiłek, aby dostać się za krąg polarny, gdzie nie ma „nic”? W regionie polarnym jest zimno nawet latem, a ląd wygląda wyjątkowo obco, niczym powierzchnia Marsa. Słońce chodzi nisko, dni i noce przeciągają się jak zahibernowane w trybie wiecznego spoczynku. Chmury, woda i lodowce oscylują w tańcu stanów skupienia. Drzewa osiągają wysokość do 10 cm (Rys. 2). Dzikie zwierzęta nie uciekają, nie boją się ludzi, a kiedy padną martwe, żadna bakteria ani robak nie spowodują degradacji padliny. Zwierzęce denaty spoczywają zakonserwowane przez lata, a ich sierść czeszą topniejące śniegi i porywiste wiatry północy. Nie dziwi, że właśnie tutaj ludzie budują „schrony” dla magazynowania najcenniejszych światowych skarbów kultury, aby,

w razie katastrofy nuklearnej czy innych form apokaliptycznego zagrożenia, być w stanie odtworzyć na powrót utracony dorobek ludzkości. W 2008 roku powstał, ukryty w tunelu wydrążonym w wiecznej zmarzlinie, bank nasion roślin jadalnych. Drugi sejf to utworzone w 2017 roku, w kopalni Longyearbyen, światowe archiwum najważniejszych utworów literackich, historycznych i dorobku kultury [1]. Co ciekawe, każdy może tam, za drobną opłatą roczną, zachować własne dzieła, np. przepisy kulinarne babci czy roczniki *Annales Astronomiae Novae*.

Celem wyprawy POLARISE było poszukiwanie skarbów ukrytych na ścieżkach wydeptanych przez ludzi na dziewiczych terenach Svalbardu. Na podstawie zebranych próbek gruntu ma powstać mapa rozprzestrzeniania się śladów ludzkiej egzystencji i co za tym idzie, odpowiedź na pytanie, czy i jak człowiek będzie wpływał na środowisko wokół przyszłych baz na nowych lądach, np. na Księżycu czy Marsie. Biomarkarami, czyli parametrami badanymi, są mikroskopijnej wielkości organizmy żyjące na skórze i we wnętrzu ciała człowieka, które w niesprzyjających warunkach przechodzą w stan uśpienia (anabiozy) i w stanie tym mogą przetrwać nawet setki lat. Misje POLARISE organizowane są przez autorkę corocznie od 2021 roku i realizowane we współpracy z Astro Tech (Mateusz Harasymczuk) oraz z Instytutem Geofizyki PAN (właścicielem całorocznej polskiej stacji badawczej na Hornsundzie, obecnie zarządzanej przez dr Włodzimierza Sielskiego). Główna hipoteza tego wieloletniego, w większości prywatnie finansowanego projektu, zakłada, że antropogeniczne gatunki drobnoustrojów przystosowują się do nowych warunków i pozytywnie wpływają na różnorodność życia. W ciągu kolejnych trzech lat pobrano wiele próbek z tych samych lokalizacji, co pozwoli na monitoring procesu zmian mikrobiologicznych. Tematyka poruszana w projekcie jest związana z ochroną planetarną, która jest kluczową praktyką w eksploracji kosmosu, mającą na celu zapobieganie biologicznemu skażeniu zarówno docelowych ciał niebieskich, jak i Ziemi. Zapewnia odpowiedzialną eksplorację kosmosu poprzez wdrażanie działań zapobiegających przedostawaniu się szkodliwych organizmów z Ziemi na inne planety i ich księżyce, a także skażeniu Ziemi materiałą pozaziemską przywożoną przez statki kosmiczne. Komisja Badań Kosmicznych (COSPAR) sformułowała politykę ochrony planetarnej, która określa wytyczne dotyczące przestrzegania środków ochrony. Środki te obejmują dokumentację lub sterylizację statku kosmicznego na pełną skalę, w zależności od poziomu obaw związanych z ryzykiem skażenia. Ochrona planetarna jest obowiązkiem prawnym i wiąże się z rygorystycznymi wymaganiami, szczególnie w przypadku misji na ciała niebieskie

takie jak Mars, gdzie głównym celem jest poszukiwanie dowodów na życie pozaziemskie [2], ale także ma na celu chronić naszą planetę.

Zasady ochrony planetarnej na Ziemi, szczególnie we wrażliwych regionach, takich jak Arktyka, mają kluczowe znaczenie dla zapobiegania biologicznemu skażeniu tych dziewiczych środowisk. Arktyka, ze swoimi unikalnymi ekosystemami i wrażliwą różnorodnością biologiczną, wymaga szczególnej uwagi, aby uniknąć wprowadzenia obcych organizmów, które mogłyby zakłócić delikatną równowagę jej ekosystemów.

Przygotowania do misji

Arktyka nie jest łatwym obszarem dla prowadzenia badań, choć stolicę Svalbardu, Longyearbyen, miasto założone w 1906 roku przez amerykańskiego inwestora górniczego przemysłu węglowego, Johna Longyear, może zobaczyć każdy. Longyearbyen jest oddalone o około trzy godziny lotu z Oslo lub 90 minut lotu z Tromsø, dzięki czemu jest stosunkowo łatwo dostępne. Przy sprzyjających warunkach i dobrej pogodzie, dwa samoloty dziennie odwiedzają lotnisko na Spitsbergenie. Miasto leży na 78° szerokości geograficznej, co czyni je jedną z najbardziej wysuniętych na północ osad na świecie, liczącą na stałe populację ponad 1000 mieszkańców. Longyearbyen pełni funkcję centrum administracyjnego Svalbardu i słynie z wyjątkowego środowiska arktycznego, otoczonego stromymi górami, lodowcami i idyllicznym fiordem Adventfjord. Miasto przekształciło się z górniczych korzeni w zróżnicowaną społeczność. Poza niemal w pełni zrobotyzowaną kopalnię najszlachetniejszego na świecie węgla, mającego m.in. zastosowanie w budowie silników Mercedesa i BMW, ponad 100 anten ustawionych nad miastem służy światowym organizacjom takim jak EUMETSAT, NASA, ESA, NOAA, aby obsługiwać misje satelitarne i zbierać dane meteorologiczne. W sercu miasta znajduje się Uniwersytet, który przyciąga naukowców z całego świata.

Podczas, gdy odwiedziny Longyearbyen nie różnią się logistycznie od innych turystycznych destynacji, organizacja wyprawy, czy nawet spaceru poza miasto w tym regionie, wymaga już miesięcy przygotowań, dłuższych niż w przypadku misji na Antarktydę. Przygotowania do podróży na Arktykę wymagają spełnienia określonych kryteriów i skomplikowanej logistyki. Przede wszystkim należy szczegółowo określić główne cele misji, dokonać wyboru zespołu oraz miejsca realizacji zadań. Dodatkowo, wszyscy członkowie zespołu muszą zostać przeszkoleni w zakresie interakcji z niedźwiedziami polarnymi. Niedźwiedzie polarne to gatunek dużych, mięsożernych ssaków zamieszkujących regiony arktyczne



RYSUNEK 3. Niedźwiedź polarny w swoim naturalnym środowisku.

(Rys.3). Są to największe niedźwiedzie na świecie i uważane za największego i najinteligentniejszego drapieżnika w ekosystemie Arktyki. Szacuje się, że populacja niedźwiedzi polarnych na Svalbardzie liczy około 270 niedźwiedzi w granicach samego Svalbardu, a dodatkowa populacja wynosi ponad 700 osobników na lodzie morskim na północ od Svalbardu. Daje to całkowitą szacunkową populację niedźwiedzi polarnych na obszarze Svalbardu około 970 osobników, czyli w przybliżeniu na dwoje ludzi przebywających na Svalbardzie przypada jeden niedźwiedź. Niedźwiedzie polarne są dobrze znane ze swojego białego futra, które w rzeczywistości nie jest białe tylko przezroczyste, rozpraszające i odbijające światło widzialne, dając wrażenie bieli. Ich futro składa się z dwóch warstw, które zapobiegają utracie ciepła. Dodatkowo pod skórą znajduje się gruba, nawet na 11 cm, warstwa tłuszczu. Zwierzęta te są wysoce przystosowane do swojego środowiska, mają wyspecjalizowane łapy, które pomagają im chodzić po cienkim lodzie i pływać, a także potężne pazury, których używają do łapania i trzymania zdobyczy, w szczególności niedźwiedziego przysmaku, jakim jest śliska od wody morskiej foka. Niedźwiedzie polarne znane są również z wyostrzonego węchu, który pozwala wykryć potencjalną ofiarę z odległości nawet dwóch kilometrów. Co najistotniejsze, są to jedyne na świecie zwierzęta polujące na ludzi, stale wypracowując nowe zachowania i techniki łowieckie. Z tego względu każda osoba planująca podróżowanie w terenie Svalbardu musi przestrzegać chroniących życie procedur. Przed przyjazdem należy uzyskać certyfikat ukończenia kursu strzeleckiego i pozwolenie Gubernatora

Svalbardu na używanie broni. Zastrzelenie niedźwiedzia jest dozwolone tylko w przypadku rzeczywistej obrony. Takie przypadki są skrupulatnie badane. Niepisana zasada mówi, że gatunek ludzki jest gościem w krainie niedźwiedzi i obowiązuje go etykieta *savoir vivre*. Badania terenowe powinny prowadzić minimum dwie osoby. Kiedy jedna z osób zbiera próbki, druga stoi na straży. Najbezpieczniej dołączyć do większej grupy osób, ale nie zawsze jest to możliwe.



RYSUNEK 4. Mapa satelitarna (Google) z naniesionymi lokalizacjami pobierania próbek w różnych odległościach od stacji. Nawigację zapewniał telefon CAT S60 wyposażony w system pozycjonowania GPS oraz mapy offline OpenStreetMap za pośrednictwem aplikacji OsmAnd (w płatnej wersji „Unlimited”), która podawała współrzędne geograficzne z dokładnością do $0^{\circ}.00001$. (Opracowanie: M. Gąbka i W. Damian)

Celem projektu POLARISE było pobranie licznych próbek z wnętrza bazy na Hornsundzie oraz z miejsc oddalonych od bazy o 1 m, 10 m, 100 m i 1000 m (Rys. 4). Badania terenowe wymagają zgody Gubernatora Svalbardu, którą można uzyskać poprzez przesłanie elektronicznego wniosku na platformie RIS [3]. Jeśli ktoś chce podjąć studia w okresie letnim, termin składania wniosków upływa w marcu, więc wszystko trzeba szczegółowo zaplanować z dużym wyprzedzeniem. Po zatwierdzeniu propozycji badań należy wysłać odpowiednie pismo z załączoną zgodą do Dyrektora Stacji Polarnej w celu uzyskania kolejnego zezwolenia. W przypadku naszej misji wybraliśmy Polską Stację Polarą Hornsund, która zapewnia idealne warunki do pobrania próbek. Bazą

jest stacja badawcza zlokalizowana z dala od osad ludzkich, na brzegu fiordu Hornsund w południowej części Spitsbergenu. Jej operatorem jest Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. Stacja powstała w 1957 r. podczas Międzynarodowego Roku Geofizycznego, a od 1978 r. działa w trybie całorocznym. Stanowi platformę badawczą dla różnych dyscyplin, w tym klimatologii, glaciologii, geofizyki, monitorowania wiecznej zmarzliny i procesów geomorficznych. Położenie stacji na terenie Parku Narodowego Południowego Spitsbergenu czyni ją najbardziej wysuniętą na północ całoroczną polską infrastrukturą badawczą. Dostęp do stacji odbywa się głównie łodzią w sezonie letnim, skuterami śnieżnymi wiosną lub helikopterem przez cały rok. Istnieje kilka możliwości transportu. Dłużej – tydzień żeglugi statkiem Horyzont z Gdyni lub szybciej, samolotem do Longyearbyen, a następnie dzień statkiem do Hornsund. Wszystko, co potrzebne do pobrania próbek, wszystkie czujniki, narzędzia (oprócz broni palnej), należy wywieźć z Polski i zabrać z powrotem na statek lub na pokład samolotu.



RYSUNEK 5. Stacja Polarna na Hornsundzie. (fot. P. Skonieczka)

Na potrzeby misji POLARISE przygotowano probówki o pojemności 50 ml. Próbki pobierano z terenu stacji polarnej Hornsund od 1 do 3 września 2023. Na mapie zaznaczono miejsca, wokół stacji polarnej Hornsund, z których pobierano próbki. Zebrano współrzędne GPS miejsca pobrania próbek oraz wykonano zdjęcia miejsca poboru, zarówno zbliżeniowe (skupiając się wyłącznie na powierzchni terenu) jak i w szerszej perspektywie (uwzględniając pobliskie formacje geologiczne). Glebę

pobrano z powierzchni, gdzie spodziewano się największej liczby komórek bakteryjnych i grzybowych, ale dokładne miejsca losowano rzucając wydrukowane żetony na powierzchnię jednego metra kwadratowego. Uważano, aby wcześniej nie deptać miejsca pobrania próbki. Próbki pobierano w jednorazowych rękawiczkach, przy użyciu szpatułki laboratoryjnej i łopaty. Próbki gruntu zbierano do probówek typu Falcon pod zakrętkę i szczelnie zamknięto. Dodatkowo zebrano kilka powtórzeń kontroli negatywnej. W tym celu wykopano dół na głębokość 50 cm. Ziemię, która miała kontakt z łopata, odgarnięto, pobrano próbkę gleby, a następnie dół zasypano. W ciągu całej wyprawy uzyskano 250 próbek do analiz. Dodatkowo pobrano próbki kontrolne z szamba i odzieży, a także inne próbki treningowe, na których można było przećwiczyć metodologię w laboratoriach docelowych. Próbki przechowywano w możliwie najzimniejszym stanie, następnie możliwie najszybciej przewożono do Polski i przechowywano w lodówce (4° C).

Analizy – mikrobiologia, skład chemiczny i zastosowanie w rolnictwie ekstremalnym

Próbki arktycznej ziemi podzielono na dwie części i przesłano do dwóch laboratoriów. Pierwszym z nich było laboratorium mikrobiologiczne Instytutu Biologii Medycznej PAN w Łodzi, drugim laboratorium AGH w Krakowie. Technika przesiewowa DNA ujawniła skład mikrobiologiczny pobranych próbek, jednak bardzo trudno było określić, które mikroorganizmy pochodzą z ludzkiego mikrobiomu. Materiał genetyczny ludzi i kręgowców można było znaleźć wyłącznie w próbkach szamba. Wybrana metoda nie pozwalała na identyfikację kręgowców w próbkach gleby. Zastosowanie innej, bardziej czułej, metody na kilku wybranych próbkach pozwoliło upewnić się, że w próbkach nie ma DNA kręgowców. W menu członków stacji Hornsund znajdowała się wieprzowina, wołowina i łosoś (dane z analizy DNA próbek szamba). Bakterie wyizolowane z szamba zidentyfikowano w próbkach gleby z różnych punktów, jednak liczba przebadanych próbek nie pozwalała na stwierdzenie, czy występuje gradient spadkowy obecności tych bakterii w miarę oddalania się od bazy. Sekwencjonowanie bakterii było prawidłowe, a poszczególne powtórzenia techniczne nakładały się na siebie. Wynik ten skłonił nas do zmiany sposobu pobierania próbek i ich analizy. Obecnie pracujemy nad utworzeniem selektywnego czujnika do wykrywania mikrobiomów człowieka. Już w 2024 r., będziemy używać tego narzędzia do naszych badań.

Drugą częścią analizy zebranych próbek było określanie stężeń pierwiastków metodą spektrometrii mas sprzężonej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP). Jest to technika analityczna stosowana do pomiaru i identyfikacji pierwiastków zawartych w próbce w oparciu o proces jonizacji. Proces polega na użyciu spektrometru masowego (MS) do rozdzielania jonów na podstawie ich stosunku masy do ładunku po przejściu przez ICP, przy czym detektor zlicza liczbę wybranych jonów na sekundę w celu określenia stężenia każdego wybranego pierwiastka. Analiza ICP zazwyczaj wymaga użycia upłynnionych roztworów próbek, przy czym próbki stałe i próbki biologiczne często są trawione przed analizą. Pomierzono dla próbek zawartości pierwiastków: Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Zn.

Ekstrakty wodne przygotowano dodając do 1 g testowanej próbki 10 ml wody. Próbki wytrząsano przez 24 godziny na wytrząsarce obrotowej. Po wytrząsaniu próbki odwirowano, przesączono przez membranę o średnicy oczek 0.45 mikrometra, a następnie poddano badaniom pH, przewodności, napięcia powierzchniowego i składu chemicznego.

Ze względu na trudności związane z analizą próbek oraz na wysokie koszty badań, uzyskany materiał badawczy zaczęto badać również pod kątem zastosowań w uprawach hydroponicznych. Ponad 120 lat rolnictwa polarnego pomaga naukowcom uprawiać żywność w ekstremalnych środowiskach, takich jak przestrzeń kosmiczna. Pomimo wieloletniego doświadczenia i stosowania najnowocześniejszych technik, takich jak hydroponika, akwaponika i aeroponika, uzyskane efekty uprawy nie są wystarczające na długi czas. Dlatego naszym celem było sprawdzenie hipotezy, czy dodanie do gleby odpornych mikroorganizmów egzystujących w środowisku Arktyki poprawi wzrost roślin w systemach hydroponicznych. Aby to sprawdzić, wykorzystaliśmy próbki gleby pobrane na Svalbardzie i zmieszaliśmy je z podłożem hodowlanym (sporządzonym z 5% agaru, 5% glukozy i 90% wody). Po zmieszaniu zaobserwowaliśmy wielokolorowe wyhodowane kolonie różnych typów bakterii i grzybów. Wyznaczyliśmy ilość i wielkość kolonii. Dodatkowo wykorzystaliśmy wyhodowane kolonie i przenieśliśmy je na pożywkę do uprawy rzeżuchy.

Mikroorganizmy arktyczne wykazywały pełną paletę kolorów, kształtów i zapachów. Część eksperymentalną przeprowadzono w komorze z przepływem laminarnym, aby zapobiec zanieczyszczeniu i zakażeniu. Do uprawy rzeżuchy użyto szalek Petriego o średnicy 9 cm. Wzrost roślin monitorowano przez 7 dni. Zaobserwowano, że niektóre gatunki arktyczne całkowicie blokowały kiełkowanie nasion, inne blokowały wzrost

roślin, a niektóre po prostu współistniały, poprawiając nawet warunki procesu uprawy. Znaleźliśmy w ten sposób nasz arktyczny „skarb”. Przyjazną bakterią okazała się *Lactobacillus* pachnąca jogurtem. Jakież było nasze zdziwienie, gdy w literaturze znaleźliśmy, że rzeczywiście *Lactobacillus* wspomaga wzrost roślin!

Pragnienie powrotu

Arktyka nie jest pusta. Życie tam obserwowane sprawia wrażenie kruchości, choć w rzeczywistości jest znacznie bardziej odporne niż w innych częściach naszej planety. Na wiele pytań dotyczących istoty życia, przetrwania i globalnych zmian klimatu można odpowiedzieć tylko osobiście odwiedzając i uważnie badając to krystalicznie urocze miejsce. Dlatego misje POLARISE będą kontynuowane. Z roku na rok uczymy się czegoś nowego, widzimy więcej i tworzymy wyjątkową międzynarodową grupę ludzi czerpiącą ze skarbcza lodu i śniegu. Współpracujemy i wspólnie wnioskujemy o granty. Najciekawszym i chyba najbardziej niespodziewanym jest fakt, że kiedy się raz postawi stopy w Arktyce, zawsze będzie się za nią tęsknić i chcieć do niej wracać.



RYSUNEK 6. Piotr Skonieczka z zębem wieloryba.



RYSUNEK 7. Podczas konferencji IPS-2023 na Uniwersytecie w Longyearbyen. Najliczniejszą grupą była POLARISE, prezentująca cztery postery i jedną prezentację ustną. Od lewej: Mateusz Koba, Mateusz Harasymczuk, Mateusz Dąniół, Agata Kołodziejczyk, Marcelina Stasik, Maciej Skorupski, Lidia Dyląg, Marta Gajewska.



RYSUNEK 8. Agata Kołodziejczyk z Mateuszem Harasymczukiem na łódce w drodze do Longyearbyen.

Podziękowania

Wyrażam wdzięczność dr. Włodzimierzowi Sielskiemu i Katarzynie Matysiak za nieustające wsparcie i cierpliwość w pracach projektowych i logistyce podróży ze strony IGF PAN. Dziękuję Krystianowi Komen-
da, Piotrowi Skonieczka, Mikołajowi Gąbka i Wojciechowi Damianowi za wykonanie badań terenowych na Hornsundzie. Dziękuję też dr. Mateuszowi Daniołowi oraz studentom z Koła AstroBio AGH, którzy wspierali prace terenowe i analizy pozyskanych próbek oraz uczestniczyli w konferencji naukowej w Longyearbyen: Martynie Garbińskiej, Marcie Gajewskiej, Lidii Dyląg, Upasanie Mohanty, Mateuszowi Koba. Bardzo dziękuję osobom, które pośrednio brały udział w ekspedycji: prof. Agnieszce Królickiej z AGH za wykonanie badań fizycznych i chemicznych zebranych próbek, dr Justynie Topolskiej z AGH za wykonanie analizy pierwiastków metodą ICP oraz dr Alinie Minias z Instytutu Biologii Medycznej PAN w Łodzi za wykonanie sekwencjonowania DNA. Na końcu dziękuję swoim Rodzicom, którzy w czasie wyprawy opiekowali się moją najmłodszą córką Olą.

Linki internetowe:

- [1] <https://arcticworldarchive.org/>
- [2] <https://planetaryprotection.jpl.nasa.gov>
- [3] www.researchinsvalbard.no

Krakowska Szopka Księżycowa – niezwykły pomnik dla Kazimierza Kordylewskiego w 120-tą rocznicę urodzin

Wanda Kordylewska-Dutka

Córka Jadwigi i Kazimierza Kordylewskich



Krakowska Szopka Księżycowa. (fot. M. Kordylewski)

Własnoręcznie wykonana Szopka Krakowska, z jaką chodziło się dawniej od domu do domu, śpiewając kolędy (robiłam to sama, jako dziecko), straciła już tę funkcję i budowana jest teraz wyłącznie na konkurs lub na sprzedaż. Regulamin konkursów Szopek Krakowskich, odbywających się co roku, zawiera wiele punktów. Między innymi szopka powinna być

zbudowana z kartonu, pokryta ma być różnokolorowym staniolem, musi odznaczać się strzelistością. Elementy zabytków Krakowa, obowiązkowo w niej zamieszczone, nie mają stanowić architektonicznych modeli. Mogą być według fantazji twórcy dowolnie wymieszane w konstrukcji całości, mogą nie zgadzać się we wzajemnych proporcjach, mają prawo być świadomie, artystycznie „zniekształcane”. Przykładem służy Wieża Mariacka. W ciągu dziesiątek lat, w tysiącach szopek zgłoszonych na konkurs nie znajdziemy dwóch jednakowo wyglądających tych wież, za wyjątkiem przypadku, gdy w tej samej szopce, dla zachowania obowiązkowej symetrii, jest ona dokładnie zdublowana. Warto podkreślić, że Jezusek w innych rejonach świata rodzi się najczęściej w stajence lub grocie. Tylko w Krakowie przychodzi na świat w fantastycznie wyglądającym bogatym pałacu. Oprócz Świętej Rodziny, Trzech Króli, pasterzy i aniołków mogą wystąpić figurki znanych osobistości Krakowa, jego legendy i tradycje, lub różne rekwizyty związane z tym miastem.

Szopka Krakowska to światowy fenomen i dlatego tradycja jej budowy została w roku 2018 wpisana na listę UNESCO, jako Niematerialne Dziedzictwo Ludzkości.

Od wielu lat tliła się we mnie, rodowitej Krakowiance, myśl zbudowania krakowskiej szopki o wydźwięku astronomicznym, w której, jako figurki, miały znaleźć się postacie astronomów, związanych z Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, mieszczącym się dawniej w Collegium Śniadeckiego, w krakowskim Ogrodzie Botanicznym. Jednak z różnych przyczyn do tego nie doszło.

Zbliżający się rok 2023 zdopingował mnie do działania, bo to rok związany ze 120-tą rocznicą urodzin mojego Ojca, dobrze znanego krakowskiego astronoma – Kazimierza Kordylewskiego – odkrywcy Pyłowych Księżyców Ziemi. Zaplanowałam więc dużą szopkę (ok. 180 cm wysokości) poświęconą wyłącznie Jego działalności. Nie byłam w stanie wykonać jej samodzielnie. Zwróciłam się więc o współpracę do jedynych, znanych mi osobiście szopkarzy, państwa Markowskich, cenionych twórców, wielokrotnie nagradzanych na Konkursach Szopek Krakowskich. Zaznaczyłam od razu, że zgłoszenie szopki do konkursu wyobrażam sobie, jako pracę zbiorową, na zasadzie:

- Wanda Kordylewska-Dutka – autorstwo, a więc idea, projekt wyglądu szopki i wykonanie drobniejszych elementów, zwłaszcza tych astronomicznych,
- Renata Markowska – figurki i wystrój zewnętrzny, wykonanie poszczególnych figurek,

– Marek Markowski – konstrukcja budowli, oświetlenie i motorki do ruchomych części.

Gdy przed dwoma laty przedstawiłam dokładne szkice i szczegółowe opisy, moje pomysły zostały zaakceptowane, jako możliwe do realizacji. Moim życzeniem było, aby ta szopka pozostała na zawsze w Krakowie, w kolekcji państwa Markowskich. I tak, współpraca przy powstawaniu mojej szopki, nazwanej później „Księżycową”, zaczęła się układać całkiem realnie i interesująco.

Mieszkając na stałe w Hanowerze, jesteśmy z mężem kolekcjonerami pokaźnego zbioru szopek bożonarodzeniowych z całego świata. Organizowaliśmy w Niemczech wspaniałe wystawy szopek, obejmujące ponad kilkaset eksponatów jednorazowo. Ostatnio, z racji podeszłego wieku i coraz bardziej ograniczonych sił fizycznych, zaczęliśmy powoli likwidować nasz zbiór.

Widząc zainteresowanie państwa Markowskich wypożyczeniem od nas egzotycznych szopek, ofiarowaliśmy je im, starając się w ten sposób odwdziżyć za gotowość współpracy ze mną i przyczynić się też do pokrycia kosztów budowy szopki. Czułam, że rozstanie się z wieloma ulubionymi szopkami wynagrodzi mi powstanie tylko tej jedynej, zaprojektowanej przeze mnie szopki krakowskiej, w formie jak gdyby pomnika dla mojego Ojca.

Do naszego skromnego codziennego życia potrzebujemy naprawdę niewiele i dlatego zdecydowałam się zainwestować w realizację mojej idei wszystko co tylko możliwe.

Gdy w Niemczech przedstawiam nasz niewielki, bo tylko 60 pozycji liczący zbiór małych i średnich szopek krakowskich, prawie dwugodzinne seanse wydają się publiczności zwykle za krótkie. Zwiedzającym umożliwiam nie tylko oglądanie samych szopek, ale też poznanie warsztatu szopkarza, reguł konkursu, wyglądu strojów krakowskich (oryginały na manekinach), poznanie polskich tradycji, a przede wszystkim uroku wspaniałych, nie zniszczonych przez wojnę, zabytków Krakowa. Nie brakuje też tam nigdy informacji o sukcesach rodziny Markowskich, jako twórców największej w historii, tej o ponad 5 m wysokości liczącej Szopki Krakowskiej, którą objaśniam posługując się niestety tylko plakatem. W niej zawarte są fragmenty z 21 krakowskich kościołów, stojących w obwodzie nie całych 5 km długości zielonych Plant! Szopka ta zachwycała m.in. miliony turystów w Paryżu, w Katedrze Notre Dame, jeszcze przed jej pożarem.

Już na początku naszych kontaktów zawiązała się, jak czułam, szczerą przyjaźń z p. Markowskimi, podparta wspólnym działaniem. Będąc w Krakowie miałam możliwość wielogodzinnego przebywania w ich pracowni, a też na letniej Wystawie Szopek Krakowskich w klasztorze Ojców Franciszkanów. Mogłam w skupieniu zachwycać się ich, już dawniej nagrodzonymi, dużymi szopkami.

Dużo wcześniej, przez szereg miesięcy obmyślałam szczegółowo i stopniowo udoskonalałam mój projekt, w którym za „szkielet” szopki posłużyło mi Collegium Śniadeckiego UJ, bo tam, wiele lat mieszkał i pracował mój Ojciec. O ile mi wiadomo, nikt z szopkarzy nie interesował się dotąd tym, ponad 200 lat liczącym, zabytkiem, a więc moja idea to pewnego rodzaju nowatorstwo, też przez jurorów oceniane. Wygląd tego dawnego pałacu Czartoryskich, przebudowanego później na „Gwiazdździarnię”, od strony Ogrodu Botanicznego przypominał mi zawsze krakowską szopkę, a mieszkałam tam z rodzicami przez 24 lata. Jego absolutna symetria, dwie kopuły obserwacyjne na dachu, półkoliste okna, taras drugiego piętra z ciekawą balustradą, okazałe schody do wejścia, to była w mojej dziecięcej wyobraźni już krakowska szopka, lecz tak ogromnych rozmiarów. Brakowało tylko jeszcze kilku strzelistych wież kościelnych, różnych ozdóbek i przede wszystkim, pokrycia całości bajecznie kolorowym staniolem.



Collegium Śniadeckiego od strony Ogrodu Botanicznego (2011). (fot. B. Wszolek)

W mojej szopce umieściłam Rodzinę Świętą w centrum pod wysuniętą do przodu kopułą kościoła św.św Piotra i Pawła. Tło wnętrza stanowi rozgwieżdżone niebo. Wygląd Rodziny Świętej, Trzech Króli, pasterzy

i aniołków pozostawiłam całkowicie fantazji p. Markowskiej, jako wyjącej autorki figurek tych typowo biblijnych postaci. Zafascynowana formą przedstawienia Rodziny Świętej w naszej egzotycznej, filipińskiej szopce, umieściła ona Jezuska nie w żłóbku, lecz tak jak tam, włożyła go w ramiona Matki Boskiej.



Fragment Szopki Księżycowej obejmujący taras drugiego piętra Coll. Śniadeckiego. (fot. M. Kordylewski)

Na drugim piętrze pojawia się postać Kazimierza Kordylewskiego, który niesie w darze Jezuskowi publikację o swoim odkryciu. Stoi też tam luneta, podstawowy przyrząd w pracy ówczesnego astronoma. Całkiem na zewnątrz tarasu, wzorowanego na budynku Obserwatorium, stoją dwa aniołki. Lewy gra na cytrze a prawy na skrzypcach. Na tych instrumentach potrafił grać mój Ojciec, wprawdzie nie za dobrze, ale wystarczająco, by posłużyły aniołkom za rekwizyty.

Parter dużych szopek służył dawniej do odgrywania kukielkowych jasełek w domach bogatych krakowskich mieszczan. W Szopce Księżycowej, w głównej nawie kościoła św.św Piotra i Pawła, przekształconej tu na scenę, widzimy wahadło Foucaulta, a z tyłu główny ołtarz. W roku 1949 mój Ojciec zademonstrował w tym kościele – pierwszy raz w Krakowie – eksperyment z wahadłem. Wtedy to ja, jego 4-letnia córeczka, przepalając świeczką blokadę, uruchomiłam wahadło, które przemieszczało się swobodnie ponad liniami odniesienia, naznaczonymi trwale na posadzce. Śmieję się teraz, że tak jak Alfred Hitchcock „przemyczał” siebie samego na ekranie w swoich filmach, tak też ja umieściłam siebie, jako figurkę w mojej szopce. Druga postać, zaraz za wejściem, to moja Mama, Jadwiga Kordylewska, pierwsza astronomka wykształcona



Scena Szopki Księżycowej przedstawiająca Kazimierza Kordylewskiego niosącego w darze Dzieciątku Jezus swoją publikację o odkryciu Pyłowych Księżyców Ziemi. (fot. M. Kordylewski)

na Uniwersytecie Jagiellońskim. Była ona nieodłączną fachową pomocą w badaniach męża nad Pyłowymi Księżycami Ziemi. Kierowała też czwartą wyprawą afrykańską dla potwierdzenia ich istnienia.



Scena Szopki Księżycowej przedstawiająca małą Wandzię (przy swojej Mamie) z płonącą świeczką podczas uruchamiania wahadła Foucaulta w krakowskim kościele św.św Piotra i Pawła. (fot. M. Kordylewski)

Dwie kopuły Obserwatorium, z rozwartymi szczelinami, tak jak w czasie obserwacji nieba, obracają się powolutku i tym ruchem zwracają uwagę na znajdujące się wewnątrz lunety.



Fragment Szopki Księżycowej przedstawiający obrotowe kopuły astronomiczne na dachu Collegium Śniadeckiego. (fot. M. Kordylewski)



Fragment Szopki Księżycowej przedstawiający pierwotny wygląd grobowca Kordylewskich. (fot. M. Kordylewski)

Na dole prawej bocznej ściany szopki widnieją kontury zabytkowego grobowca Kordylewskich z Cmentarza Rakowickiego. Na ciemnej płycie wyraźnie rzuca się w oczy, zaprojektowany przez mojego Ojca, skośny

napis KORDYLEWSCY, poprzez efekt zmniejszających się kolejnych liter, jak gdyby ulatujący w Kosmos. Astronomicznego akcentu dopełnia Wielki Wóz, umieszczony tak, by odległości między nim a Gwiazdą Polarną, wmontowaną w Krzyż, odpowiadały mniej więcej proporcjom w rzeczywistości. Półkolistą płytą nagrobkową miała odzwierciedlać wg mojego Ojca – nieboskłon. Forma ta na grobowcu już nie istnieje, gdyż przy renowacji gryzionego zębem czasu zabytkowego obiektu, ówczesna konserwatorka zlikwidowała pierwotną tablicę, ustaliła – prostokątną. Decyzję tę uzasadniła podobno tym, że na cmentarzu katolickim nie może być miejsca na symbole typowe dla architektury żydowskiej. Interesujące, że przez 30 wcześniejszych lat nikogo nie raziły kontury tej płyty, a na terenie wielkiego (42 ha) cmentarza, funkcjonującego od prawie 200 lat, znajduje się wiele tablic o podobnych kształtach!

Rodzinnie udało się odnaleźć oryginalne tablice (też te z pełnymi informacjami o moich Rodzicach). Stoją one teraz w Niemczech na czytelnym miejscu w ogrodzie naszej córki. Ciekawe, co powiedzieliby archeolodzy, znajdując może za parę tysięcy lat te nagrobkowe płyty, odkopane gdzieś głęboko pod ziemią? Gdzie szukałoby szczątków obojga astronomów?

W lewą boczną ściankę szopki wmontowane zostało wewnątrz Krypty Zasłużonych z sarkofagiem Tadeusza Banachiewicza, stojącym zaraz przy wejściu. Historia tego właśnie sarkofagu łączy się ściśle z osobą mojego Ojca. Sławetny powtórny pochówek jego szefa przyczynił się do osiągnięcia zamierzonego celu, by wśród zasłużonych artystów znalazł się nareszcie też zasłużony naukowiec – ale w konsekwencji wywołał represje ówczesnych władz przeciw organizatorowi tego przedsięwzięcia.

W lewym otwartym oknie eksponowany jest kamień z Księżyca, który amerykańscy astronauta sprowadzili na Ziemię w 1969 roku. Ambasada Amerykańska wypożyczyła chętnie ten kamień mojemu Ojcu, aby zorganizował jego wystawę w którymś krakowskim muzeum. Wszystko bezbłędnie przygotowano, lecz władze socjalistyczne spostrzegły się nagle, że to nie radzieccy kosmonauci, lecz Amerykanie stali się sławni i zanim wystawa się rozpoczęła, zamknięto ją dla zwiedzających. Ojciec mój (na pewno z pomocą św. Rity) uzyskał jednak zezwolenie na pokaz eksponatu. Musiał jednak zagwarantować, że pokaże go TYLKO członkom Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Astronautycznego (PTA), którego był prezesem.

PTA nie posiadało w Krakowie własnego lokalu. Wszystkie biurowe czynności wykonywało się w naszym mieszkaniu (praktycznie dla

prezesa!). Kamień w szklanej obudowie stanął więc na stole w pokoju o powierzchni 20 m², gdzie w godzinach zwiedzania zasłanialiśmy nasze meble niebieskimi kotarami. Sekretarka PTA na klatce schodowej wydawała każdemu chętnemu deklarację członkowską do wypełnienia, pobierała 5 zł wpisowego i 15 zł składki za 3 miesiące. W ten sposób ominęło się drastyczny zakaz i wszystko odbyło się absolutnie legalnie. Krakowski Oddział PTA zwiększył nagle liczbę członków do paru tysięcy. Ci, którzy nie płacili dalszych składek zostali – wg. statutu – automatycznie usunięci z listy członków. Ale i tak na wiele następnych lat pozostało w Krakowie około 800 wiernych „astronautów”, podczas gdy inne oddziały PTA liczyły dalej po kilkadziesiąt osób.



Fragmety Szopki Księżycowej przedstawiające kamień z Księżyca (po lewej) oraz klucz do nadawania sygnału czasu (z prawej). (fot. M. Kordylewski)

W prawym otwartym oknie widać klucz Morse’a, którym ręcznie nadawano sygnał czasu z obserwatorium UJ, codziennie w południe w latach od 1946 do 1984. Wprowadzony przez Kazimierza Kordylewskiego sygnał leciał w świat na falach eteru. W czasach, kiedy nie istniały komórki, a prywatnymi telefonami stacjonarnymi dysponowali tylko wybrańcy, a ja będąc np. za granicą, znając terminy dyżurów Ojca przy sygnale i słysząc te dźwięki przesyłane na żywo Jego ręką – w tym momencie odczuwałam bliski kontakt z Nim, mimo dzielących nas kilometrów. Klucz Morse’a używany przez prawie 40 lat, składał się tylko z mocno do stołu przykręconej drewnianej listwy ze sprężynującym ramieniem

i kulistej gałki, umożliwiającej wygodne i precyzyjne uderzanie w nią ręką doświadczonego nadawcy. Mechaniczne impulsy, za pomocą odpowiedniego kontaktu były przekazywane do radia. Ciekawe, że przedstawiciele starszej generacji, przewijający się przez aktualną pokonkursową wystawę szopek, po 40 latach od ostatniego sygnału z Krakowa, przypominali sobie w mojej obecności słowo w słowo typową zapowiedź spikera radiowego, którą wspomnieniowo wspólnie skandowaliśmy: „Zbliży się godzina dwunasta. Za chwilę połączymy się z Krakowem. Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego nada sygnał czasu z dokładnością do pół sekundy. Po sygnale czasu i hejnale z Wieży Mariackiej połączymy się z Warszawą”. Na ostatni krótki dźwięk sygnału czekał strażak, pełniący służbę na Wieży Mariackiej. Uruchamiał ręcznie 12 uderzeń zegarowych i odgrywał na cztery strony świata – dobrze znany wszystkim Polakom – hejnał. Złotą kulę z Wieży Mariackiej zastąpiłam w szopce Księżycem w pełni, by podkreślić jej astronomiczny charakter. Orzeł Polski z Koroną, osadzony na Księżycu, czuwa z powagą chyba nie tylko nad bezpieczeństwem szopki, ale może też... W sąsiedztwie biało-czerwonych chorągiewek na szczytach wież kościoła Na Skałce podkreśla dumę z możliwości reprezentowania polskiego patriotyzmu – też w Szopce Bożonarodzeniowej.

Pomnik Mikołaja Kopernika na cokole z przed Collegium Novum UJ (tu ciekawie, wg. idei wykonawców, wmontowany w Wieżę Mariacką), pojawia się w szopce, jako akcent astronomiczny w związku z 550-tą rocznicą urodzin genialnego astronoma. Myślę, że Kopernik nie kwestionowałby (tak jak wielu współczesnych mojemu Ojcu polskich astronomów) odkrycia gołym okiem Pyłowych Księżyców Ziemi, wcześniej nie znanych obiektów, a znajdujących się przecież tak blisko naszego Globu. Może byłby zadowolony, a może i wdzięczny, że jego Słoneczny Układ Planetarny jak gdyby „uzupełnił” POLSKI astronom.

W swoim projekcie nie pominęłam ogrodzenia Ogrodu Botanicznego od strony ulicy Kopernika, „kocich łbów”, którymi wybrukowano powierzchnię przed Coll. Śniadeckiego i drobiazgów, ale ważnych, jak: herb Krakowa, emblemat UJ i logo Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach (MOA), którego patronem jest Kazimierz Kordylewski. Opisywałam tu dokładniej głównie fragmenty szopki, posiadające akcenty astronomiczne, związane w pewien sposób z osobą mojego Ojca.

Szopka Księżycowa, spełniając warunki regulaminu konkursu, zawiera wiele rozpoznawalnych elementów krakowskich zabytków. Nie jest



Fragment Szopki Księżycowej przedstawiający pomnik Mikołaja Kopernika, który stoi przy Collegium Novum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.
(*fol. M. Kordylewski*)

przeładowana drobiazgami, odznacza się elegancją i – jak zwykle w dziełach rodziny Markowskich – trafnym doбором kształtów i kolorów. Posiada też ruchome elementy, jak np. figurkę Kazimierza Kordylewskiego, składającego pokłon przed Rodziną Świętą, czy wahadło Foucaulta huśtające się między wejściem do kościoła a głównym ołtarzem. Podświetlone okna dodają uroku całej budowli. Robi ona wrażenie na widzach swymi filigranowymi ozdobami, wykonanymi ze szczególną precyzją przez p. Markowską. Można też z łatwością zrozumieć, że sama budowa tej szopki pochłonęła tylko wykonawcom, przytaczane w wywiadach pani Markowskiej, około tysiąc godzin pracy.

Szkoda, że z różnych względów nie było możliwe przedstawienie jurorom wszystkich moich pomysłów, jak np. najważniejszego – umieszczenia Pyłowych Księżyców w formie dwóch przejrzystych obłoków, zawieszonych wysoko w powietrzu na cieniutkich, prawie niewidocznych żyłkach, między Wieżą Mariacką a wieżami kościoła Na Skałce. Element ten, związany tak ściśle z największym osiągnięciem naukowym mojego



Fragment Szopki Księżycowej przedstawiający herb Krakowa, emblemat UJ oraz logo Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach.

(fot. M. Kordylewski)

Ojca, a motywujący też nazwę szopki jako „Księżycowej”, w ostatniej chwili, już podczas prezentacji na Rynku – został po prostu – usunięty!

Mimo wszystko – szopka jest naprawdę wspaniała! Przy okazji zrozumiałam, że państwo Markowscy przywiązują największą wagę do perfekcyjnego odtwarzania zabytków Krakowa i uzyskania możliwie najwyższej nagrody. Mnie interesowała od samego początku głównie rzetelna realizacja moich zamierzeń w sprawie Krakowskiej Szopki Księżycowej. Oczywiście nie negowałam, że ucieszyłabym się też ze zdobytej przez nią nagrody. W dniu rozpoczęcia konkursu, 7 grudnia 2023, Szopka Księżycowa stanęła wraz z innymi, z powodu bardzo złej pogody, w podcieniach Sukiennic, a nie na cokole pomnika Mickiewicza. Tłumy ludzi zachwycały się zgłoszonymi w tym roku dziełami, a p. Markowska przed licznymi mikrofonami i kamerami dziennikarzy udzielała bez ustanku wywiadów na temat swojej Szopki Księżycowej. Owszem, nadmieniała, że motywacją do budowy była 120-ta rocznica urodzin Kazimierza Kordylewskiego i 550-ta urodzin Kopernika. Nazwisko mojego Ojca, jako odkrywcy Pyłowych Księżyców Ziemi, przytaczano też przez głośniki zainstalowane na Rynku.

A ja, stojąc przy szopce, opowiadałam całkiem nieoficjalnie co można w niej ciekawego zobaczyć, zwracając szczególną uwagę na „astronomiczne” akcenty. Wśród publiczności znaleźli się też byli studenci Ojca,

dawni współpracownicy oraz nieliczni jeszcze żyjący znajomi. Miło im było poznać córkę znanego im osobiście astronoma.

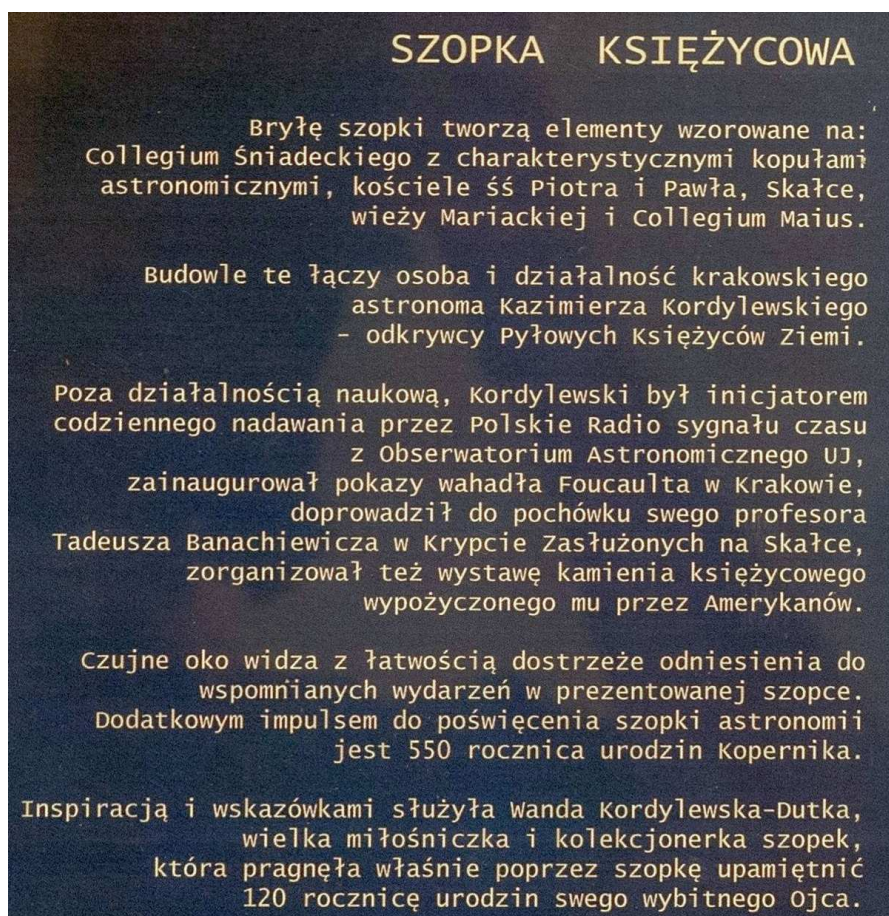
Przed rozdaniem nagród wmieszałam się razem z mężem w tłum szopkarzy oczekujących na tę uroczystość w Sali Miedzianej Muzeum Historycznego m. Krakowa. Szopka Księżycowa, prezentowana jak wszystkie inne na dwóch monitorach, zdobyła I Nagrodę w kat. szopek dużych a także dodatkowo Nagrodę Specjalną im. Jerzego Dobrzyckiego. Obydwie nagrody otrzymała p. Renata Markowska, która zgłosiła to dzieło do konkursu jako jedyna twórczyni. Po tej uroczystości otrzymałam jednak i ja, lecz już całkiem anonimowo, nagrodę w formie... poczęstunku kawałkiem potężnego tradycyjnego tortu, którym delektowali się wszyscy nagrodzeni w tym roku szopkarze.

Uważam się jednak dalej za autorkę projektu a co za tym idzie za współtwórczynię Szopki Księżycowej. Twierdzę bowiem, że matka, która zmuszona jest oddać dziecko do adopcji i nie ma wpływu na jego dalsze losy – pozostanie na zawsze matką tego dziecka. Myślę też, że w tym wypadku nie jestem zarozumiała i nie można by mi zarzucić, że miałabym zamiar podszywać się pod sukcesy innych.

Na wystawie pokonkursowej miałam satysfakcję przez parę dni opowiadać zwiedzającym – całkiem prywatnie – o niekonwencjonalnej istocie tej Szopki Księżycowej. Wzbudzałam ogromne zainteresowanie, choć nie pełniłam roli przewodnika z ramienia muzeum, lecz stałam z boku, jako córka swojego Ojca, któremu poświęciłam tę szopkę. Oczywiście, jak zwykle, podkreślałam twórcze osiągnięcia rodziny Markowskich i polecałam obejrzenie ich potężnej szopki, aktualnie wystawionej w klasztorze Franciszkanów.

Do dzisiaj nie dostałam konkretnej odpowiedzi na wyraźnie sformułowane pytanie, dlaczego ujawnienie mojego nazwiska jako autorki projektu, a tym samym współtwórczyni szopki, miałoby umniejszyć jej wartość w oczach jurorów.

Mała tabliczka, stojąca obok Szopki Księżycowej na Wystawie Pokonkursowej, informowała, że Wanda Kordylewska-Dutka służyła inspiracją i wskazówkami. O jej autorstwie i projekcie – nie ma śladu. Najważniejsze jednak w tym całym przedsięwzięciu jest to, że z okazji 81. Konkursu Szopek Krakowskich – nazwisko mojego Ojca było wielokrotnie publicznie wymieniane i w ten sposób jeszcze raz przypomniano osobę tego wybitnego Krakowianina, żyjącego w XX wieku.



Tabliczka informacyjna wystawiona przy Szopce Księżycowej podczas wystawy pokonkursowej w Pałacu Krzysztofory w Krakowie. (fot. M. Kordylewski)



Autorka przy Szopce Księżycowej. (fot. J. Dutka)

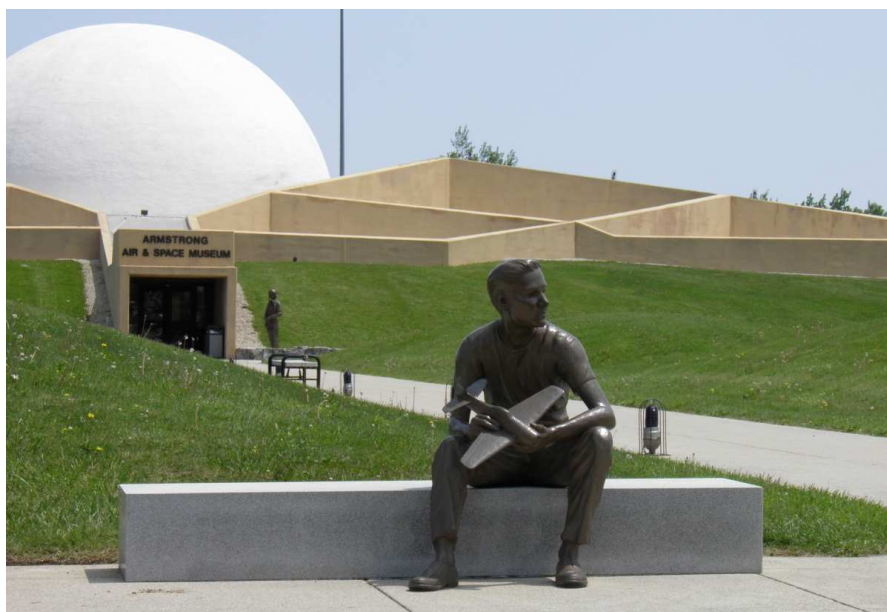
Śladami Neila Armstronga w Ohio

Jacek Kruk

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

W niewielkim miasteczku Wapakoneta w stanie Ohio, które liczy niepełna 10 tys. mieszkańców, od lat działa muzeum kosmiczne noszące imię Neila Armstronga. To jego miasto rodzinne, w którym przyszedł na świat 5 sierpnia 1930 roku. Muzeum powstało z inicjatywy gubernatora stanu Jamesa Rhodesa, oficjalne otwarcie nastąpiło w trzecią rocznicę lądowania Armstronga na Księżycu, 20 lipca 1972 roku. Do 2009 roku muzeum, które nosi obecnie nazwę Armstrong Air and Space Museum, było zarządzane przez Towarzystwo Historyczne stanu Ohio (Ohio Historical Society), a obecnie przez specjalnie powołaną organizację non-profit „Stowarzyszenie Muzeum Lotnictwa i Astronautyki im. Armstronga”. Oznacza to, że placówka utrzymywana jest ze środków społecznych i obsługiwana przez miejscowych pasjonatów astronautyki. Dzięki temu ma specyficzny klimat muzeum regionalnego, w odróżnieniu od takich gigantów jak waszyngtońskie Smithsonian Air and Space Museum, czy National Museum of the US Air Force w Dayton, także w stanie Ohio, które ma bardzo bogatą kolekcję astronautyczną.

Pomieszczenia muzeum w większości ukryte są pod ziemią, góruje nad nimi biała kopuła, dzięki czemu całość przypomina futurystyczną bazę księżycową. Otaczające muzeum uliczki noszą kosmiczne nazwy, jak Lunar Drive, Apollo Drive, Gemini Drive, Saturn Drive... Przed muzeum wystawiono samolot Douglas F5D Skylancer, na którym Armstrong wykonywał loty doświadczalne dla NASA. Na zewnątrz znalazły się też pełnowymiarowe modele statku kosmicznego Gemini (można do niego wejść i usiąść na miejscu astronauty) oraz załogowej kapsuły statku Apollo. Ponieważ tej ostatniej brakuje modułu serwisowego i ogromnej dyszy silnika, można odnieść wrażenie, że Apollo był mniejszy od Gemini. To oczywiście nieprawda. Zanim wejdziemy do muzeum warto zatrzymać się przy dwóch posągach Armstronga-lotnika: najpierw spotkamy młodzieńca z modelem samolotu w ręku, a przy samym wejściu



Posągi Armstronga przed wejściem do muzeum jego imienia.

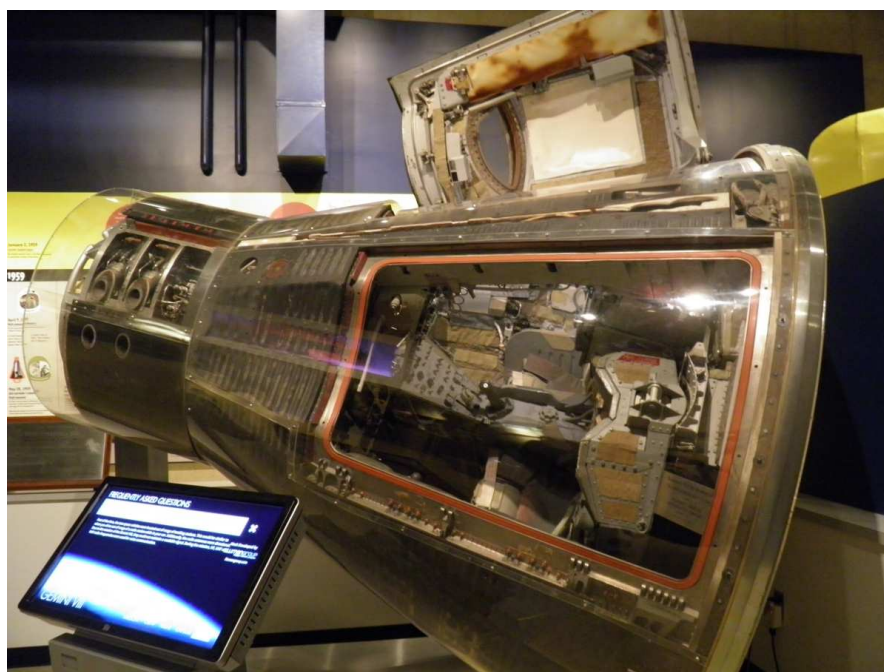
– pilota wojskowego w skafandrze ciśnieniowym.

Goście muzeum zapraszani są przez miłą obsługę do zaznaczenia na mapie świata miejsca, skąd przybyli. Miałem więc okazję do wpięcia pinezki w miejscu oznaczającym Kraków, była to zaledwie druga „polska” pinezka. Najcenniejszym eksponatem muzeum jest oryginalna kapsuła statku Gemini VIII, w którym Armstrong odbył swój pierwszy lot kosmiczny 16 marca 1966 roku. Dodajmy, że kapsuła załogowa statku Apollo-11 znajduje się we wspomnianym wyżej waszyngtońskim muzeum lotnictwa i astronautyki. Misja Gemini VIII wsławiła się pierwszym cumowaniem statku załogowego do innego obiektu na orbicie, niestety, była to też misja awaryjna, zakończona przedwcześnie po niecałych 11 godzinach lotu. Dowodził nią Neil Armstrong, towarzyszył mu David Scott, późniejszy dowódca księżycowej wyprawy Apollo-15 (kapsuła Apollo-15 znajduje się z kolei w muzeum w Dayton).



Pełnowymiarowe makiety statku Gemini i kapsuły Apollo.

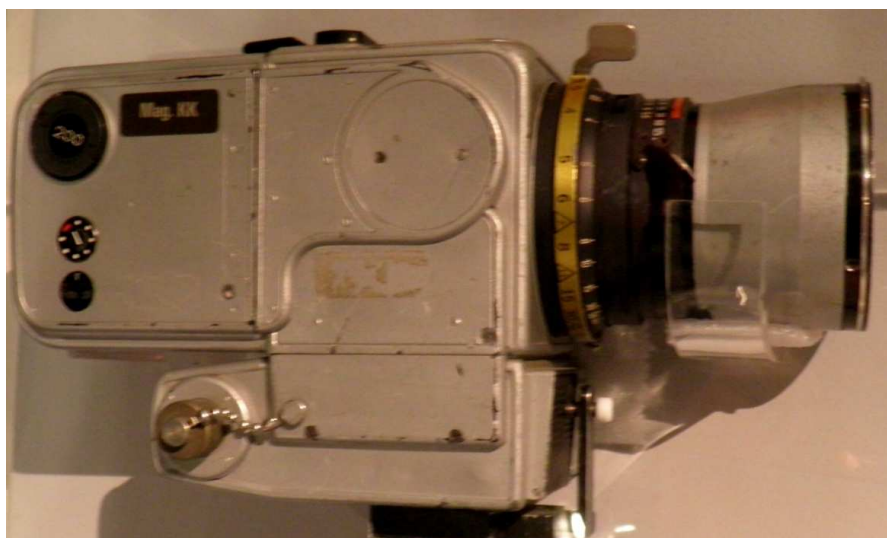
Kapsuła Gemini ma wymontowany właz od strony fotela Armstronga, dzięki czemu można dokładnie obejrzeć wnętrze kabiny i pulpit sterowniczy astronauty. W oddzielnej gablocie eksponowany jest skafander Armstronga ze statku Gemini, jest także skafander księżycowy z Apollo-11, choć prawdopodobnie to egzemplarz do treningów naziemnych. Podobnie słynny aparat firmy Hasselblad: ten z gabloty w muzeum Armstronga z całą pewnością nie był na Księżycu, bo astronauta pozostawiali swoje aparaty na powierzchni, a na Ziemię powracały tylko kasety z nasświetlonymi filmami. Jednak dla miłośnika fotografii nawet Hasselblad do treningów naziemnych jest podobnym rarytasem, jak kamień z Księżyca dla miłośnika astronomii. Nawiasem, taki kamień, przywieziony przez wyprawę Apollo-11 możemy zobaczyć w kolejnej gablocie.



Kapsuła Gemini VIII, drzwi Armstronga usunięte, drzwi Scotta otwarte (u góry).

Kosmiczne eksponaty muzeum Armstronga nie dotyczą tylko lotów Gemini i Apollo, lecz wszystkiego, co wiąże się z lotami kosmicznymi. Znajdziemy tam na przykład ... oponę wahadłowca Endeavour użytą w misji STS-68 w październiku 1994 roku. W muzeum zgromadzono liczne rzeczy osobiste słynnego astronauty, nie pochodzą jednak od niego, lecz od rodziców Neila, o czym informuje tabliczka przy wejściu. Neil Armstrong był człowiekiem wielkiej skromności i zapewne nie był entuzjastą utworzenia muzeum swojego imienia w Wapakoneta. Jak informuje obsługa muzeum, był on niezwykle rzadkim gościem tej placówki.

W mieście rodzinnym Armstronga zachował się również jego dom rodzinny, należy obecnie do prywatnych właścicieli i nie jest placówką



Księżycowy Hasselblad w ziemskiej wersji.

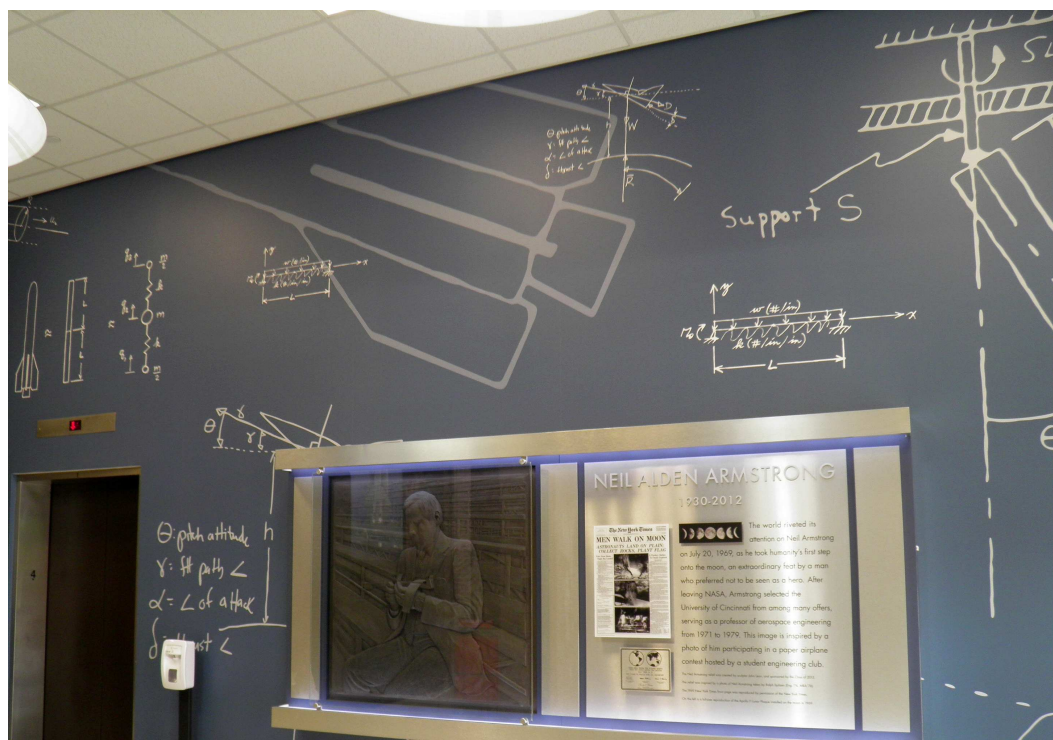


Dom rodzinny Armstrongów.

muzealną. Znajduje się pod adresem: W Benton street 601, w odległości ok. 3 km od muzeum, a o dawnych mieszkańcach domu informuje stosowna tablica. Neil Armstrong po odejściu z NASA powrócił do swego rodzinnego stanu i pracował na Uniwersytecie Cincinnati. W latach 1971-1979 wykładał tam inżynierię lotniczą i kosmiczną, co uczelnia upamiętniła niewielką wystawą w gmachu wydziału inżynierii noszącym imię gubernatora Ohio (Rhodes Hall) oraz murałem przy wejściu, którym Armstrong przybywał na swe wykłady. Mural przedstawia tablicę z wzorami i rysunkami kreślonymi ręką słynnego astronauty. W gablocie umieszczono płaskorzeźbę Armstronga z papierowym samolocikiem w ręku.

Jeszcze jeden mural od 2015 roku można podziwiać w centrum biznesowym Cincinnati, gdzie astronauta w skafandrze księżycowym (z Hasselbladem na piersi) ozdabia fronton kwatery głównej Fifth Third Bank.

Autorem tego dzieła jest brazylijski artysta street-art Eduardo Kobra. Neil Armstrong do końca życia mieszkał w Cincinnati, jednak nie został tam pochowany – jego prochy spoczęły w oceanie.



Mural w Uniwersytecie Cincinnati.



Mural miejski w Cincinnati. (Źródło: eduardokobra.com/projetos)



Profesor Neil Armstrong wśród studentów Uniwersytetu Cincinnati w 1974 r.
(zdjęcie wykonał student Armstronga Ralph Spitzen).



Autor przy wystawie na Uniwersytecie Cincinnati.

O kobietach w kosmosie, w 60. rocznicę lotu Walentyny Tierieszkowej

Jacek Kruk

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

16 czerwca 1963 roku Rosjanie wysłali pierwszą kobietę w kosmos. Walentyna Tierieszkowa wykonała 3-dobowy lot wokółziemski na pokładzie statku Wostok-6. Jednocześnie trwał lot statku Wostok-5, pilotowany przez Walerego Bykowskiego. Grupowy lot dwóch statków kosmicznych był powtórzeniem podobnego dokonania z sierpnia 1962 roku, głównym novum, poza niewielkim przedłużeniem lotu, był właśnie udział kobiety. Kosmonautyka radziecka była wówczas na etapie gwałtownej pogoni za priorytetami (pierwszy satelita, pierwsza żywa istota na orbicie, pierwsze trafienie w Księżyc, pierwszy lot człowieka, itd.) i decyzja o wysłaniu kobiety w kosmos wpisuje się dokładnie w tę tendencję. Amerykanie byli przecież tuż-tuż, ale jednak ciągle o krok do tyłu. Taka sytuacja trwała aż do marca 1965 roku, kiedy Rosjanie przeprowadzili pierwsze wyjście człowieka w otwartą przestrzeń kosmiczną. Od tego momentu zaczęli ustępować Amerykanom, choć jeszcze czasem udawało się osiągnąć jakieś pierwszeństwo, np. miękkie lądowanie sondy na Księżycu, czy umieszczenie lądownika na powierzchni Wenus.



Walentyna Władimirowna Tierieszkowa

Rosjanie mieli ułatwione zadanie dzięki jawności amerykańskich przygotowań do kosmicznych przedsięwzięć. Znając przybliżony termin działań Amerykanów w kosmosie można było podjąć własną akcję wyprzedzającą. Ale w przypadku Tierieszkowej tak nie było. Amerykańska agencja kosmiczna nie przygotowywała kobiet do lotów kosmicznych aż do lat 80. ubiegłego wieku. Natomiast propaganda radziecka, która chętnie widziała kobiety w roli przodowniczek pracy – w fabrykach, na traktorach itp., mogła ten obraz znakomicie uzupełnić kobietą-bohaterem kosmosu. Na pomysł wysłania kobiety w kosmos wpadł latem 1961 roku generał Nikołaj Kamanin, szef pierwszego oddziału kosmonautów. Pomysł poparły najwyższe władze partyjne i mimo oporu głównego konstruktora Siergieja Korolowa, został zatwierdzony do realizacji. Nabór kandydatek rozpoczął się w roku 1962 – w marcu sformowano oddział 5 kandydatek, które rozpoczęły treningi do lotu na statku kosmicznym Wostok. Były to Żanna Jorkina, Tatiana Kuzniecowa, Walentyna Ponomariowa, Irina Sołowjowa i Walentyna Tierieszkowa. Początkowo planowano powtórzenie grupowego lotu dwóch Wostoków w wersji żeńskiej, jednak ostatecznie zmieniono koncepcję na lot mieszany: pierwszy statek w męskiej obsadzie miał odbyć lot rekordowej długości (8 dni), a drugi – w żeńskiej miał spędzić na orbicie 2-3 dni.

Pod względem przygotowania do lotu, poziom wszystkich kandydatek był podobny, warunki medyczne preferowały Walentynę Ponomariową, ale o wyborze pierwszej kosmonautki świata zadecydowały względy ideologiczne. Tierieszkowa pochodziła z rodziny chłopskiej, jej ojciec zginął w wojnie radziecko-fińskiej 1939/1940 roku, sama była robotnicą w przędzalni bawełny „Krasnyj Pieriekop” w Jarosławiu. Urodziła się 6 marca 1937 roku we wsi Bolszoje Maslennikowo w obwodzie Jarosławskim, po ukończeniu szkoły w 1953 roku podjęła pracę w fabryce opon, jednocześnie kontynuując naukę na kursach wieczorowych. W 1959 roku zapisała się do miejscowego aeroklubu i ćwiczyła skoki spadochronowe. W latach 1955-1960 kształciła się w wieczorowym technikum przemysłu lekkiego, w swoim zakładzie pracy została sekretarzem Komsomołu. Z takim życiorysem była po prostu bezkonkurencyjna. Jej partnerem w grupowym locie został Walery Bykowski, najlżejszy ze wszystkich kosmonautów, dzięki czemu mógł zabrać większą ilość zapasów na planowany rekordowy lot.

Start Wostoka-5 z Bykovskim na pokładzie odbył się 14 czerwca 1963 roku, a dwa dni później z tej samej rampy startowej wyruszył Wostok-6 z Walentyną Tierieszkową. Oba statki znalazły się na podobnych orbitach ok. 180×230 km i nachyleniu 65° , co pozwoliło załogom na

kontakt radiowy w ciągu pierwszych dwóch dni lotu, jednak wzajemne dostrzeżenie się na orbicie nie było możliwe. Tierieszkowa dobrze zniosła start i pierwsze dwie doby lotu, jednak w trzeciej dobie odczuwała wyraźny dyskomfort, wymiotowała i wpadła w apatię. Miała także spore trudności z właściwym zorientowaniem statku, jednak wykonała lot w zaplanowanej długości. Kierownictwo lotu podjęło natomiast decyzję o skróceniu misji Wostoka-5 do pięciu dób. Oba statki wylądowały 19 czerwca w odstępnie 2 godzin 46 minut, pierwsza wylądowała Tierieszkowa po locie trwającym 2 dni 22 godziny i 50 min. Jak każdy pilot Wostoka, katapultowała się na wysokości 7 km i lądowała na spadochronie. Zetknięcie z ziemią było bolesne, bowiem kosmonautka upadła na plecy i silnie uderzyła twarzą o hełm skafandra. Ekipy poszukiwawcze dotarły na miejsce lądowania z opóźnieniem, gdyż informacje o operacji zejścia z orbity Tierieszkowa przekazywała alfabetem Morse'a, natomiast kontrola lotu oczekiwała komunikatu słownego. Po trzech godzinach od lądowania dostrzeżono z samolotu kapsułę Wostoka i zrzuciono na miejsce dwóch skoczków. Zanim Tierieszkowa znalazła się w rękach kosmicznych medyków, zdążyła dokonać korzystnej wymiany z miejscową ludnością: została nakarmiona ziemniakami z cebulą i kumysem, a miejscowym rozdała pokładowe racje żywności, łamiąc obowiązujące procedury. Tubki z „kosmicznymi” potrawami, które wyjątkowo jej nie podchodziły, wieśniacy chętnie zabrali na pamiątkę...

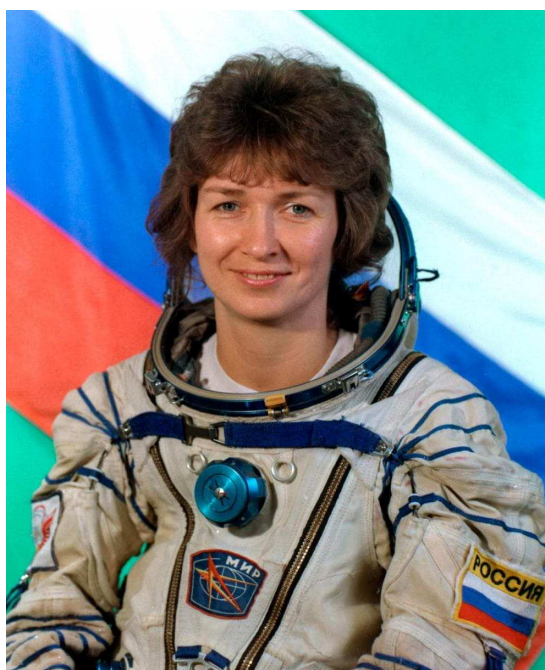
Ogólnie lot pierwszej kobiety okazał się wielkim sukcesem propagandowym ZSRR. Władze partyjne i państwowe postarały się także o „odpowiednie” ułożenie dalszego życiorysu Tierieszkowej. Zaaranżowano małżeństwo z kosmonautą nr 3 Andrianem Nikołajewem (pilot Wostoka-3, a następnie dowódca Sojuza-9), które jednak nie było udane. Para rozwiódła się w 1982 roku, po osiągnięciu przez ich córkę Jelenę pełnoletniości. Tierieszkowa zrobiła też zdumiewającą karierę wojskową i naukową. Do wojska wcielona została już w momencie zakwalifikowania do oddziału kosmonautów, a następnie regularnie awansowano ją aż do stopnia generała-majora (odpowiednik generała brygady) w roku 1995. Stała się pierwszą kobietą z tak wysokim stopniem w armii rosyjskiej. Tierieszkowa studiowała w latach 1964-1969 w Wojskowej Akademii Lotniczej im. Żukowskiego, a w kwietniu 1977 roku uzyskała doktorat.

Pierwsza kosmonautka otrzymała niemal wszystkie możliwe nagrody państwa radzieckiego i najwyższe odznaczenia większości krajów socjalistycznych, w tym Krzyż Grunwaldu I klasy, przyznany jej podczas wizyty w Polsce w październiku 1963 r. Jednak najważniejszą rolę jaką



Tierieszkowa podczas pierwszej wizyty w Polsce
(Łódź, 24 października 1963 roku).

wyznaczyły jej władze, była działalność społeczna, polityczna i pokojowa. Przez 23 lata była deputowaną Rady Najwyższej ZSRR i przewodniczącą Komitetu Kobiet Radzieckich, w 1969 roku została wiceprzewodniczącą Międzynarodowej Demokratycznej Federacji Kobiet i członkiem Światowej Rady Pokoju, w latach 1971-1989 była członkiem Komitetu Centralnego KPZR, obecnie jest deputowaną Dumy Państwowej z ramienia rządzącej partii Jedna Rosja.



Swietłana Jewgienijewna Sawicka (z lewej) oraz
Jelena Władimirowna Kondakowa.

Na kolejny lot kobiety trzeba było czekać niemal 20 lat – Swietłana Sawicka wyruszyła w kosmos 19 sierpnia 1982 roku wraz z dwoma rosyjskimi kosmonautami Leonidem Popowem i Aleksandrem Sieriebrowem. Ta ogromna przerwa świadczy o tym, że casus Tierieszkowej był zrodzony głównie pogonią za priorytetami. Natomiast pojawienie się drugiej kosmonautki można powiązać z faktem, że Amerykanie po uruchomieniu wahadłowców w 1981 roku zaczęli przygotowywać astronautki do lotów. Stwarzało to szansę kolejnego wyprzedzenia ich w tym względzie. Niecały rok po wysłaniu pierwszej Amerykanki Sally Ride 18 czerwca 1983 roku na pokładzie wahadłowca Challenger, Rosjanie wysłali Sawicką ponownie w kosmos (17 lipca 1984 r.) i zgarnęli dwa priorytety na raz: Sawicka została pierwszą kobietą, która odbyła dwa loty kosmiczne i pierwszą kobietą, która wyszła w otwartą przestrzeń kosmiczną (25 lipca 1984 r.). Ten spacer kosmiczny także nieprzypadkowo wypadł przed wyjściem Amerykanki Kathryn Sullivan zaplanowanym w misji STS-41G wahadłowca Challenger (ostatecznie odbył się 12 października 1984 r.). Trzecia Rosjanka Jelena Kondakowa znalazła się na orbicie 31 lat po Tierieszkowej – 3 października 1994 roku. Ona także miała zapewnić rekord kobietom rosyjskim – poprzez odbycie długotrwałej misji kosmicznej. Jej lot zakończył się 22 marca 1995 roku po 169 dniach, 5 godzinach, 21 minutach i 20 sekundach. Nie można już było konkurować z Amerykankami liczbą, gdyż w momencie startu Kondakowej astronautek było 22, można było za to czasem lotu, bowiem amerykańskie misje wahadłowców ograniczone były do 2-3 tygodni.



Sally Ride (z lewej) oraz Kathryn Sullivan.

Jelena Kondakowa była wprawdzie trzecią kosmonautką rosyjską, ale nie była trzecią kobietą wysłaną w kosmos przez Rosjan. Trzy lata wcześniej na pokładzie rosyjskiego statku Sojuz wysłana została Brytyjka Helen Sharman. Jej tygodniowy lot na stację Mir odbył się w dniach 18-16 maja 1991 roku w ramach komercyjnego projektu JUNO – Brytyjczycy wykupili jedno miejsce na rosyjskim statku dla zwycięzcy konkursu – przypadek chciał, że była to akurat kobieta. Rosjanie mogli oczywiście pokierować selekcją brytyjskich kandydatów wg swego uznania – ostatecznie decydujące są wyniki testów medycznych, które przeprowadza rosyjska komisja lekarska. Widocznie ta kandydatura im pasowała, tym bardziej, że Amerykanie również mieli wkrótce wysłać w kosmos przedstawicielkę innego kraju. Stało się to 22 stycznia 1992 roku, kiedy na pokładzie wahadłowca Discovery w misji STS-42 wyruszyła na orbitę Kanadyjka Roberta Bondar. Zapoczątkowana przez Rosjan tradycja była potem kontynuowana przez obie strony: Amerykanie wysłali następnie drugą Kanadyjkę Julie Payette (w 1999 i 2009) i dwie Japonki: Chiaki Mukai (w 1994 i 1998) oraz Naoko Yamazaki (w 2010), natomiast Rosjanie – Francuzkę Claudie Andre-Deshays/Haignere (w 1996 i 2001) i przedstawicielkę Korei Południowej Soyeon Yi (w 2008 roku).

Od połowy lat 90. kosmiczna rywalizacja supermocarstw stopniowo zastępowana była współpracą, co wyrażało się wizytami wahadłowców na rosyjskiej stacji Mir, a potem budową wspólnej stacji orbitalnej. Na pokładzie stacji Mir amerykańscy astronauta zdobywali doświadczenie długotrwałych lotów, nie brakło wśród nich kobiet. Pierwszą z nich była Shannon Lucid, która spędziła na rosyjskiej stacji ponad 180 dni – jej misja, łącznie z dolotem wahadłowcem Atlantis w marcu 1996 i powrotem na Ziemię tymże pojazdem we wrześniu 1996 roku, wyniosła 188 dni 4 godziny i 9 sekund. Pobiła ona w ten sposób rekord Jeleny Kondakowej, jednak czy można go zaliczać do lotów amerykańskich? Wszak większość lotu spędziła na rosyjskiej stacji. Lucid ustanowiła za to kobiecego rekord ilości lotów, jej misja na Mirze była zarazem jej piątym lotem kosmicznym.

Liczba amerykańskich astronautek w ogóle jest spora – wynosi obecnie 57 (wobec 305 mężczyzn), natomiast dla rosyjskich kosmonautek te proporcje są znacznie gorsze 6: 128. A skoro porównujemy mocarstwa kosmiczne, to należy dodać jeszcze Chiny, które od 2003 roku realizują własny program załogowy. W roku 2012 pojawiła się w kosmosie pierwsza taikonautka Liu Yang, a w 2013 – kolejna Wang Yaping. Obie potem zrealizowały półroczne misje na chińskiej stacji Tiangong: Yaping w 2021, Yang w 2022 roku. Pozostają one, jak dotąd, jedynymi kobietami



Shannon Lucid i Liu Yang.

pośród chińskich taikonautów, których ogólna liczba wynosi 20. Warto zwrócić także uwagę na ofiary nieudanych misji kosmicznych, wśród których znalazły się amerykańskie astronautki Judith Resnik (druga Amerykanka w kosmosie), Kalpana Chawla i Laurel Clark. Resnik zginęła w katastrofie wahadłowca Challenger 28 stycznia 1986 roku (wraz nią zginęła nauczycielka Christa McAuliffe będąca pasażerką feralnej misji), natomiast Chawla i Clark zginęły podczas powrotu na Ziemię wahadłowca Columbia 1 lutego 2003 roku. Wcześniej odeszła także pierwsza amerykańska astronautka Sally Ride, która zmarła na raka w 2012 roku w wieku 61 lat.

Jak już wspominaliśmy, amerykańska agencja kosmiczna NASA w początkowej fazie swego programu załogowego nie przewidywała udziału kobiet w lotach, co nie znaczy, że Amerykanki nie dążyły do tego ambitnego celu. Wspierali je w tym dążeniu także niektórzy specjaliści od medycyny lotniczej, jak dr William Lovelace czy gen. Donald Flickinger, członek specjalnej komisji doradczej NASA. Powstała nawet nieoficjalna żeńska grupa *Mercury 13* (w nawiązaniu do oficjalnej męskiej *Mercury 7*) zrzeszająca kandydatki o najwyższych kwalifikacjach – pilotki z nalotem co najmniej 1500 h, 10-letnią praktyką, wykształceniem wyższym, wzrostem poniżej 180 cm i wiekiem poniżej 40 lat. Przewodziła im niezwykle energiczna Geraldyn Cobb, posiadaczka wielu rekordów lotniczych. Trzydzieści nieoficjalnych kandydatek poddało się tym samym surowym testom, którym podlegali członkowie *Mercury 7* z wynikami niejednokrotnie lepszymi od męskich. Niestety, konserwatywne władze

NASA pozostały nieugięte. Natomiast o walce Amerykanek o prawo do zasiadania za sterami statków Mercury dowiedział się gen. Kamanin, gdy w maju 1962 roku odwiedzał USA wraz z Hermanem Titowem, co jeszcze bardziej umocniło go w przekonaniu o konieczności wysłania Rosjanki na pokładzie Wostoka. . .

Ani w programie Mercury, ani Gemini, ani Apollo kobiety nie brały udziału, dopiero program Space Shuttle oferujący pojazdy 7-osobowe i znacznie bardziej komfortowe od poprzedniej generacji statków kosmicznych, pozwolił na rekrutację astronautek. Po dwóch latach eksploatacji wahadłowców znalazło się miejsce dla pierwszych Amerykanek, ale w charakterze specjalistów ładunku lub specjalistów misji. Obsada pilotów i dowódców wahadłowców pozostawała przez długi czas wyłącznie męska, dopiero w lutym 1995 roku po raz pierwszy Eileen Collins powierzono pilotowanie wahadłowca Discovery w misji STS-63. Z tej okazji zaprosiła ona na przylądek Canaveral weteranki z grupy *Mercury 13*. Collins była ponownie pilotem wahadłowca w maju 1997 r., aż wreszcie powierzono jej dowodzenie lotem. Po raz pierwszy kobieta dowodziła misją Columbię w lipcu 1999 roku, a następnie misją Discovery w lipcu/sierpniu 2005 r. Inna astronautka, Susan Still dwukrotnie pilotowała Columbię w roku 1997: STS-83 w kwietniu i STS-94 w lipcu. Trzecią pilotką wahadłowca została Pamela Melroy (w 2000 i 2002 roku), a w październiku/listopadzie 2007 r. powierzono jej dowodzenie misją STS-120 wahadłowca Discovery.

Statystyki wyglądają znacznie korzystniej dla kobiet, jeśli weźmiemy pod uwagę wszystkie loty kosmiczne z ich udziałem. Na 341 lotów załogowych (stan na koniec 2023 r.) kobiety uczestniczyły w 121, a rozpatrując loty samych wahadłowców – 84 ze 134 misji, czyli ponad połowa, odbyła się z ich udziałem. Trzykrotnie aż trzy kobiety na raz brały udział w locie wahadłowca. Po raz pierwszy zdarzyło się to w czerwcu 1991 roku, gdy w misji STS-40 wahadłowca Columbia uczestniczyły Tamara Jernigan, Margaret Seddon i Millie Hughes-Fulford. Podobne sytuacje – oczywiście z innymi astronautkami – miały miejsce w maju 1999 r. (lot STS-93) i w kwietniu 2010 roku (lot STS-131). Swoisty rekord jednoczesnego pobytu kobiet na orbicie wokółziemskiej padł w październiku 2022 roku, gdy na pokładzie ISS przebywały astronautki Jessica Watkins (USA), Samantha Cristoforetti (Włochy, ESA), Nicole Mann (USA) i kosmonautka Anna Kikina, a na stacji Tiangong taikonautka Liu Yang.

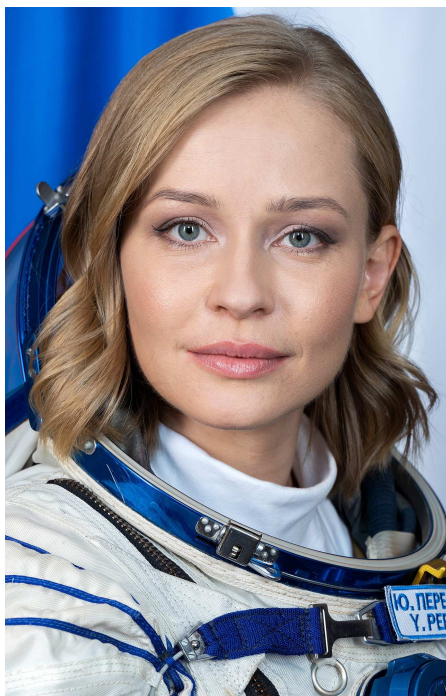
Przy tej okazji warto wspomnieć o rosyjskim, a właściwie jeszcze radzieckim pomysle wysłania całkowicie żeńskiej załogi w statku Sojuz na



Peggy Whitson i Samantha Cristoforetti.

stację Salut-7 w połowie lat 80. Dowódcą załogi miała być Sawicka, a towarzyszyć jej miała inżynier J. Iwanowa i lekarz J. Dobrokwaszyna. Nie został on zrealizowany, podobnie jak lot grupowy dwóch załóg kobiecych w 1963 roku, jedną z przyczyn były kłopoty techniczne na stacji Salut-7, ostatecznie o odwołaniu misji przesądziła ciąża Sawickiej. Rosjanie zdawali sobie sprawę, że korzyści z takiego wątpliwego priorytetu mogły być mniejsze niż ewentualne kłopoty wynikłe w trakcie misji. Tierieszkowa pozostała zatem jedyną kobietą, której na pokładzie statku kosmicznego nie towarzyszyli mężczyźni. Za to w październiku 2021 roku sięgnęli po jeszcze jeden, równie wątpliwy priorytet w lotach kobiecych – wysyłając na stację ISS ... aktorkę. Niejaka Julia Pieriesild spędziła na niej 11 dni uczestnicząc w zdjęciach do filmu *Wyzwanie*, który miał premierę w kwietniu 2023 roku.

O długotrwałych misjach przeprowadzonych przez kobiety już wspominaliśmy przy okazji lotów Kondakowej i Lucid na stacji Mir. Także na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej kobiety regularnie uczestniczą w długotrwałych lotach. W rezultacie astronautki Peggy Whitson (z ogólnym nalotem 675 dni 03 godzin i 50 minut), Samantha Cristoforetti (370d 05h 15m), Shannon Walker (330d 13h 41m), Sunita Williams (321d 17h 15m) i Christina Koch (328d 13h 58m) należą obecnie do czołówki w tej dziedzinie. Koch jest przy tym rekordzistką długości pojedynczego kobiecego lotu. Do swego nalotu w końcu 2024 roku będzie mogła dodać kolejne dziesięć dni, gdy odbędzie się misja Artemis II z oblotem Księżyca w statku Orion. Stanie się wówczas pierwszą kobietą wysłaną poza niską orbitę wokółziemską – dołączy tym samym do elitarnej grupy księżycowych astronautów liczącej obecnie tylko 24 osoby. Natomiast w kolejnej księżycowej misji – Artemis III zaplanowano lądowanie pierwszej kobiety na Srebrnym Globie. Kandydatek do tego



Nowa rosyjska „podniebna miss” Julia Pieriesild
na oficjalnym portrecie Roskosmosu.

historycznego lotu jeszcze nie wybrano i nawet jego oficjalny termin – grudzień 2025 roku – stoi pod dużym znakiem zapytania. O ile statek do misji wokółksiężycowej jest w posiadaniu NASA od 2022 roku, to lądownik księżycowy zaprojektowany przez firmę SpaceX istnieje tylko w rzeczywistości wirtualnej.



Christina Koch

Kepler, Kopernik, Newton

Bogdan Wszolek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Po tym jak w roku 2021 świat prawie przemilczał sprawę 450-tych urodzin Johannesesa Keplera (1571-1630), a w roku 2023 prześcigiwał się w oddawaniu hołdu Mikołajowi Kopernikowi (1473-1543), poczułem się po raz któryś sprowokowany do upomnienia się o Keplera, który w gruncie rzeczy sprawił, że Kopernik nie odpłynął w odmęty zapomnienia, a Newton miał z czego zaistnieć.

Nie jestem pierwszym, który stara się właściwie rozłożyć akcenty nad tytułowymi autorami oświeceniowej rewolucji. Dla wielu przede mną stało się oczywiste, że nie względy religijne czy narodowościowe mają o tych rozkładach akcentów decydować, ale bliższy merytoryczny wgląd w istotę dokonań „gigantów” kulturowego postępu ludzkości. Godną polecenia jest w tym kontekście lektura książki Artura Koestlera *Lunatycy*, z której, nawet mniej wtajemniczeni w tematykę rewolucji naukowej, są w stanie bardzo dużo skorzystać. Tej wspaniałej książce, przeczytanej pierwszy raz dwadzieścia lat temu, zawdzięczam swoje „odrodzenie” w Keplerze, czego jednym z następstw są choćby *Annales Astronomiae Novae*, na łamach których piszę te słowa.

Owen Gingerich z Harvardu, światowej sławy kopernikanista, przeczytał *Lunatyków* wiele lat przede mną i swojej książce *Książka, której nikt nie przeczytał* (mając na myśli *De revolutionibus*) nadał właśnie taki tytuł, jako zaskakujący cytat z książki Koestlera. Gingerich opisuje w swojej książce prowadzone przez siebie wieloletnie badania, oparte na istniejących jeszcze w świecie pierwodrukach *De revolutionibus*, koncentrujące się na próbach ustalenia, kto przeczytał dzieło Kopernika. Wyszło, że faktycznie niewielu i można Koestlerowi z grubsza przyznać rację.

Naturalnie, wartości dzieła naukowego nie mierzy się jego poczytnością (uczeni rzadko sięgają po bestsellery). Przeciwnie, im większe dzieło, tym z reguły mniej znajduje czytelników. Jest pewne, że Kepler wyrósł astronomicznie na wnikliwej lekturze *De revolutionibus*. Idea umiejscowienia Słońca w środku Wszechświata, urzekła Keplera. Podążając za

nią, doszedł Kepler do praw rządzących ruchami planet. Prawa te pozwoliły obliczyć położenia planet na dowolny moment (w przeszłości lub przyszłości). W konfrontacji obliczeń Keplera (Tablice Rudolfińskie) z obserwacjami wyszło, że Keplerowe rachunkowe ustalenia położenia planet na niebie są co najmniej po dziesięćkroć dokładniejsze niż ustalenia wcześniejsze, oparte o geocentryczną teorię Ptolemeusza czy heliocentryczną teorię Kopernika. Był to wymierny argument za heliocentryzmem Keplera.

Kepler wziął od Kopernika przede wszystkim ideę heliocentryczności Wszechświata, którą Kopernik zaczerpnął z lektury traktującej o poglądach Arystarcha z Samos (ok. 310-230 p.n.e.), podczas studiów w Italii. Kepler świetnie znał grecki i łaciński. Mógł teoretycznie sam natrafić w literaturze na poglądy Arystarcha. Wtedy pewnie zrobiłby swoje i bez Kopernika.

Kepler wcześniej zdał sobie sprawę z tego, że teorie Ptolemeusza i Kopernika, mimo ich matematycznej poprawności, mają ewidentnie jakieś braki, bo nie pozwalają dobrze przewidzieć położenia planet dla ustalonej daty. Po prostu nie wytrzymują próby pogodzenia teorii z praktyką, obliczeń z obserwacjami. Kepler bardziej ufał obserwacjom niż teoriom. I miał szczęście połączyć swoje pierwszorzędne sprawności matematyczne z najbardziej precyzyjnymi w ówczesnych czasach obserwacjami położenia planet, uzyskanymi w obserwatorium Tycho de Brahe (1546-1601). Zdolności matematyczne wykorzystał nie dla szukania „dziur” w zastanych teoriach, ale do sprawnego analizy wielkiej ilości danych pomiarowych. Pokazał w konsekwencji, i sobie i światu, którą wiedzie droga do poznania. Matematyka sama w sobie, choć atrakcyjna, nie może wnieść do poznania świata realnego. Obserwacje w astronomii czy eksperymenty fizyczne same w sobie też mają status raczej zabawy niż naukowo-poznawczy. Dopiero umiejętne połączenie matematyki z obserwacjami/eksperymentami daje człowiekowi szansę na przenikanie tajemnic natury. Kepler udowodnił to osobiście, poprzez swoje niepojęte sukcesy poznawcze, i dlatego służy potomnym jako wspaniały przykład do naśladowania.

System heliocentryczny Keplera nie jest jakimś jeszcze jednym wymyślonym modelem, na wzór systemów Ptolemeusza, Kopernika czy Tycho de Brahe, ale jest systemem wyprowadzonym bezpośrednio z obserwacji.

Kopernika trwale uwiarygodnił przed światem i uchronił od zapomnienia przede wszystkim Kepler, głównie w swoim dziele *Epitome Astronomiae Copernicanae*, w którym wyraził swój zachwyt Kopernikiem i dogłębnie uwypuklił jego zasługi dla astronomii. Artykuły Eugeniusza

Rybki, opublikowane m.in. w książce *Towards Mysteries of the Cosmos with Johannes Kepler*, dobrze o tym świadczą. Równoległe w czasie, Galileuszowe próby przekonania świata do teorii Kopernika miały wydźwięk bardziej retoryczny, niż merytoryczny. Jako takie, nie miały na dłuższą metę szans na powodzenie. Heliocentryzm Kopernika nie był bowiem do udowodnienia. Jakościowy heliocentryzm Arystarcha, miał w gruncie rzeczy przewagę nad matematycznym heliocentryzmem Kopernika. Dokonania Keplera uwiarygodniły Arystarcha, a w ślad za nim również Kopernika i Galileusza.

Dzisiejsza wiedza na temat Wszechświata szereguje teorie geocentryczne i heliocentryczne w kategorii dziecięcych wyobrażeń o świecie i każe je odłożyć do świata bajek. Jednak prawa Keplera dotyczące planet (ale nie tylko te) mają charakter ponadczasowy i obowiązują w całym Wszechświecie.

Dzieła Keplera, w odróżnieniu od *De revolutionibus* Kopernika, tak w przeszłości jak i współcześnie, są tłumaczone na języki nowożytne i wciąż uważnie czytane. Czytają je historycy nauki, filozofowie przyrody i astronomowie. Wszyscy pochylają się ze zdziwieniem nad cudownym genuszem Keplera, jego dokonaniem, przemyśleniami i sposobem dochodzenia prawd o przyrodzie. Jednakowoż, dzieła Keplera są wymagające wobec czytelnika. Kepler, „kapłan Boga najwyższego w zakresie interpretacji księgi natury” – jak myślał o sobie i innych astronomach, znał swoje miejsce w hierarchii i „ministrantów” nie wyręczał. Znaczył szlak, a jego deptanie pozostawiał innym. Dobrą ilustracją tej postawy jest choćby podejście Keplera do zagadnienia siły powszechnego ciężenia, jak ją dziś nazywamy. Na wyprowadzanie tej siły ze swoich praw nie trwonił już czasu, zostawił rzecz „studentom”, sam zaś łamał sobie głowę nad jej naturalną istotą.

Jednym z pierwszych zdolnych „studentów” Keplera był młody kapłan angielski, Jeremiah Horrocks (1618-1641), edukowany przez uniwersytet w Cambridge, dziś traktowany jako ojciec astronomii brytyjskiej. W młodzieńczym zachwycie nad osiągnięciami Keplera, posługując się jego prawami ruchu planet oraz Tablicami Rudolfskimi, wykazał, że Księżyc okrąża Ziemię po orbicie eliptycznej. Nadto, idąc za opisanymi przewidywaniami Keplera, w temacie możliwości dokładnego przewidywania i obserwacji tranzytów Merkurego i Wenus na tle Słońca, jako pierwszy w świecie dokonał obserwacji tranzytu Wenus (4 grudnia, 1639), posiłkując się obliczoną osobiście (w oparciu o prawa Keplera) efemerydą zjawiska. Ta obserwacja tranzytu Wenus, jak też dalsze w następnych wiekach, pozwoliły ustalić wartość jednostki astronomicznej, która wcześniej była nieznaną. Okazało się z tych obserwacji, że

Wszechświat (w tamtych czasach ograniczony orbitą Saturna) jest rzędu 20 razy większy, niż wcześniej przyjmowano. Dzisiaj obserwuje się już tranzyty egzoplanet na tle ich macierzystych gwiazd. Teleskop kosmiczny *Kepler* dostarczył w ostatnich latach wielu obserwacji tranzytów egzoplanet, a prawa Keplera pozwalają określać ich odległości od macierzystych gwiazd.

Trudno tu nie wspomnieć drugiego angielskiego zdolnego „studenta”, który ze zrozumieniem czytał dzieła Keplera, oraz wielu innych uczonych tamtych czasów, i dokonał bardzo pożytecznego dla przyszłych pokoleń uporządkowania zastanej i rozwijanej w jego czasach wiedzy, niejednokrotnie wprowadzając, przy okazji tego porządkowania, również swoje udoskonalenia. Chodzi oczywiście o Izaaka Newtona (1643-1727), który zyskał sobie w świecie uznanie jako autor *Principiów* (Matematycznych zasad filozofii przyrody), wydanych w 1687 roku. Lektura tego wartościowego dzieła (od 2011 roku łatwiejsza dla Polaków, bo przetłumaczona wreszcie na język polski) odsłania m. in., że Newton dokładnie wczytał się w treści merytoryczne dzieł Keplera i przeniósł je do *Principiów*. W szczególności z praw Keplera wyprowadził słynny wzór na siłę powszechnego ciężenia.

W podsumowaniu powyższych dywagacji, wywiedzionych z całokształtu mojej wiedzy na temat odrodzeniowej „rewolucji naukowej”, chciałbym zaapelować do współczesnych luminarzy nauki, żeby w swoich przekazach wykazywali więcej troski o właściwy rozkład akcentów uznania dla pionierów rewolucji oświeceniowej. Bo gdy komuś zdarzy się, w kontekście nawiązywania do „przewrotu kopernikańskiego”, nie wspomnieć o dokonaniach Keplera, to zdradza tym samym, że o tym przewrocie praktycznie nic nie wie.

Polecana literatura

- [1] Artur Koestler, 2002, *Lunacy*, Wyd. Zysk i S-ka, Poznań
- [2] Owen Gingerich, 2004, *Książka, której nikt nie przeczytał*, Wyd. Amber
- [3] Eugeniusz Rybka, 2021, *Artykuły w Towards Mysteries of the Cosmos with Johannes Kepler*, Wyd. Astronomia Nova, Kraków (dostępna wersja elektroniczna pod linkiem <http://www.oa.uj.edu.pl/pbl/index.html>)
- [4] Johannes Kepler, 1995, *Epitome of Copernican Astronomy*, Wyd. Prometheus Books, New York
- [5] Isaac Newton, 2011, *Matematyczne zasady filozofii przyrody (Principia)*, Wyd. Copernicus Center Press, Kraków

Część trzecia

(naukowa)



Jan Czerniawski

Czas kosmiczny a upływ czasu

Jan Czerniawski

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Filozofii

Według określenia w „Fizyce” Arystotelesa, czas jest „ilością ruchu ze względu na ‘przed’ i ‘po’¹. To na pierwszy rzut oka nieco koślawe określenie znamionuje niezwykle przenikliwość, gdyż, jak się okaże, dwie ważne konkurencyjne koncepcje natury czasu kładą nacisk na dwa różne jego aspekty, które tu występują razem – mianowicie, z jednej strony, na jego aspekt ilościowy, z drugiej zaś, na aspekt następstwa, czy też porządku. Co więcej, zaznacza specyfikę tego następstwa, wyrażającą się w sformułowaniu „‘przed’ i ‘po’ ”.

Ten ostatni aspekt poddał refleksji św. Augustyn, który zauważył, że „przeszłości już nie ma, a przyszłości jeszcze nie ma”, natomiast „teraźniejszość jest czasem tylko dlatego, że odchodzi w przeszłość”², a ponadto, jak dowodzi, „teraźniejszość nie ma żadnej rozciągłości”³, czyli jest czasowo punktowa. Chodzi tu o przemijanie, określane też jako upływ czasu. Ten aspekt czasu długo był traktowany jako coś oczywistego. Jego realność została jednak zakwestionowana w kontekście szczególnej teorii względności.

Z drugiej strony, perspektywę na jego restytucję może wydawać się stwarzać ogólna teoria względności, a ściślej: kosmologia relatywistyczna, w ramach której mowa jest o tzw. czasie kosmicznym. Spróbujmy przyjrzeć się tej perspektywie. Wcześniej jednak właściwe będzie zapoznać się z ewolucją wyobrażeń na temat natury czasu w kontekście rozwoju fizyki, który doprowadził do wypracowania tego pojęcia.

W „Scholium” do rozdziału „Principiów” z definicjami Newton najpierw deklaruje, że nie zamierza definiować czasu, przestrzeni ani ruchu, jako pojęć „wszystkim dobrze znanych”; następnie deklaruje konieczność odróżnienia m.in. czasu absolutnego od względnego; w końcu zaś

¹[1], s. 107 (219b).

²[2], s. 283.

³[2], s. 286.

na temat tych dwóch pojęć czasu stwierdza:

„Absolutny, prawdziwy i matematyczny czas sam z siebie i ze swej natury płynie równomiernie, bez odniesienia do czegokolwiek zewnętrznego i inaczej zwie się trwaniem. Względny, pozorny i potocznie rozumiany czas jest pewną zmysłowo postrzegalną, zewnętrzną (czy to dokładną, czy nierównomierną) miarą trwania za pomocą ruchu (...)”⁴

Powyższe sformułowanie sugeruje, że czas absolutny ma inną naturę niż względny, gdyż ma być tym, czego jedynie miarą jest ten drugi. To jednak koliduje z innym sformułowaniem:

„W astronomii czas absolutny jest odróżniany od czasu względnego przez wyrównanie lub korektę czasu potocznie rozumianego.”⁵

Łatwo zauważyć, że wynikiem korekty miary może być tylko inna, skorygowana miara. Albo więc Newton popełnił tu niekonsekwencję, albo utożsamiał trwanie z jego (ostatecznie) skorygowaną, doskonałą miarą. Tak czy inaczej, trafniej byłoby ująć czas absolutny jako nie tyle samo trwanie, co raczej jako taką doskonałą miarę, ewentualnie kontrastując ją z miarami niedoskonałymi, jakimi miałyby być różne czasy względne.

Czy jednak słowo „miara” jest tu na miejscu? Zanim się tym zajmemy, warto przyjrzeć się występującemu w sformułowaniach dotyczących czasu przymiotnikowi „zewnętrzny”. W jakim sensie czas absolutny płynie „bez odniesienia do czegokolwiek zewnętrznego”, a czas względny jest „zewnętrzną” miarą trwania? Dosłowne rozumienie tego określenia oznaczałoby, że chodzi o coś pozaczasowego. Skoro jednak środkiem do określenia tej miary jest ruch, który przecież przebiega w czasie, to musi chodzić o zewnętrżność rozumianą inaczej: mianowicie o brak przynależności do natury samego czasu. Czas absolutny jest określony sam w sobie, bez odniesienia do czegokolwiek rozgrywającego się w czasie – w szczególności, do procesu jego pomiaru. Skądinąd warto zauważyć, że takie jego rozumienie zbieżne jest z ujęciem św. Augustyna, który wyraźnie zdystansował się od sugerowanej przez ujęcie Arystotelesa wtórności czasu względem ruchu⁶.

Aby przyjrzeć się kwestii adekwatności występującego w rozważanych sformułowaniach określenia „miara”, warto koncepcję Newtona

⁴Por. [3] s. 190 i [4] s. 87. Tu i w dalszym ciągu przekłady cytatów są wynikiem kompilacji i korekty odpowiednich sformułowań z tych dwóch źródeł, w konfrontacji z klasycznym przekładem angielskim [5] i oryginałem łacińskim [6].

⁵Por. [3] s. 192 i [4] s. 89.

⁶[2], s. 293-294.

skonfrontować z konkurencyjną koncepcją przedstawioną przez Leibniza. W trakcie sporu z Clarke’iem określił on czas jako „porządek następstwa [rzeczy]”⁷. Oczywiście jednak chodzi nie tyle o rzeczy, lecz o zdarzenia, bądź stany rzeczy, bo to one przecież następują po sobie w czasie. Ponadto, w kontekście analogicznego sformułowania dotyczącego przestrzeni („porządek współistnienia”), nie chodzi o porządek następstwa konkretnych zdarzeń lub stanów rzeczy, lecz o porządek „z punktu widzenia możliwości”, którego każdy taki konkretny porządek jest szczególną realizacją. Bez tego zastrzeżenia można byłoby odnieść wrażenie, że ta koncepcja czasu wprost realizuje wtórność czasu względem może nie tyle ruchu, co raczej ogólniej rozumianej zmiany, stanowiącej sekwencję zdarzeń lub stanów rzeczy.

Clarke, zapewne w imieniu Newtona, poddał to określenie, jak również analogiczne określenie dotyczące przestrzeni, druzgocącej krytyce. Zauważył mianowicie, że „przestrzeń i czas są ilościami, położenie zaś i porządek nimi nie są”⁸. Z drugiej strony jednak, czy przestrzeń i czas są TYLKO ilościami? Stwierdzając coś takiego, w przypadku czasu gubi się przecież aspekt, na którym skupił się Leibniz. Wydaje się więc, że oba określenia są jednostronne i przydałoby się poszukać innego, które pozwalałoby tej jednostronności uniknąć.

Czym właściwie jest porządek? Jest to szczególny przypadek struktury relacyjnej, zadanej przez określenie na pewnym zbiorze relacji następstwa o pewnych szczególnych własnościach. W przypadku czasu chodzi o relację, w którą dwa zdarzenia (lub stany rzeczy) wchodzi, jeśli jedno jest wcześniej, a drugie później. Jak widać jednak, jest to relacja nie zawierająca żadnego określenia ilościowego. Czas więc nie jest TYLKO porządkiem.

Pamiętamy jednak, że pojęciem nadrzędnym jest struktura relacyjna, a w strukturze relacyjnej mogą wystąpić relacje określone ilościowo. Gdyby więc Leibniz chciał minimalnie skorygować swoje określenie czasu tak, by uniknąć przytoczonego zarzutu, można byłoby mu podpowiedzieć, by czas określił jako strukturę relacyjną procesu, na który składają się następujące po sobie zdarzenia (czy też stany rzeczy). Leibniz zresztą, który nie dysponował tym nadrzędnym pojęciem, był całkiem blisko takiego rozwiązania, gdy stwierdził:

⁷[7], s. 336.

⁸[7], s. 343.

„Co się zaś tyczy zarzutu, że przestrzeń i czas są to ilości, albo raczej rzeczy wyposażone w ilość, a że porządek i położenie takie nie są, odpowiadam, że porządek także ma swą ilość, jest bowiem to, co poprzedza, i to, co następuje, jest odległość, czyli odstęp.”⁹

Struktura relacyjna obejmująca zarazem relację następstwa czasowego i relacje określone ilościowo jest więc z jednej strony porządkiem, na co kładzie nacisk Leibniz, a z drugiej ma aspekt ilościowy, co z kolei podkreśla Clarke. W świetle powyższego cytatu można domniemywać, że Leibniz zaakceptowałby taką korektę swojego stanowiska. Czy jednak tak skorygowana relacyjna koncepcja czasu mogłaby zarazem stanowić akceptowalną korektę poglądu Newtona?

Aby na to pytanie odpowiedzieć, należy przyjrzeć się konkurencyjnym koncepcjom przestrzeni. Czym właściwie różni się koncepcja przestrzeni absolutnej od relacyjnej koncepcji przestrzeni Leibniza, który określił przestrzeń jako „porządek współistnienia”¹⁰? Oczywiście określenia „porządek” nie należy rozumieć w ścisłym matematycznym sensie, lecz chodzi raczej o pewnego rodzaju wzajemne ułożenie, czyli znów o pewną strukturę relacyjną. W tak rozumianej przestrzeni jednak nie jest określone ważne dla Newtona pojęcie absolutnego miejsca, lecz jedynie względne miejsca, określone w różnych układach odniesienia.

Minimalna korekta przestrzeni relacyjnej prowadząca do przestrzeni absolutnej polegałaby więc na uzupełnieniu tej struktury relacyjnej właśnie o absolutne, tj. nierelacyjne, własności lokalizacji przestrzennej, czyli znajdowania się w absolutnych miejscach. Oznacza to, że przestrzeń absolutna jest strukturą, ale nie jest to struktura relacyjna, bo oprócz relacji, obejmuje ona takie absolutne własności. Analogicznie, absolutny czas nie jest strukturą relacyjną, bo oprócz relacji czasowych, obejmuje absolutne własności czasowe.

O jakie własności chodzi? Zdarzenia, czy stany rzeczy, można podzielić przede wszystkim na przeszłe, teraźniejsze i przyszłe, więc chodziłoby m.in. o absolutne własności bycia teraźniejszym, bycia przeszłym i bycia przyszłym. Można je odróżnić od relacyjnych własności bycia teraźniejszym, przeszłym i przyszłym względem pewnego zdarzenia lub stanu rzeczy odniesienia, definiowalne odpowiednio przez relacje równoczesności lub następstwa czasowego. Minimalnym uzupełnieniem relacyjnego czasu jest więc wzbogacenie go o własność absolutnej teraźniejszości, bo

⁹[7], s. 391-392.

¹⁰[7], s. 336.

pozostałe absolutne własności czasowe można zdefiniować jako pokrywające się z odpowiednimi własnościami relacyjnymi względem zdarzeń lub stanów rzeczy absolutnie teraźniejszych.

Czy jednak absolutne własności czasowe są do czegokolwiek potrzebne? Warto zauważyć, że mają one charakter A-własności, określające A-sekwencje, o których pisał McTaggart¹¹, traktując ich obecność jako kryterium realności czasu. Obecnie uważa się, że to wymaganie było na wyrost, a obecność A-własności jest kryterium realności nie tyle czasu, co jego upływu. Upływ czasu sprowadza się bowiem do stawania się zdarzeń lub stanów rzeczy, polegającego na tym, że zdarzenia, bądź stany rzeczy, które były przyszłe, kolejno stają się teraźniejsze, by następnie stać się przeszłe. Aby zaś zdarzenie mogło stać się teraźniejsze lub przeszłe, absolutne własności bycia teraźniejszym czy przeszłym muszą być określone.

Intencją McTaggarta było wykazanie, że czas rozumiany jako z samej swej istoty płynący nie jest realny; jeśli jednak cokolwiek wykazał, to co najwyżej nierealność A-własności, a tym samym upływu czasu. Abstrahując od kwestii, czy mu się to udało¹², można próbować wzmocnić ten wniosek, odwołując się do teorii względności. Według jej ortodoksyjnej interpretacji, sformułowanej przez Minkowskiego, czas jest tylko jednym, aczkolwiek wyróżnionym, z wymiarów czterowymiarowej czasoprzestrzeni, który nie bardziej płynie, niż wymiary przestrzenne, a światem jest czterowymiarowy blok zbudowany ze zdarzeń, które nie zdarzają się, lecz współistnieją aczasowo, zaś różnica między przeszłością i przyszłością a teraźniejszością jest tylko względna, zależna od perspektywy obserwatora.

Zwolennicy tej interpretacji powołują się na zasadę względności w kontekście konsekwencji teorii względności, jaką jest względność równoczesności. Aby czas mógł płynąć, musi być możliwy podział („foliacja”) czasoprzestrzeni na trójwymiarowe hiperpowierzchnie zdarzeń, które kolejno wspólnie stawałyby się teraźniejsze, a tym samym aktualne, czy też realne, w odróżnieniu od zdarzeń przeszłych i przyszłych, które takiego statusu już nie, bądź jeszcze nie posiadają. Taką hiperpowierzchnię wyznacza relacja równoczesności, która jednak zależy od układu odniesienia, w którym jest określona. Jeśli więc zasadę względności rozumieć jako wykluczającą istnienie uprzywilejowanych (co najmniej lokalnych)

¹¹[8], s. 458.

¹²Por. [9], s. 229.

inercjalnych układów odniesienia, czy też operujących w nich obserwatorów, to jeśli aktualne, bądź realne, jest pewne zdarzenie, dla dowolnego innego zdarzenia istnieje sekwencja zdarzeń rozpoczynająca się tym pierwszym, a kończąca tym drugim, w której każde dwa kolejne są równoczesne w jakimś układzie inercjalnym, a zatem współaktualne, bądź współrealne, co oznacza, że kończące sekwencję zdarzenie również jest aktualne (realne)¹³. Oznacza to, że jeśli jedno zdarzenie ma taki wyróżniony status, to mają go wszystkie inne, więc nie mogą go nabywać (stawać się).

Czy jednak wniosek ten jest uzasadniony? Kluczowa jest interpretacja zasady względności, na której się opiera. Faktycznie nie stwierdza ona, że nie ma uprzywilejowanych obserwatorów (inercjalnych), lecz jedynie, że wszystkie zjawiska fizyczne przebiegają jednakowo we wszystkich układach inercjalnych¹⁴. Oznacza to, że wśród obserwatorów inercjalnych nie ma uprzywilejowanych fizycznie, tj. ze względu na opis zjawisk fizycznych. Nie wynika stąd jednak, że nie ma wśród nich obserwatorów uprzywilejowanych pod jakimś innym, fundamentalnym względem.

Współaktualność jest pewną relacją absolutną w tym sensie, że niezależną od układu odniesienia. Wchodzą w nią, w szczególności, zdarzenia w absolutnym sensie teraźniejsze, jak również jakiegokolwiek zdarzenia, które były lub będą absolutnie teraźniejsze razem. Faktycznie więc jest to pewna relacja absolutnej równoczesności, którą można nazwać równoczesnością ontologiczną¹⁵. Skoro zaś określona na podstawie pomiarów równoczesność fizyczna jest względna, tj. różna w różnych układach odniesienia, to nie może w każdym układzie pokrywać się z równoczesnością ontologiczną. Tym samym co najmniej lokalna zgodność równoczesności fizycznej w danym układzie z równoczesnością ontologiczną wyróżnia wśród lokalnych układów inercjalnych te, w których taka zgodność zachodzi, nadając im w ten sposób uprzywilejowany status. Z właściwie rozumianej zasady względności wykluczenie uprzywilejowania na tej podstawie pewnych układów inercjalnych w żaden sposób nie wynika, a gdyby próbować je wywieść z jakiegoś mocniejszego rozumienia tej zasady, to taki wywód byłby obarczony błędem *petitio principii*¹⁶.

¹³[10], s. 53; [11], s. 109.

¹⁴[12], s. 66.

¹⁵[9], s. 213.

¹⁶[9], s. 231.

Co więcej, tezę, że nie ma uprzywilejowanych obserwatorów, można podtrzymywać tylko w ramach szczególnej teorii względności, która opisuje świat bez grawitacji. Inaczej rzecz się ma w ramach opartej na ogólnej teorii względności kosmologii relatywistycznej, gdzie w standardowych modelach kosmologicznych wyróżniony status mają tzw. obserwatorzy fundamentalni. Co więcej, jest w nich określony tzw. czas kosmiczny, który jest wspólnym, globalnym czasem obserwatorów fundamentalnych¹⁷.

Kuszące mogłoby wydać się utożsamienie równoczesności w sensie czasu kosmicznego z równoczesnością ontologiczną. O tym, że to utożsamienie byłoby ryzykowne, można się przekonać na przykładzie tzw. modelu Milne'a¹⁸. Jest to model bez grawitacji, w którym obserwatorzy fundamentalni związani są z produktami zlokalizowanego przestrzenie wybuchu, rozprzestrzeniającymi się od punktu wybuchu z różnymi prędkościami mniejszymi od prędkości światła. W modelu można określić zarówno czas w pewnym układzie inercyjnym, jak też różny od niego globalny czas wspólny dla obserwatorów inercyjnych. Ponieważ czas własny poszczególnych obserwatorów fundamentalnych, w związku z efektem dylatacji czasu, zależy od prędkości produktów wybuchu, z którymi są związani, trudno zakładać, że identyczne wskazania ich zegarów są ontologicznie równoczesne, tzn. że zdarzenia polegające na ich identycznych wskazaniach stają się razem¹⁹.

Ontologicznie równoczesne są raczej ich wskazania równoczesne w tym układzie inercyjnym, w którym obserwatorzy fundamentalni oddalają się od punktu wybuchu. Oczywiście standardowe modele kosmologiczne, w odróżnieniu od modelu Milne'a, są modelami z grawitacją. Wydaje się jednak, że również w nich równoczesność ontologiczna może nie pokrywać się z równoczesnością w sensie czasu kosmicznego. Nie widać bowiem powodu, dla którego włączenie grawitacji miałyby zawsze skutkować ich pokrywaniem się.

Tym niemniej, samo istnienie w modelu czasu kosmicznego jest warunkiem wystarczającym możliwości upływu czasu. Skoro bowiem taki czas jest w nim określony, to czasoprzestrzeń tego modelu jest stabilnie kauzalna²⁰, co oznacza, że globalny czas absolutny, w którym równoczesność pokrywałaby się z równoczesnością ontologiczną, może w nim być określony. Czy pokrywa się ona z równoczesnością w sensie czasu

¹⁷[9], s. 219.

¹⁸[13], s. 204-207.

¹⁹[9], s. 219.

²⁰[14], s. 376-377; por. [9], s. 220.

kosmicznego, jest sprawą drugorzędną. Z drugiej strony zaś, jest to warunek wystarczający możliwości upływu czasu, ale nie samego upływu, bo do pomyślenia jest model z globalnym czasem, w którym czas nie płynie. Taki model bez płynącego czasu jednak zasadne byłoby nazwać aczasowym.

Literatura

- [1] Arystoteles, „Fizyka”, tłum. K. Leśniak, w: tenże, *Dzieła wszystkie*, t. 2, PWN, Warszawa 1990.
- [2] Augustyn św., *Wyznania*, tłum. Z. Kubiak, wyd. 3 poprawione, Pax, Warszawa 1987.
- [3] I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, tłum. J. Wawrzycki, Copernicus Center Press, Kraków 2011.
- [4] I. Newton, *Matematyczne zasady filozofii naturalnej*, tłum. S. Brzezowski, Copernicus Center Press, Kraków 2015.
- [5] I. Newton, *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, transl. A. Motte, Adee, New York 1846.
- [6] I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, wyd. 3, Guil. & Joh. Innys, London 1726.
- [7] G.W. Leibniz i S. Clarke, „Polemika z Clarke’iem”, w: G.W. Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa. . .*, PWN, Warszawa 1969.
- [8] J.E. McTaggart, „The unreality of time”, *Mind* 17 (1908), 457-474.
- [9] J. Czerniawski, *Ruch, przestrzeń, czas*, Wyd. UJ, Kraków 2009.
- [10] J. Czerniawski, „Nowa formalizacja dowodu Putnama, że czas nie płynie”, *Filozofia Nauki* 22/1 (2014), 45-57.
- [11] J. Czerniawski, „Time and physical geometry: a formalization of Putnam’s proof”, *Logic and Logical Philosophy* 29 (2020), 97-114.
- [12] W. Kopczyński i A. Trautman, *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, PWN, Warszawa 1981.
- [13] W. Rindler, *Essential Relativity*, wyd. 2, Springer, New York 1977.
- [14] M. Heller, „Czas i historia”, w: tenże, *Filozofia i Wszechświat*, Universitas, Kraków 2006.

Beauty is S-shaped – on an interesting class of radio galaxies

Marek Jamrozy

Astronomical Observatory of the Jagiellonian University

Introduction

The S-shaped curved line (also known as the serpentine line) is called the line of beauty in a theory of art and aesthetics proposed by the 18th century artist and writer William Hogarth. In his book “Analysis of Beauty” (1753), which contains theories of visual beauty and grace, he argues that S-shaped curves signify vitality and activity and attract the viewer’s attention.



FIGURE 1. A decorative letter S from the *Balthasar Behem Codex*, also known as the *Codex Picturatus*. It was compiled in 1505, and is now held in the Jagiellonian Library in Kraków.

A serpentine shape is a curved shape that resembles a winding snake (from Latin *serpens*). Serpentine shapes are found all around us and are common in nature, architecture, infrastructure, and human design in general. The serpentine curve was described by Isaac Newton and further studied by L'Hôpital and Huygens. Its equation is of the form $y = abx/(a^2 + x^2)$. This function has an inflection point at the origin, local extrema at $x = \pm a$, with a maximum (minimum) value of $y = b/2$ ($y = -b/2$).

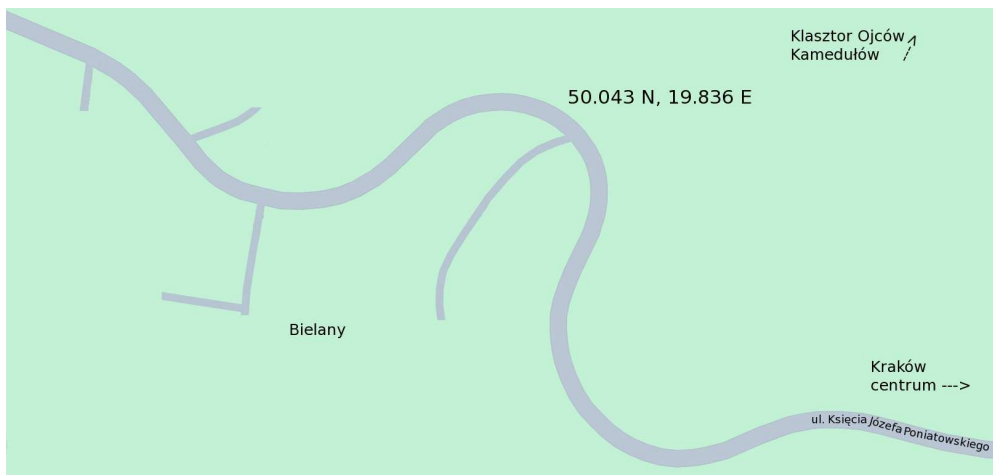


FIGURE 2. A serpentine on the Księcia Józefa Poniatowskiego Street in Kraków, near the Astronomical Observatory of the Jagiellonian University.

S-shaped radio galaxies

S-shapes can also be found among astronomical objects. In particular, I would like to briefly describe a certain class of extragalactic radio sources.

Radio galaxies have been known for seven decades (e.g. Cygnus A was identified with an optical galaxy by Baade and Minkowski in 1954). The generally accepted mechanism for the formation of an extragalactic radio source involves a rotating supermassive black hole (SMBH) surrounded by a disk of accreting matter. From these relatively small objects, called active galactic nuclei (AGNs), matter, energy, and magnetic field can be transferred in the form of narrow relativistic jets of charged plasma to very large distances, well beyond the size of a given galaxy. However, our knowledge of radio galaxies – these giant cosmic accelerators – has changed considerably in recent years. Most of them have axial symmetry, but some are very distorted. These peculiar sources, known as S-shaped, appear to have a more dynamic and complicated

configuration of the central AGN. A number of possible models have been proposed to explain changes in the direction of jet propagation, including a continuous reorientation of the jets due to the presence of another SMBH companion(s) and/or due to a surrounding massive tilted accretion disk. It is their gravitational interaction that causes the SMBH to wobble, and the matter outflows become twisted instead of straight. Indeed, precessing jet models can be used to fit seemingly more complex image maps of a number of extended radio sources (e.g. Sebastian et al. 2024). Both models predicted that there should be a tendency for the brighter sources to have the shorter precession periods, but the predicted precession period-luminosity relationships in each model were quantitatively different. While the idea of a binary SMBH is indeed interesting and has been applied in recent years to extragalactic sources with precessing jets, the scenario of a single SMBH surrounded by an accretion disk seems simpler and more widely applicable to AGNs. Nevertheless, only a few S-shaped radio sources have been observed and well studied. Four examples of S-shaped radio galaxies are shown in Figures 3-6.

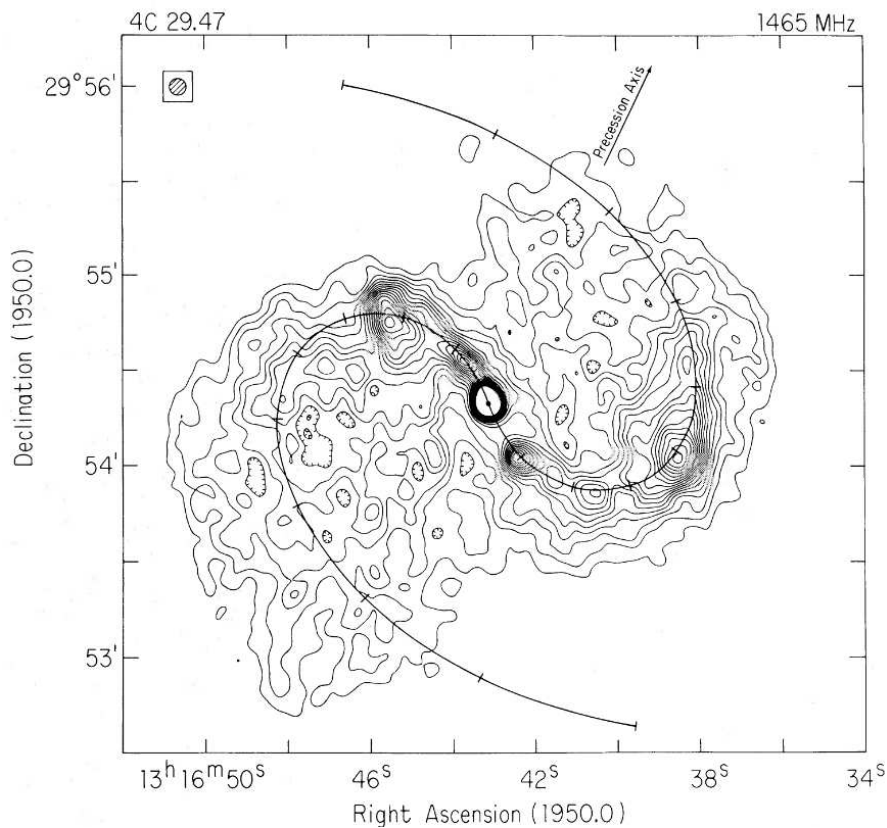


FIGURE 3. The S-shaped radio galaxy 4C29.47 (Condon & Mitchel 1984).

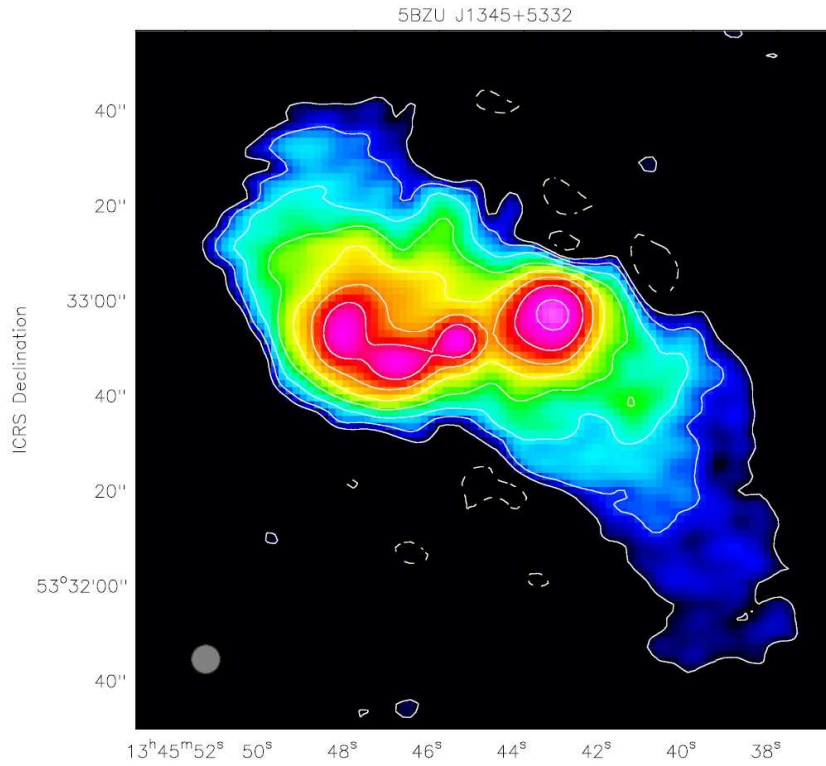


FIGURE 4. Low-frequency radio map of the S-shaped blazar 5BZU J1345+5332 (Pajdosz-Śmierciak, et al., 2022).

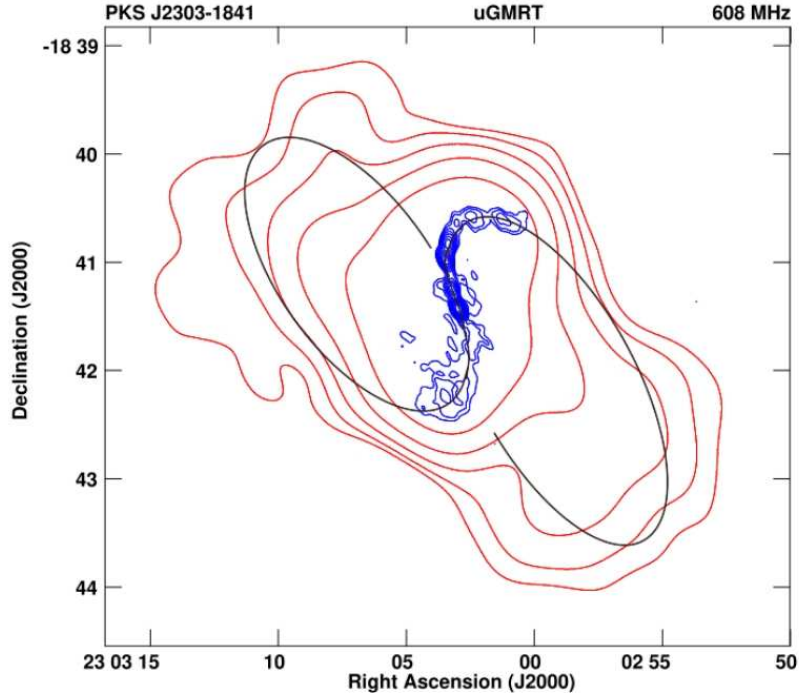


FIGURE 5. 608 MHz uGMRT map of the radio quasar PKS J2303–1841 (taken from Misra et al. 2022). Blue: original map at $6'' \times 4''$ resolution. Red: tapered map with a resolution of $50'' \times 38''$. The solid black line represents the plasma distribution predicted by the precessing jet model of Hunstead et al. (1984).

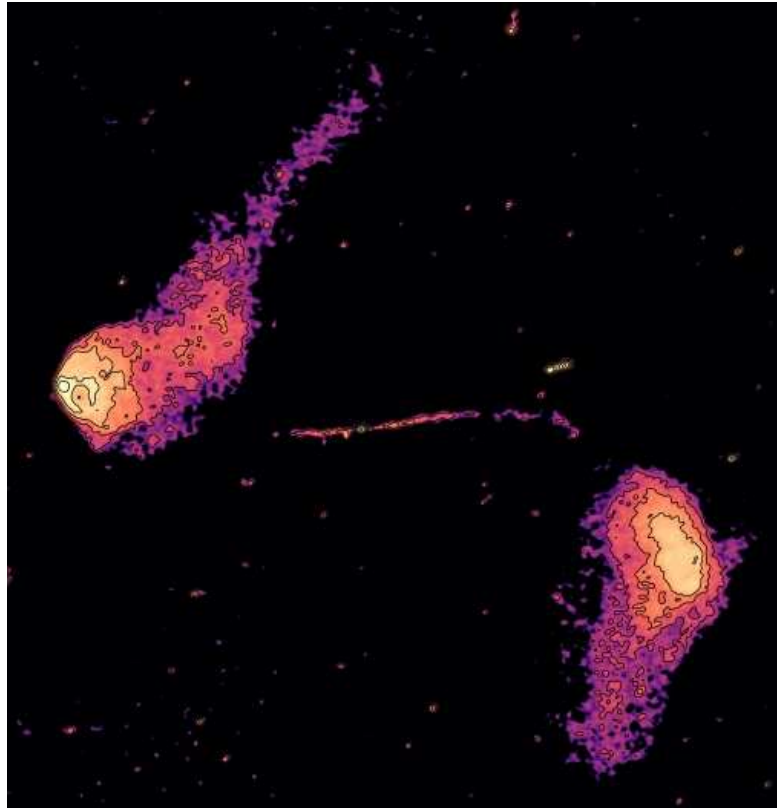


FIGURE 6. An S-shaped giant radio galaxy (taken from Sethi et al. 2024). The image shows the 525 MHz uGMRT map.

The analysis of distorted S-shaped radio galaxies can lead to a better understanding of the formation and growth of SMBHs, as well as the evolution of AGNs. However, theoretical models need to be constrained by sufficient observational evidence from a large sample study of homogeneous radio data. With an increasing number of radio interferometers (e.g. the Australian Square Kilometre Array Pathfinder – ASKAP, the LOw Frequency Array – LOFAR, MeerKAT Radio Telescope, the upgraded Giant Metrewave Radio Telescope – uGMRT) and new, deep and high-resolution surveys, radio galaxies with some form of jet axis rotation are now increasingly being discovered and attracting attention of researchers.

Acknowledgements. Thanks to Urszula Pajdosz-Śmierciak, Arpita Misra and Sagar Sethi for the beautiful maps of S-shaped radio galaxies they prepared. MJ studies radio galaxies as part of the project entitled “Dynamical evolution of radio galaxies – probing the past of a central supermassive black hole through analysis of associated large-scale radio emission” funded by a grant from the National Science Center UMO-2018/29/B/ST9/01793.

References

- [1] Baade W., Minkowski R., 1954, ApJ, 119, 206
- [2] Behem B., *The Balthasar Behem Codex*, 1505, Kraków
<https://jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/publication/300330/edition/287325/content>
- [3] Sebastian B., Caproni A., Kharb P., et al., 2024, MNRAS in press, (arXiv:2402.1252)
- [4] Condon J. J., Mitchell K. J., 1984, ApJ, 276, 472
- [5] Hogarth W., *The Analysis of Beauty*, 1753, printed by J. Reeves, Leicester-Fields
London <https://archive.org/details/analysisofbeauty00hoga/page/n193/mode/2up>
- [6] Hunstead R. W., Murdoch H. S., Condon J. J., Phillips M. M., 1984, MNRAS, 207, 55
- [7] Misra A., Jamrozy M., Pajdosz-Śmierciak U., 2022, Proceedings of the PAS, eds. E. Szuszkiewicz, et al., 12, p.66
- [8] Pajdosz-Śmierciak U., Śmierciak B., Jamrozy M., 2022, MNRAS, 514, 2122
- [9] Sethi S., Kuźmich A., Jamrozy M., Slavcheva-Mirova L., 2024, ApJ in press

Zjawiska towarzyszące zaćmieniom Słońca

Mariusz Krukar

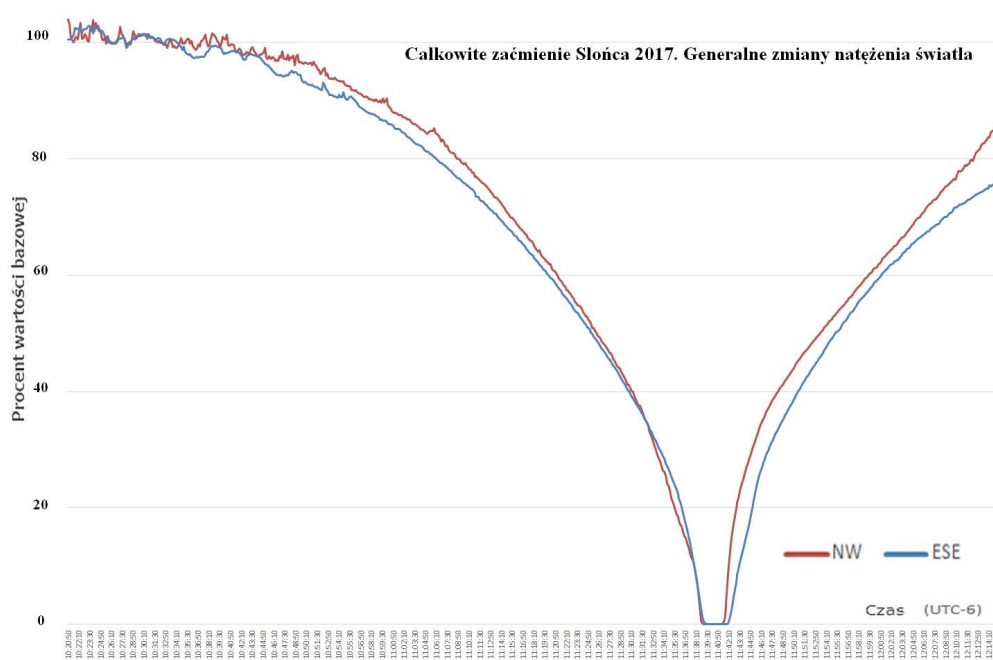
[Na podstawie obserwacji całkowitego zaćmienia Słońca w dniu 21.08.2017 roku w Wyoming (USA). Miejsce obserwacji było położone ok. 1700 m n.p.m. pomiędzy miasteczkami Riverton a Soshoni.]

Zaćmienie Słońca jest zjawiskiem, które od zarania dziejów przyciąga uwagę zarówno astronomów jak i przypadkowych obserwatorów. Jednak typowa obserwacja zaćmienia Słońca ogranicza się do zmian, jakie zachodzą w najbliższym otoczeniu jego tarczy. Z kolei pozostałe zmiany towarzyszące temu zjawisku, które zachodzą daleko od niego samego, po drugiej stronie nieboskłonu oraz w scenerii otaczającej samego obserwatora, często umykają uwadze. Artykuł niniejszy przedstawia niektóre tego rodzaju efekty, towarzyszące zaćmieniom Słońca.

Najbardziej typowym następstwem postępującego częściowego zaćmienia Słońca jest spadek natężenia światła w otoczeniu obserwatora. Dla przypadkowych osób efekt ten pozostaje niezauważalny, zwłaszcza w sytuacji kiedy zjawisku towarzyszy częściowe zachmurzenie, zmieniające na bieżąco poziom oświetlenia. Najlepszą metodą rejestracji zmian natężenia światła jest konsekwentne wykonywanie fotografii otoczenia, z zachowaniem przysłony i czasu naświetlania. Zobrazowaniu tego efektu pomaga także sztuczne oświetlenie znajdujące się w pobliżu. Zmiany te można zapisywać szczegółowo z użyciem luksomierzy, dla których alternatywą mogą okazać się aplikacje mobilne w smartfonach.

Dotychczas znanych jest co najmniej kilka takich pomiarów (np. Lee i Lee 2012; Möllmann i Vollmer 2006), dla których instrumenty były skierowane w stronę Słońca. W takiej sytuacji nadal nie wiadomo, jak zmiana natężenia światła zachowuje się przestrzennie podczas przebiegu zaćmienia. Wstępną odpowiedzią na to pytanie był amatorski pomiar z Wyoming, gdzie użyto smartfonów skierowanych w dwóch przeciwnych kierunkach, odległych od położenia Słońca. Okazało się, iż postępujące różnice zmian w natężeniu światła mają nieco odmienny charakter dla

dwóch przeciwnych części nieboskłonu. Instrumenty ustawiono w istotnych z punktu obserwacji kierunkach, między zachodnim, a północno-zachodnim (W-NW) oraz między wschodnim, a południowo-wschodnim (E-SE), na wysokości około 45 stopni nad horyzontem. Wspomniane kierunki wskazywały przemieszczanie się cienia Księżyca w trakcie zaćmienia (jego nadejście i odejście) (Rys. 2.).

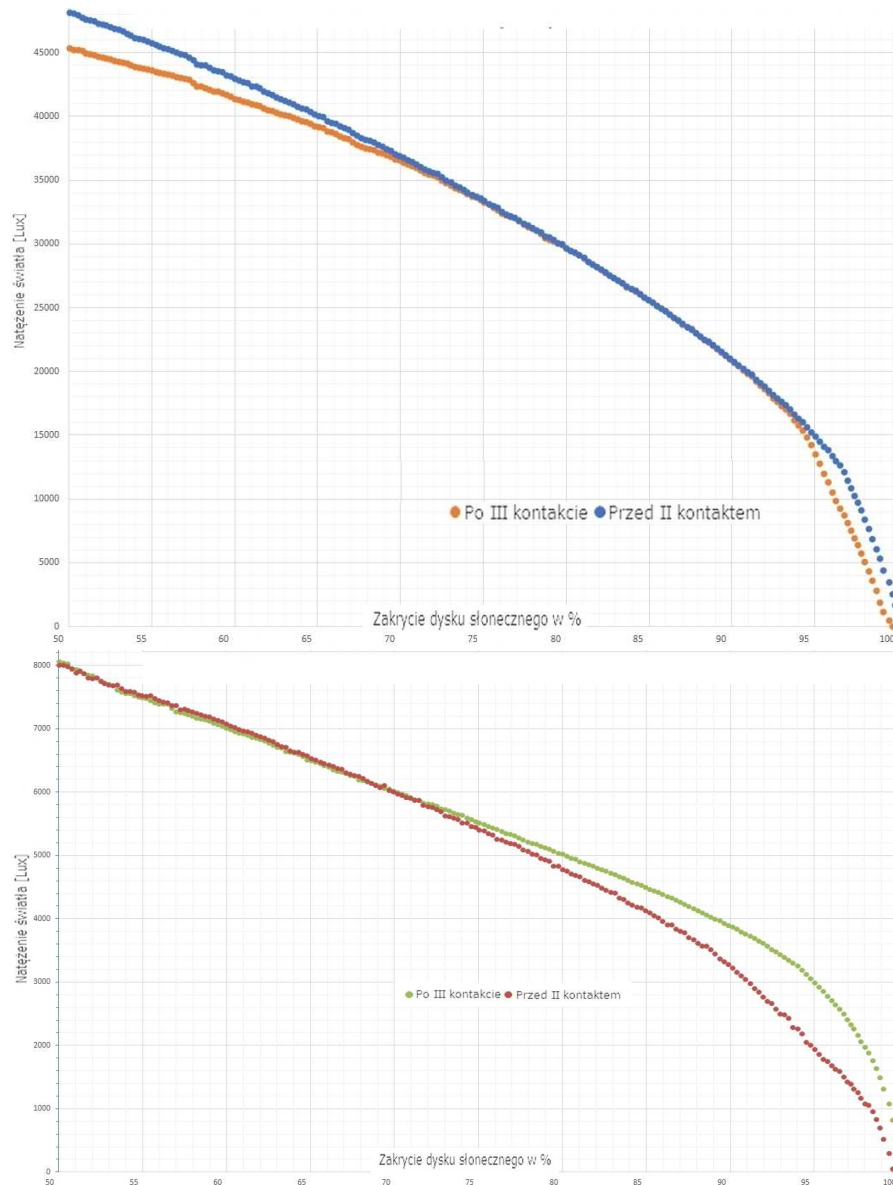


RYSUNEK 1. Ogólne zmiany natężenia światła podczas zaćmienia Słońca obserwowanego w Wyoming na kierunkach między zachodnim, a północno zachodnim (W-NW) oraz wschodnim, a południowo wschodnim (E-SE).

Przy takich pomiarach szalenie istotne są warunki pogodowe. W dniu zaćmienia było trochę zmętnienia opalizacyjnego, aczkolwiek rozpraszanie światła na pyłach systematycznie słabło w miarę pogłębiania się zaćmienia. Pomiarów tego typu są bardzo wrażliwe na jakość powietrza, a zwłaszcza zachmurzenie. Na początku fazy częściowej niebo było częściowo przykryte chmurami wysokimi (cirrus, cirrostratus i altostratus) odbijającymi światło słoneczne, co skutkowało skokowymi wartościami na otrzymanym wykresie (Rys. 1). Zmienność uwidoczona na wykresie jest także efektem przemieszczania się Słońca po sferze niebieskiej w trakcie trwania pomiarów.

Zmniejszanie się natężenia światła idzie w parze ze spadkiem jasności powierzchniowej nieboskłonu, czego efektem jest pojawienie się ciał niebieskich oraz zjawisk niemożliwych do obserwacji w standardowych warunkach dziennych. Obok najjaśniejszych planet, będących bez trudu widocznych w głębokiej fazie częściowej zaćmienia, widoczna zaczyna być również korona słoneczna. Dzieje się tak dlatego, że jej jasność

jest jedynie ok. 2.5 razy mniejsza od jasności Księżyca w pełni i wynosi -11.5mag (Sytinskaya i Sharonov, 1963). Bliskość w stosunku do wciąż widocznego fragmentu fotosfery, jakim jest wąski “sierp” słoneczny, powoduje, iż obserwator jest w stanie dostrzec jej białawą otoczkę, jeśli przysłoni wiązkę światła słonecznego np. kciukiem. Ostatnie obserwacje, udokumentowane fotografiami Słońca wykonanymi z ogniskową 300mm i przy wykorzystaniu winietowania obiektywu, dowodzą, iż korona słoneczna może być widoczna przy zakryciu około 97% i więcej.



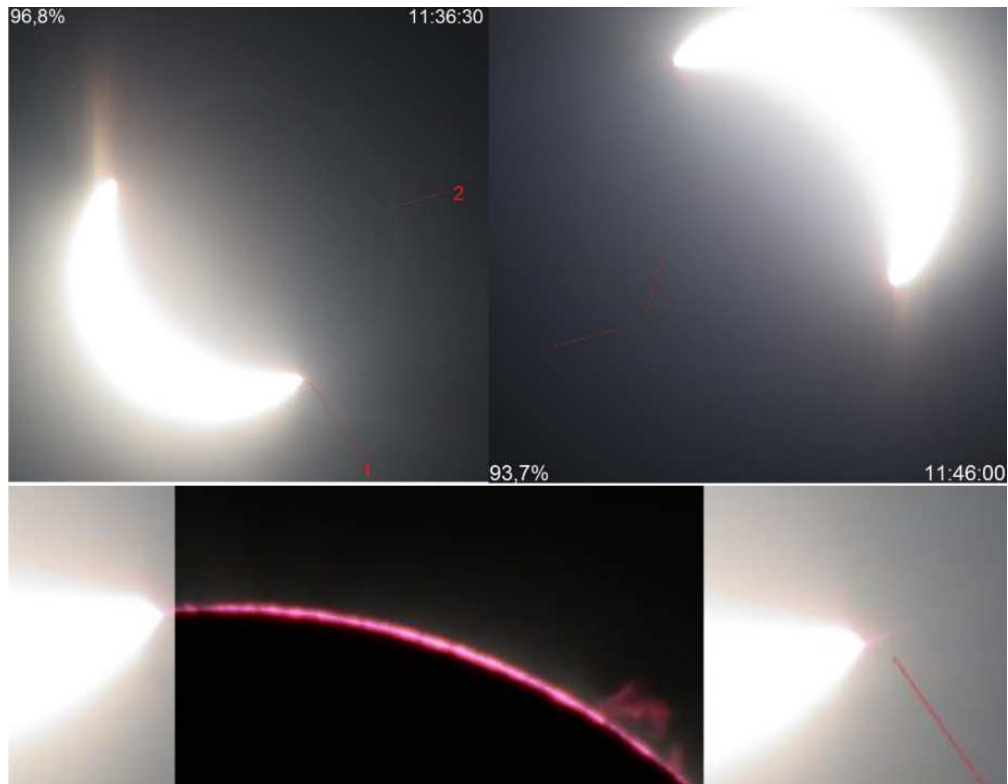
RYSUNEK 2. U góry: porównanie zmian poziomu jasności w kierunku między zachodnim, a północno zachodnim (azymut 292.5; cień wchodzący) pomiędzy zakryciem 50%, a fazą całkowitą. U dołu: porównanie zmian poziomu jasności w kierunku między wschodnim, a południowo-wschodnim (azymut 112.5; cień wychodzący) pomiędzy zakryciem 50%, a fazą całkowitą.



RYSUNEK 3. Zestawienie zdjęć uzyskanych przez autora (przy ogniskowej 300mm z wykorzystaniem winietowania obiektywu). Korony należy szukać po przeciwnej stronie prześwietlonego sierpa Słońca (oznaczone „2” na wybranych zdjęciach). Chromosfera (oznaczona „1”) widoczna w postaci różowej poświaty w pobliżu rogu sierpa słonecznego, to najbliższa fotosfery warstwa atmosfery Słońca.

Przy podobnej magnitudzie zaćmienia istnieje również możliwość dostrzeżenia chromosfery, co widać w postaci różowego elementu wskazanego na ilustracji powyżej dla fazy zakrycia 97% (Rys. 4). Wygląda on bardzo podobnie do koloru chromosfery, jaką można obserwować na krótko przed III kontaktem, w przeciwieństwie do białej barwy znacznie rozleglejszej korony.

W podobnym momencie obserwator jest w stanie dostrzec kolumnę cienia, jeżeli warunki pogodowe na to pozwalają (przejrzystość powietrza lub chmury piętra wysokiego). Jest to obszar nieba znajdujący się



RYSUNEK 4. Korona słoneczna „2” wraz z chromosferą „1” widoczną na styku tarczy Słońca i Księżyca przy zakryciu ok. 97% (z lewej u góry) oraz ślad (strzałki) korony słonecznej widocznej w fazie ok. 94% (z prawej u góry). U dołu porównano powiększony obraz fragmentu chromosfery z obrazem odsłanianej chromosfery uzyskanym podczas tego samego zjawiska przez Marka Substykę na 5 sekund końcem fazy całkowitej. Tarcza Księżyca jest podczas tego zaćmienia wystarczająco duża, by chromosfera w środku zjawiska przestawała być praktycznie w ogóle widoczna.

wewnątrz cienia Księżyca, który z dystansu widzi obserwator. W najlepszym przypadku zjawisko to może być widoczne nawet z 250 km, co odpowiada magnitudzie zaćmienia średnio 0.96. Najlepszy efekt daje najgłębsza faza częściowa, gdzie bliskie położenie cienia umożliwia jego lokalizację także w ujęciu wertykalnym; na planetarnej warstwie granicznej, poziomie chmur wysokich oraz w ozonosferze (Rys. 5.).

Odpowiadają temu poszczególne linie naniesione na ilustrację. Obserwator znajdujący się w miejscu na krótko przed fazą całkowitą może już zauważyć przeciwległą granicę cienia Księżyca, poniżej której niebo staje się ponownie rozjaśnione. Dotyczy to warstwy ozonowej (czarna linia) oraz warstwy chmur piętra wysokiego (linia żółta). Ponieważ planetarna warstwa graniczna jest najniższą częścią troposfery, w jej obrębie sytuacja wygląda inaczej. Dla obserwatora znajdującego się w miejscu na krótko przed fazą całkowitą pograża się w cieniu (kolor szary).

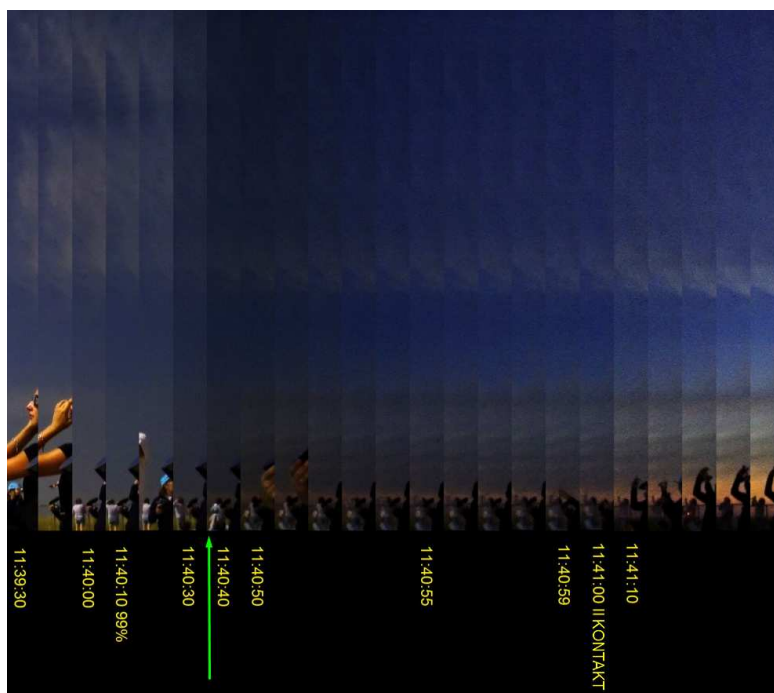
Następnie, w wyniku II kontaktu, ów cień Księżyca spotyka się z pozycją obserwatora, owocując szybką zmianą kontrastów w otoczeniu.



RYSUNEK 5. Położenie cienia Księżyca na niebie około pół minuty przed fazą całkowitą. Dramatyczne zmiany wywołane przez jego obecność są zauważalne w najniższych partiach atmosfery ziemskiej odpowiednio w stratosferze (ozonofera) (kolor czarny), na piętrze chmur wysokich (kolor żółty) oraz już w planetarnej warstwie granicznej (kolor szary).

Obiekt zaciemniony, początkowo słabo widoczny ze względu na zaślepienie dużo jaśniejszym otoczeniem obserwatora, w momencie całkowitego zakrycia źródła światła, jakim jest Słońce, staje się wyraźnie widoczny względem obszaru nieobjętego zaciemnieniem. Skutkuje to poprawą kontrastów otoczenia zaciemnionego, na początek pogorszenia się tych, będących oświetlonymi. W praktyce moment ten następuje nieco wcześniej przed fazą całkowitą ze względu na fakt, iż cień Księżyca jest ograniczony. Oznacza to, że jeszcze przed jego nadejściem obserwator jest w stanie dostrzec jego przeciwną granicę w postaci jaśniejszego widnokregu. Dla rejestratorów wideo oraz ludzkiego oka kluczowy jest moment na

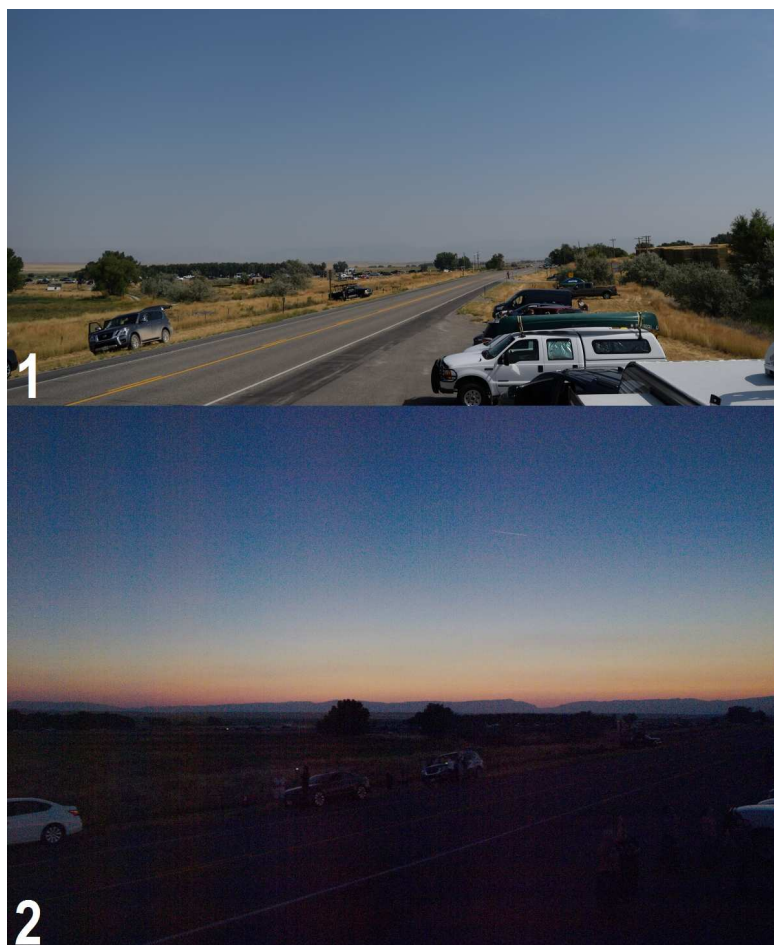
kilka – kilkanaście sekund przed drugim kontaktem, kiedy jasność nieba nad horyzontem równoważy się z blaskiem ostatnich promieni Słońca (Rys. 6).



RYSUNEK 6. Moment, w którym jasność nieba nad horyzontem równoważy się z jasnością otoczenia miejsca obserwacji na 10-20s przed drugim kontaktem, według jednego z wideorejestratorów (Marek Substyk). Im bliżej fazy całkowitej tym niebo nad horyzontem staje się jaśniejsze przypominając wyglądem okres świtu żeglarskiego. Na ostatnie 10 sekund przed 2 kontaktem każdy pasek odpowiada 1 sekundzie.

Gwałtowna zmiana kontrastów pomiędzy zacienionym terenem a rozświetlonym niebem w tle skutkuje wydłużeniem widzialności poziomej. Najłatwiej to zauważyć jeśli obserwacja ma miejsce w pobliżu obszarów górskich. Podczas fazy całkowitej można zauważyć znaczne wyostrenie blisko położonych pasm górskich (Rys. 7.) oraz pojawienie się odległych, które z powodu zapylenia powietrza są w danym dniu dla obserwatora niewidoczne. Zasięg widzialności poziomej poprawia się gwałtownie wraz z nadejściem cienia Księżyca, redukując gwałtownie rozpraszanie światła słonecznego na aerozolah i molekułach powietrza.

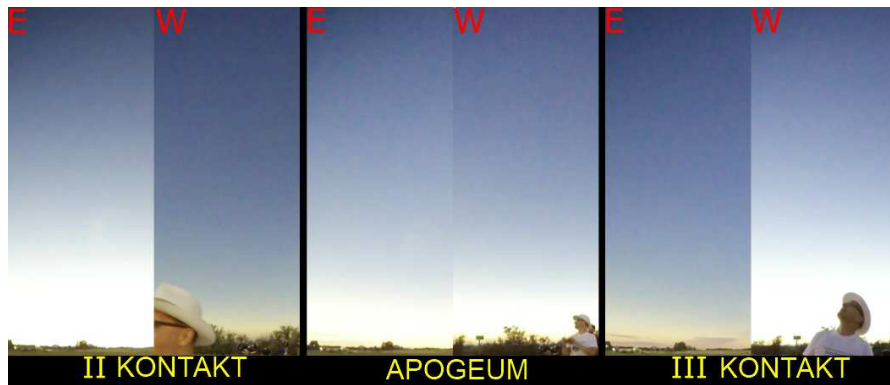
Wewnątrz obszaru zacienionego przez Księżyc dominującą rolę odgrywa promieniowanie rozproszone pochodzące z atmosfery oświetlonej na zewnątrz. W miarę postępowania fazy całkowitej pociemnienie otoczenia nadal się pogłębia. Taki stan rzeczy trwa do momentu apogeum, gdzie wygląd nieba i otoczenia przypomina ten, jaki znamy z głębokiego zmierzchu cywilnego. Oznacza to, że wciąż jest na tyle jasno, że



RYSUNEK 7. Zwiększenie wyrazistości najbliższego pasma górskiego Owl Creek oddalonego o ok. 30-40 km pomiędzy fazą częściową a całkowitą.

nie potrzebujemy sztucznego oświetlenia do wykonywania codziennych czynności. Istnieje również możliwość czytania tekstu na białym tle.

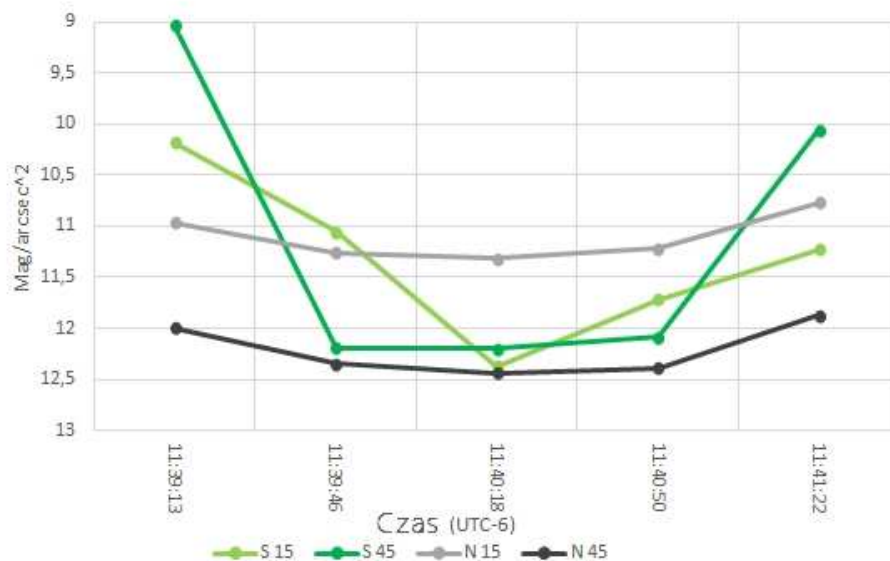
Wraz ze zmianami poziomu natężenia światła słonecznego dynamicznie podlega również jasność powierzchniowa nieboskłonu. Zmienia się ona szybko wraz z błyskawicznym przemieszczaniem się cienia. Najlepiej jest to jednak widoczne w skrajnych momentach zaćmienia, kiedy jego krawędź przemieszcza się szybko nad głową obserwatora. Wówczas różnice pomiędzy jedną stroną nieba a drugą mogą wynosić nawet $1\text{Mag}/\text{arcsec}^2$. Widzimy to najlepiej patrząc na sekwencję z nagrania poniżej (Rys. 8.), gdzie z kamery sferycznej rejestrującej przebieg zaćmienia we wszystkich kierunkach wyodrębniono dwa przeciwne kierunki – zachodni (W) oraz wschodni (E). Porównując wygląd nieba pomiędzy nimi dla momentu początku i końca fazy całkowitej widać jak wyglądy nieboskłonu dosłownie zamieniają się ze sobą. Zupełnie odmiennie wygląda to w połowie zaćmienia całkowitego, gdzie jasność nieba jest podobna w obu kierunkach, co widać na środkowej ilustracji.



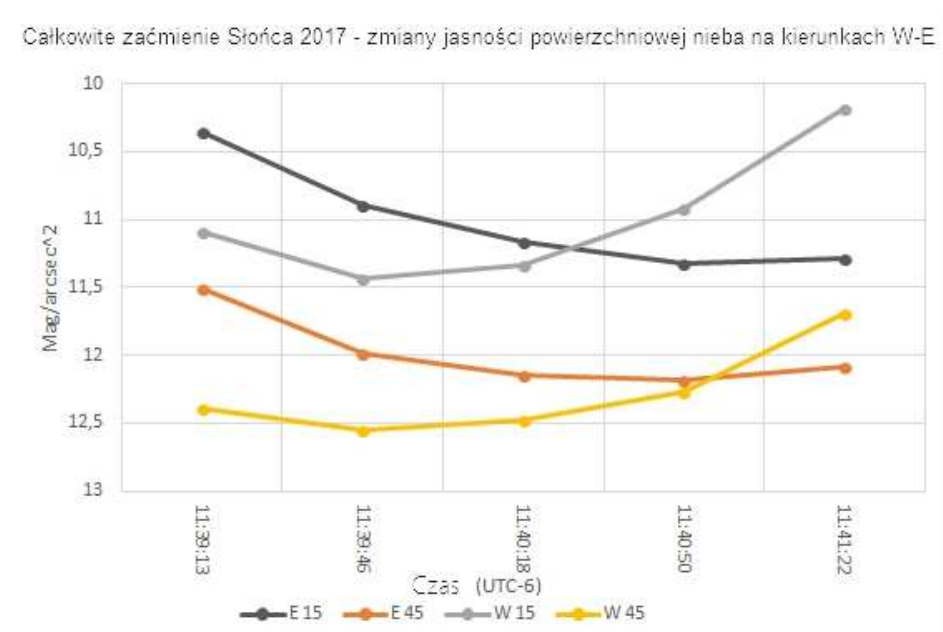
RYSUNEK 8. Porównanie jasności nad horyzontem na kierunkach zbliżonych do przemieszczania się cienia dla trzech kluczowych momentów zaćmienia (Tomasz Rać). Sekwencja obejmuje dokładnie ten sam obszar nieba dla kierunków wschodniego (E) i zachodniego (W) od linii horyzontu do wysokości ok. 60 stopni.

Największa dynamika zmian dotyczy jednak kierunku azymutu Słońca, co jest zrozumiałe, w związku z gwałtowną zmianą jasności głównego źródła światła. W konsekwencji wartości jasności powierzchniowej nieba południowego dla wysokości 45 stopni zmieniły się aż o 3.2 Mag/arcsec^2 w przeciągu zaledwie 30 sekund (Rys. 9, 10). Wartości te odnoszą się do wschodniej części Grand Teton National Park, które uzyskał inny obserwator – Wolfgang Strickling. Z racji niedużej odległości od miejsca obserwacji PTMA (zaledwie 230 km) można przyjąć, iż były one podobne.

Całkowite zaćmienie Słońca 2017 - zmiany jasności powierzchniowej nieba na kierunkach N-S



RYSUNEK 9. Zmiany jasności powierzchniowej nieboskłonu dla fazy całkowitej w kierunku północnym (N) i południowym (S) na wysokościach 15 oraz 45 stopni w rejonie Grand Teton National Park (autor: Wolfgang Strickling / http://www.strickling.net/eclipse_pro.htm).



RYSUNEK 10. Zmiany jasności powierzchniowej nieboskłonu dla fazy całkowitej w kierunku wschodnim (E) i zachodnim (W) na wysokościach 15 oraz 45 stopni w rejonie Grand Teton National Park (autor: Wolfgang Strickling / http://www.strickling.net/eclipse_pro.htm).

Jasność chromosfery, która przewyższa jasność korony, w połączeniu z relatywnie bliskim położeniem granicy cienia Księżyca powoduje, iż poziom oświetlenia zmienia się nadal znacząco do ok. 25-30s głębokości zaćmienia całkowitego kiedy chromosfera znika za tarczą Księżyca.

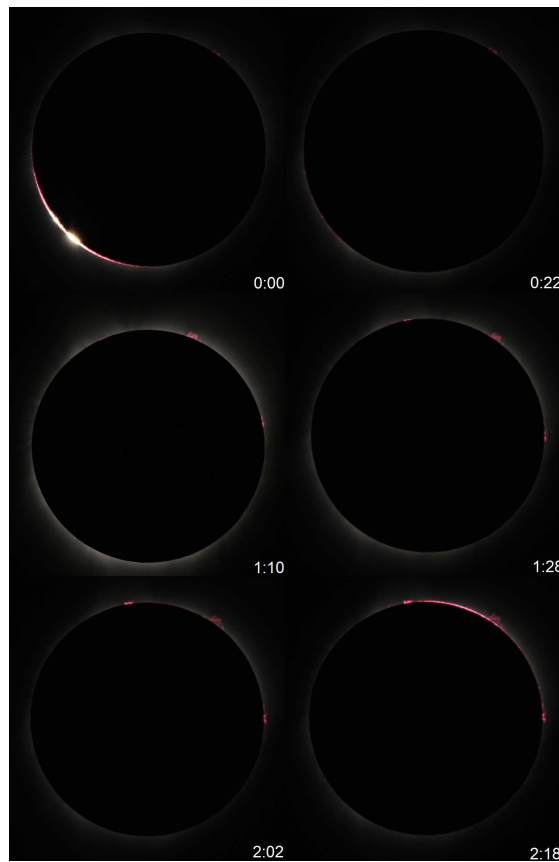


RYSUNEK 11. Wygląd nieba podczas apogeum fazy całkowitej w kardynalnych kierunkach.

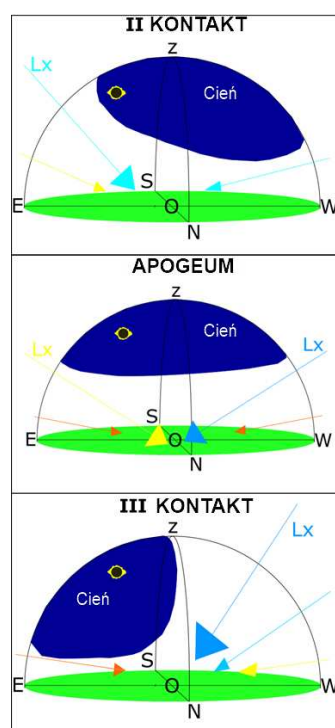
Przemierzając się Księżyc względem Słońca sukcesywnie zakrywa i odkrywa ponownie najwyższe warstwy atmosfery Słońca. Obok szybko chowającej się chromosfery w 25-30s odstępie od kontaktów obserwator może dostrzec ruch Księżyca na tle protuberancji, które odpowiednio chowają się i wynurzają wraz z przebiegiem całkowitego zaćmienia

(Rys. 12). Elementy atmosfery słonecznej są z łatwością widoczne już przez lornetkę oraz na zdjęciach wykonywanych teleobiektywem. Mają różowawy kolor, co odróżnia je od białej korony słonecznej.

Wraz z ruchem Księżyca zmiana ulega główny kierunek, z którego do obserwatora dociera rozproszone światło przez atmosferę. W sierpniu 2017 w Wyoming zaraz po II kontakcie najwięcej światła rozproszonego docierało ze wschodu i południowego wschodu, zaś na krótko przed III kontaktem sytuacja była odwrotna (Rys. 13). Chcąc lepiej to zauważyć potrzebna jest nam nierówna i biała powierzchnia, którą może być np. prześcieradło (Rys. 14). Widzimy wówczas w jakich kierunkach na danej powierzchni pojawiają się zacienienia wraz z postępem całkowitej fazy zaćmienia. Żeby było ciekawiej, zmieniająca się perspektywa rozpraszania światła warunkuje także zmianę dominujących odcieni, jakie cechują to światło (Rys. 13). Odcienie te związane są w zasadzie z kolorem sfery niebieskiej podczas zaćmienia.



RYSUNEK 12. Przemierzająca się tarcza Księżyca powoduje sukcesywne zakrywanie i odkrywanie chromosfery oraz protuberancji. Te największe pozostają widoczne przez cały czas trwania zaćmienia (Marek Substyk, Artur Spaczyński).



RYSUNEK 13. Analiza zmian głównych kierunków oraz kolorów napływu światła rozproszonego przez atmosferę oświetloną bezpośrednio przez Słońce podczas fazy całkowitej dla trzech głównych momentów zaćmienia dla sytuacji z Wyoming w 2017 roku. Na samym początku fazy całkowitej główna wiązka światła rozproszonego docierała z kierunku podobnego do azymutu Słońca. Pod koniec fazy całkowitej był to kierunek przeciwny. Zmieniała się również kolorystyka rozpraszanego światła, która nawiązywała do koloru nieba oświetlonego przez Słońce na zewnątrz cienia księżycowego. Kolor głównej wiązki światła rozproszonego zmienił się z żółtawego na niebieski. N,E,S,W – punkty kardynalne horyzontu, O – pozycja obserwatora, Z – zenit, cień – zasięg cienia Księżyca na sferze niebieskiej, Lx – główna wiązka światła rozproszonego przez oświetloną część nieba, jaka docierała do obserwatora na poszczególnych etapach fazy całkowitej.

Pozostając przy białej powierzchni, mającej najwyższą wartość albedo, wówczas jesteśmy w stanie wyegzekwować barwy się tam pojawiające. Analizując tą sytuację kluczowym jest samo położenie Słońca w momencie zaćmienia oraz warunki atmosferyczne (obecność pyłów, ewentualnie chmur wysokich). W momencie zaćmienia w Wyoming, gdzie Słońce znajdowało się na południowym wschodzie, rozproszone światło trafiające do obserwatora z tego samego kierunku zaraz po II kontakcie cechowało się żółtawą barwą. Było tak dlatego, iż w wyniku wysokiej koncentracji aerozoli niebo południowo wschodnie w warunkach promieniowania słonecznego miało odcień jasnoniebieski. Z kolei niebo zachodnie, będące po przeciwnej stronie niż Słońce zachowywało kolor ciemnoniebieski. Konsekwentne przemieszczanie się Księżyca po nieboskłonie powodowało modyfikację barw rozpraszanego światła za sprawą ekstynkcji.

W okolicach apogeum zaćmienia, kiedy światło było dodatkowo rozpraszane na zaciemnionych już aerozolach, cechowało się barwą czerwono-nawą. Po stronie zachodniej, będącej bardziej zaciemnioną, gdzie od początku niebo było intensywnie niebieskie ekstynkcja była dużo słabiej wyrażona. W efekcie ta część nieba rozpraszała światło tego samego koloru przez cały czas trwania fazy całkowitej. Dlatego też zaciemnienia na białej powierzchni zaraz po drugim kontakcie mają granatowy odcień.

Przed trzecim kontaktem natomiast dominuje odcień niebieski, ponieważ zachodnia strona nieba zaczyna być z powrotem oświetlona przez Słońce. Barwa ta znajduje odzwierciedlenie także na białej powierzchni. Ilustracja poniżej obrazuje zmianę kolorystyki powierzchni białej dla trzech kluczowych momentów zaćmienia całkowitego (Rys. 14) i ściśle odpowiada graficznym schematom zaprezentowanym powyżej (Rys. 13).



RYSUNEK 14. Odbite odcienie rozproszonego światła na białym prześcieradle w stanie Oregon (autor: Carsten Jonas, Go Pro Hero 5) przedstawione dla trzech kluczowych momentów zaćmienia całkowitego. Na zamieszczonych ilustracjach widać wyraźnie zmianę dominujących barw światła rozproszonego przez niebo oświetlone przez Słońce na zewnątrz cienia księżycowego. Dla początkowej fazy zaćmienia (po lewej) przeważa kolorystyka żółtawo-białawo-jasnoniebieska, podczas gdy w apogeum zaćmienia dominuje na ogół kolor granatowy ze sporadycznym pomarańczem. Odcień żółty lub pomarańczowy dotyczy tej części prześcieradła, która została ułożona prostopadle do lokalnego horyzontu. Z kolei odcień niebieski dominuje we fragmentach skierowanych ku zenicie. Końcowa faza zaćmienia całkowitego (po prawej) to mieszanka barw żółtej oraz intensywnie niebieskiej. Co ciekawe zdecydowanie zmienił się kierunek rozpraszania światła o poszczególnych barwach, co widać na nierównej powierzchni białego płótna.

Niniejsze obserwacje koncentrują się na zjawiskach optycznych atmosfery ziemskiej wywołanych przemieszczaniem się cienia Księżyca. W tej materii zrobiono niewiele dlatego iż wzrok ludzki skupia się przede wszystkim na samym Słońcu. Niemniej jednak rozwój technologii cyfrowej sprawia, że coraz więcej materiałów dostępnych w sieci zawiera fragmenty, gdzie urządzenia rejestrują również otoczenie. Coraz więcej możliwości rejestracji ma również sam obserwator, dysponując obiektywem szerokokątnym lub kamerą sferyczną. Zjawiska wyżej opisane będą wymagały dalszej uwagi przy innych zaćmieniach całkowitych, których czas

trwania jest dłuższy. Ciekawym doświadczeniem byłoby powielenie niektórych eksperymentów podczas głębokich zaćmień obrączkowych lub hybrydowych. Oprócz tego zaćmienie widoczne wysoko na niebie różni się od tego, które ma miejsce tuż nad horyzontem, a dla zakresu opisanych eksperymentów, także jego efekty pod horyzontem, w strefie trwania świtów i zmierzchów.

Literatura

- [1] Lee S. H., Lee S., 2012, *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol. 45, p.111-116
- [2] Möllmann K. P., Vollmer M., 2006, *European Journal of Physics*, vol. 26, p.1299-1314.
- [3] Sytinskaya N. N., Sharonov V. V., 1963, *Proceedings of IAU Symposium no. 16*, Academic Press, New York, 1963., p.301
- [4] Vollmer M., Shaw J.A., 2018, *Applied Optics*, vol. 57, no. 12, p.3250-3259

Opisy 50-50% odnoszą się do czasu pomiaru względem fazy zaćmienia. Oznacza to, że wykres obejmuje dane od momentu, w którym Słońce było zaćmione w 50% do momentu, w którym progres zaćmienia znalazł się znów w fazie zakrycia 50%, ale już po jego maksimum.

Analysis of the Electric Propulsion Systems as Instrument for the Space Debris Problem Solving

Olexandr Petrenko^{1,2}

¹ Oles Honchar Dnipro National University, Ukraine

² SETS - Space Electric Thruster Systems, Ukraine

Abstract

The problem of space debris becomes more acute and more pressing. There are many thousands of space objects in outer space, primarily spacecraft and upper stages of launch vehicles that have reached the end of their life time. There are various approaches to solving the problem of space debris disposal. The most promising direction for solving this problem is the using of jet propulsion systems. The paper presents the results of experimental investigation of three types of electric propulsion thrusters – ST-25, ST-40 and ST-100 with power consumption from 200 W to 2000 W, which can be used as part of electric propulsion systems to solve the problem of space debris disposal. The results of experimental investigation showed that the considered thrusters can operate stably in a wide range of power consumption, which is associated with the degradation of solar panels and on-board power supplies after the end of their active life time. Based on the conducted investigation, it can conclude that the considered electric propulsion thrusters can be successfully used to solve the problem of space debris disposal.

Introduction

Near-Earth space is characterized by a huge number of space objects. Among these objects there are both functioning spacecraft and objects that represent as space debris. Such objects include spacecrafts that have completed their mission, and in Low Earth Orbit (LEO) they include not only spacecrafts, but also the upper stages of launch vehicles, as well as their components. Objects of space debris significantly complicate the launch of new spacecrafts and also complicate astronomical observations.

Currently, completely different methods of active disposal of spacecrafts that have already completed their mission are being considered [1-4]. Among the existing methods for space debris disposal, one can highlight the use of jet propulsion systems [5-13], electrodynamic tether systems [14, 15], magneto-dynamic systems [16, 17], sail structures [18-20] and others. The use of combined disposal methods is discussed in [21-23].

One of the most promising methods of space debris disposal is the use of jet propulsion systems. The main advantage of using jet propulsion systems is to ensure the disposal of a space debris object within a given time. However, this method has a significant drawback, which is associated with the need to have sufficient reserves of propellant components on board the spacecraft to solve this problem. As a result, the mass and dimensions of the propulsion system significantly increase, and the payload weight decreases.

Among various propulsion systems, one of the most promising types of them are Electric Propulsion Systems (EPS), which differ significantly from other types of propulsion systems. At the same time, EPS have both significant advantages, but also some disadvantages. The advantages of electric rocket propulsion systems include:

- high value of specific impulse (1500...2000 sec.), which significantly exceeds the specific impulse of other types of propulsion systems;
- the operation of the propulsion system is carried out using electrical energy, which can be obtained directly in outer space using solar panels;
- the ability to regulate the value of thrust over a wide range;
- possibility of repeated on/off (thousands of cycles);
- the possibility of obtaining a very small value of a single impulse;
- long life time of the propulsion system (thousands of hours).

On the other hand, electric propulsion systems, along with the indicated advantages, have a number of features that must be taken into account when using them:

- the need to have an on-board power supply with sufficient electrical power to operate the electric propulsion system;
- reduction in thrust of the propulsion system and reduction in power consumption as a result of degradation of solar panels at the end of the period of active operation of the spacecraft;

- relatively small value of the propulsion systems thrust (from several up to hundreds of mN).

In addition to the indicated features of electric propulsion systems, one should take into account the complexity of the electric propulsion system construction, which, in addition to the electric propulsion thruster, includes a system for storing and feeding the working substance, as well as an power processing and control unit that are necessary for the operation of the electric propulsion system.

Literature Review

As noted, [1-4], of all the possible methods for disposing of spacecraft and upper stages of launch vehicles today, the jet propulsion systems are used. The authors of [24] were among the first to consider the possibility of using an electric propulsion system to solve the problem of disposing of a spacecraft after the end of their mission. The work formulated the problem, outlined ways to solve it, and provided a comparative analysis of energy costs for performing active braking and deorbiting using both chemical propulsion systems and electric propulsion systems.

In order to quickly assess the requirements for breaking a spacecraft using EPS, a new algorithm was proposed in [25]. This algorithm is based on the Edelbaum method, which uses an approximation that takes into account eclipses, atmospheric resistance and Earth compression.

The work [9] presents the concept of active braking of CUB-sats after the end of the mission. A law was proposed for thrust vector control during continuous operation of EPS, which ensures minimal braking time. As an example, the braking processes of the Kompsat-1 satellite and the Pegasus launch vehicle were simulated. As a result of the simulation, the possibility of utilizing the objects within two years was shown.

The work [11] discusses issues related to the development of a method of active braking after the end of a mission of a spacecraft constellation using EPS. A utilization scheme is proposed that ensures the minimum time for disposal of a constellation in the presence of restrictions on the risk of collisions within the constellation. A quasi-optimal thrust vector control law with minimal time to solve the problem was proposed. Modeling of the braking process using the OneWeb constellation as an example was carried out. The simulation results confirmed the functionality of the proposed solution.

In [13], an autonomous strategy for the active use of EPS on a spacecraft was developed. It was proposed to implement the EPS scheme

in four stages. This scheme includes migration to the target orbit, rendezvous and others. Laws for controlling the thrust vector at each stage were proposed. The deceleration process was simulated at the end of the spacecraft mission, which confirmed the effectiveness of the proposed EPS strategy.

A new concept of active disposal of a spacecraft at the end of a mission with the combined use of EPS thrust and aerodynamic drag forces was proposed in [26]. The utilizing scheme proposed in this work consists of two stages. The first stage is active, including the operation of EPS. The second stage is passive, which uses the force of atmospheric resistance. A study was conducted to select the power of Hall or ion thrusters required to utilizing the upper stage of the H-2A launch vehicle from an altitude of 600 km within a year. Depending on the mass of the disposal object, the required EPS power was determined.

A method for disposing of a spacecraft after the end of a mission with the return of a small satellite with a hybrid propulsion system to the atmosphere was proposed in [10]. The disposal scheme assumed that it consisted of two separate segments: movement in the upper layers of the atmosphere and movement in the dense layers of the atmosphere with landing in a given area of the Earth. A study of the processes of movement in the atmosphere for various segments was carried out.

The work [12] is devoted to the study of an active method of utilizing a spacecraft after the end of a mission using EPS. For active braking, a time-suboptimal control method using Lyapunov methods has been developed. The law of change in the thrust vector EPS is obtained. The dependence of the required velocity increment to solve the disposal problem and the disposal time from the height of the initial orbit and the perigee height of the beginning of the passive segment of the motion trajectory was determined. It was shown that the disposal problem can be solved in five years.

In [6], the authors proposed the use of a spacecraft that cleans near-Earth space using EPS. An analysis of the main characteristics of the propulsion system was carried out. The scope of application of the proposed spacecraft with an electric propulsion system was considered from an altitude of 800 to 1200 km.

Formulation of the Research Problem

As shown in the literature review, many researchers have considered the possibility of using jet propulsion systems to solve the problem of

space debris, including the use of electric propulsion systems. However, it should be taken into account that at the end of the active life of the spacecraft, solar panels degrade significantly. As a result, the electric propulsion system, when solving the problem of breaking the spacecraft, receives significantly less electric power than at the beginning of the mission. Therefore, the task arises of studying the ranges of operating modes of electric propulsion thrusters, within which the thruster can perform its functions, both at the beginning of the mission and at the end of it. As part of solving this problem, it is necessary to conduct experimental studies of several typical electric propulsion thrusters to obtain ranges of thruster parameters that will solve the problem of disposing of the spacecraft at the end of the active life time.

The Main Material of the Research

Spacecrafts, which differ significantly in their mass, as a rule, differ significantly in the electrical power of the on-board power supply. Therefore, we will consider the range of electrical power that can be used to operate various electric propulsion systems – (180-2000) W. Such electrical power is possessed by spacecraft with a mass of several tens to several hundred kilograms. Let's consider electric propulsion thrusters, the operation of which requires electrical power in the specified range, and only Hall thrusters, which are currently most widely used for solving most space missions, are considered.

Laboratory Facility. Experimental investigation of the Hall thrusters was carried out in a vacuum chamber (Fig. 1), equipped with two cryogenic vacuum panels – Coolpak 6000H. The initial pressure in the chamber did not exceed $1 \cdot 10^{-6}$ Torr. At the maximum mass flow rate of the working gas into the thrusters, the pressure in the chamber did not exceed $2.5 \cdot 10^{-5}$ Torr.

To supply the mass flow rate of the working gas (Xenon) to the anode unit of the thrusters and the hollow cathodes, the laboratory feeding supply system was used (Fig. 2). The accuracy of the mass flow rates of the working gas to the anode units and cathodes was $\pm 3\%$. In the process of experimental investigation, the mass flow rate of the working gas varied from 0.5 up to 5.0 mg/s with a step of 0.1 mg/s. The mass flow rate of the working gas through the cathodes during the experimental investigation was constant and amounted up to 0.20 mg/s.



FIGURE 1. Vacuum chamber for the laboratory testing.



FIGURE 2. Laboratory feeding system for the laboratory testing.

Results of Investigation

1. Hall Thruster ST-25. A design feature of the ST-25 thruster is that in order to reduce electric power for the formation of a radial magnetic field in the acceleration channel of the thruster in the area of the central magnetic circuit, a permanent magnet was used [27, 28]. The magnet is made of SmCo material, the Curie point of which is 810-900 °C, so this magnet can be used at an operating temperature of about 350 °C. Four traditional electromagnets are used as external electromagnets, through which a stable current is passed from a separate power supply.

A general view of the ST-25 thruster is shown in Fig. 3. As can be seen in the figure, the thruster consists of an anode block and an external hollow cathode. The anode block of the thruster consists of an annular discharge chamber and a magnetic system that creates a radial magnetic field in the discharge chamber. The working substance is supplied to the anode located at the base of the discharge chamber. In the discharge

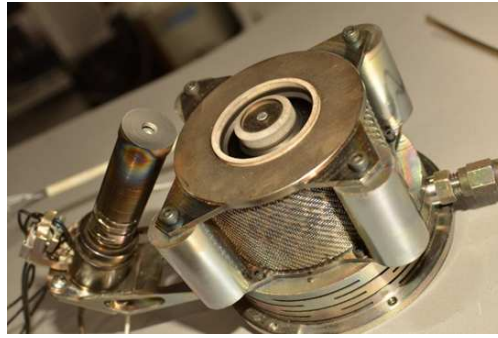


FIGURE 3. General view of the ST-25 Hall thruster.

chamber, when a working gas is supplied and a voltage is applied between the anode and the external cathode, an arc discharge is formed. The ions that are formed as a result of an arc discharge are accelerated by a longitudinal electric field. The flow of accelerated ions at the output of the acceleration channel of the thruster is neutralized by electrons coming from the hollow cathode. Thus, a flow of neutral atoms of the working gas is formed behind the thruster exit, which determines the amount of the thrust. The external hollow cathode is a source of electrons for the gas discharge in the discharge chamber, as well as for neutralizing the ion beam at the thruster output.

In the ST-25 thruster a hollow cathode is used, which maintains an arc discharge in the ST-25 accelerating channel and neutralizes the ion beam at the thruster output. The cathode heater provides preheating of the cathode to the operating temperature at which the process of thermionic emission occurs. The operating current of the cathode, at which its automatic mode of operation is maintained, is 0.6...1.0 A, the flow rate of the working gas through the cathode is in the range of 0.06...0.10 mg/s. A porous tungsten insert impregnated with a mixture of $4\text{BaCO}_3 + 1\text{CaCO}_3 + 1\text{Al}_2\text{O}_3$ was used as an electron emitter. In Fig. 4-7 the results of the experimental determination of the ranges of operating parameters of the ST-25 thruster – the dependence of the thrust and specific impulse on the power and discharge voltage, as well as the flow of working gas through the anode block of the thruster are showed.

Based on the experimental studies of the Hall thruster ST-25, presented in Fig. 4-7, the ranges of the thruster operating parameters were determined, namely, thrust, specific impulse, discharge power and voltage, and working substance consumption, which can be used both at the beginning of the mission and to solve the problem of disposing of the spacecraft after the finish date spacecraft missions. The resulting parameter ranges for the ST-25 thruster are presented in Table. 1.

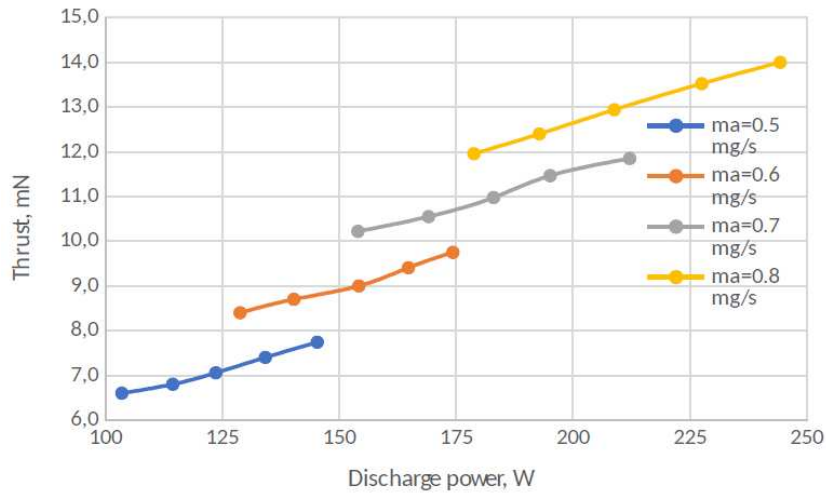


FIGURE 4. Dependence of the ST-25 thrust on discharge power at fixed values of working gas flow.

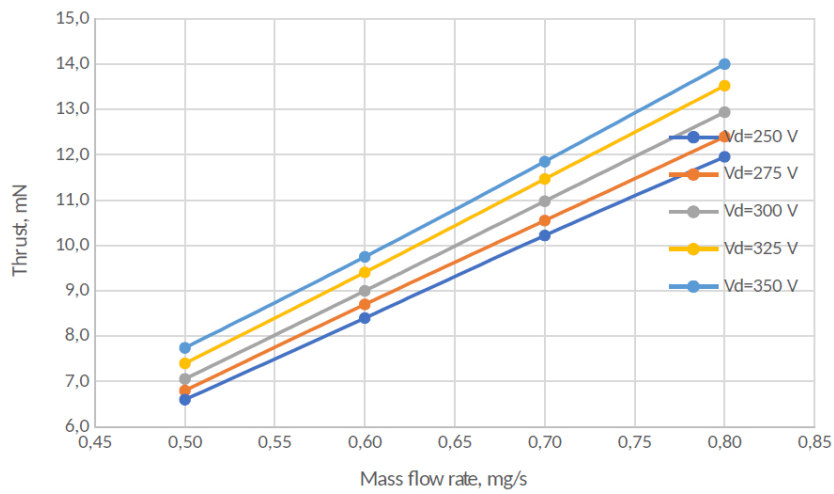


FIGURE 5. Dependence of the ST-25 thrust on working gas flow at fixed discharge voltage values.

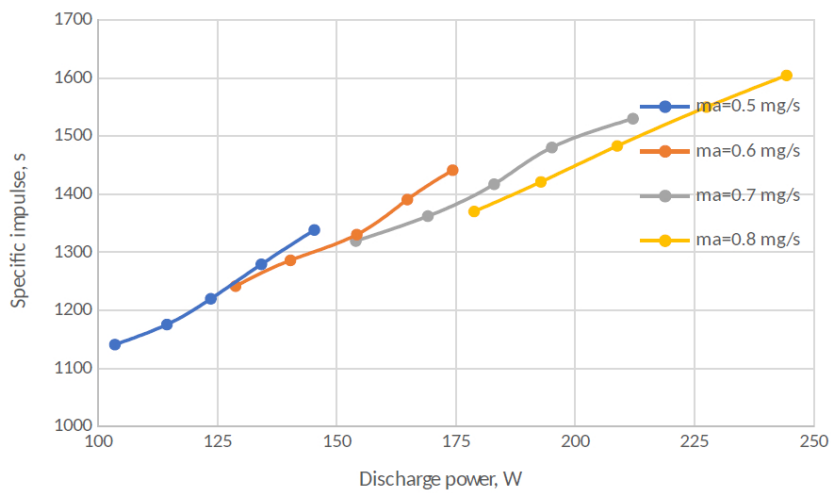


FIGURE 6. Dependence of the ST-25 specific impulse on discharge power at fixed values of working gas flow.

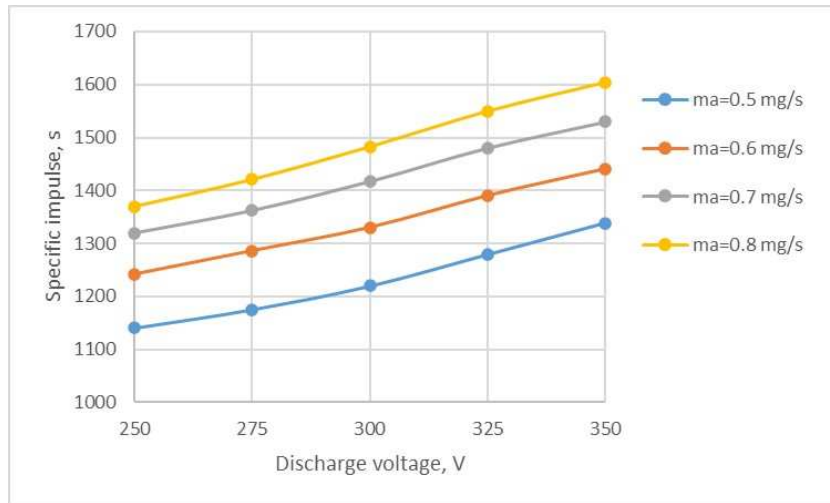


FIGURE 7. Dependence of the ST-25 specific impulse on discharge voltage at fixed values of working gas flow.

TABLE 1. Ranges of operating parameters of the ST-25, ST-40, ST-100 thrusters.

Parameters/ Thrusters	Discharge power [W]	Thrust [mN]	Specific impulse [s]	Mass flow rate [mg/s]	Discharge voltage [V]
ST – 25	100 – 250	7.0 – 14.0	1150 – 1600	0.5 – 0.8	250 – 350
ST – 40	200 – 500	14.0 – 32.0	1200 – 1750	1.0 – 2.1	225 – 400
ST – 100	700 – 1600	45.0 – 108	1400 – 2200	3.0 – 5.0	250 – 400

Using the ST-25 thruster, the electric propulsion system SPS-25 was developed, the general view of which is shown in Fig. 8. After completing the full test cycle, the propulsion system was installed on the EOS SAT-1 spacecraft (Fig. 9), which was launched into orbit in January 2023. The electric propulsion system is used to maintain the orbital parameters of the spacecraft, and after the end of its active life it is planned use it to solve the problem of spacecraft disposal. A photo of the SPS-25 propulsion system on the EOS SAT-1 spacecraft is shown in Fig. 10.

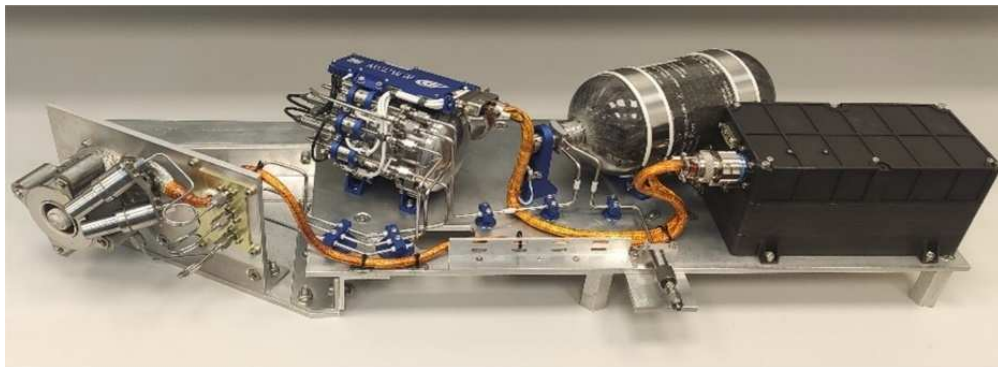


FIGURE 8. General view of the SPS-25 electric propulsion system.



FIGURE 9. EOS SAT-1 spacecraft with SPS-25 propulsion system.

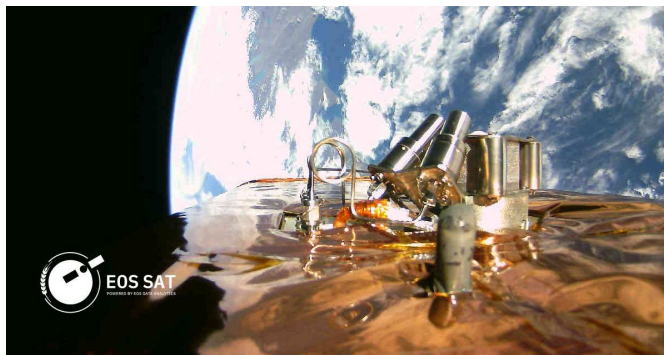


FIGURE 10. EOS SAT-1 spacecraft in outer space.

2. Hall Thruster ST-40. For spacecraft in which up to 500 W of electrical power can be used to operate an electric propulsion system, the Hall thruster ST-40 was developed [29, 30]. This thruster is built according to a classical design with a magnetic system consisting of a central magnetic core and three external magnetic cores. A general view of the ST-40 thruster is shown in Fig. 11.



FIGURE 11. General view of the ST-40 Hall thruster.

The characteristics of the ST-40 Hall thruster, obtained during experimental investigation, are presented in Fig. 12-15.

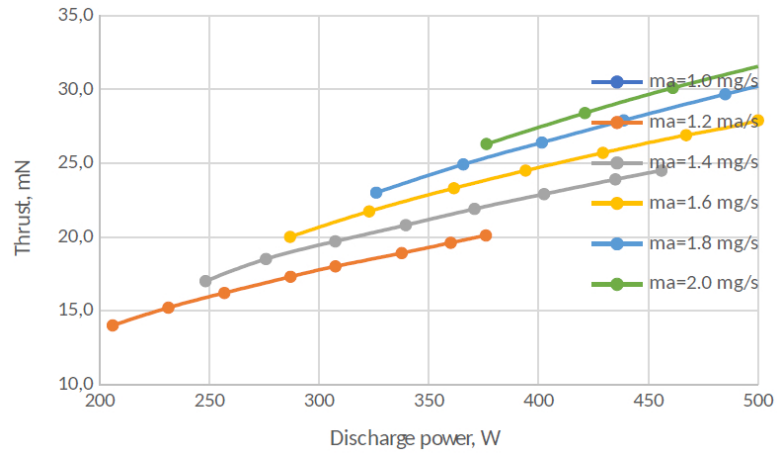


FIGURE 12. Dependence of the ST-40 thrust on discharge power at fixed flow rates of the working substance.

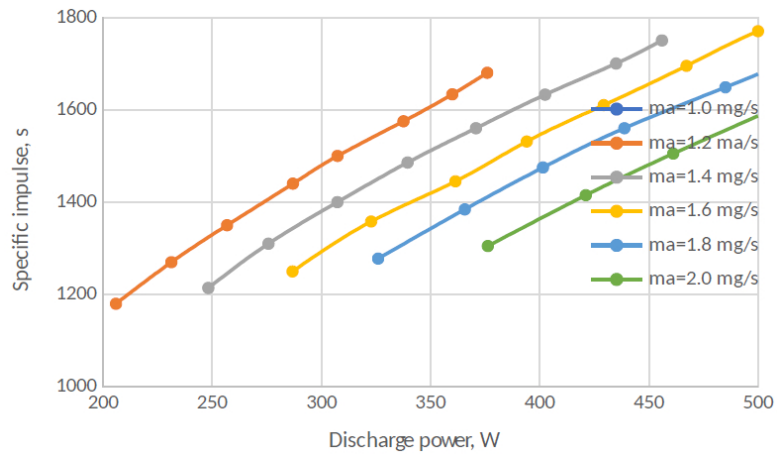


FIGURE 13. Dependence of the specific impulse of the ST-40 thruster on the discharge power at fixed flow rates of the working substance.

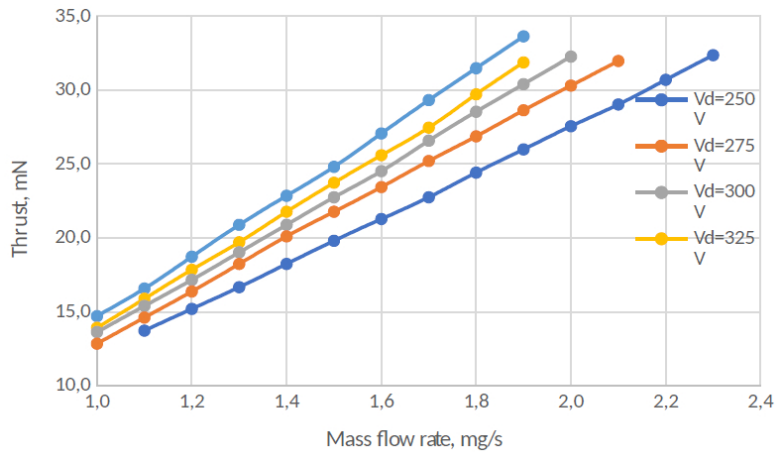


FIGURE 14. Dependence of ST-40 thrust on working substance consumption at fixed discharge voltage values.

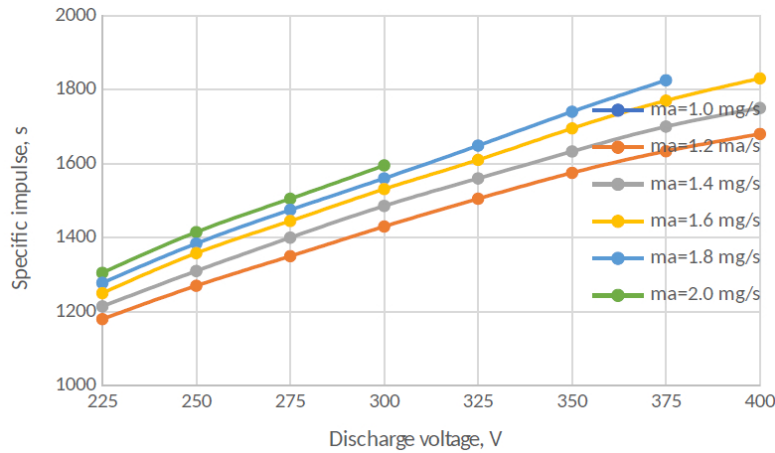


FIGURE 15. Dependence of the specific impulse of the ST-40 thruster on the discharge voltage at fixed flow rates of the working substance.

The ranges of operating parameters of the ST-40 thruster, obtained as a result of experimental studies, are presented in Table. 1.

3. Hall Thruster ST-100. The thruster power consumption is up to 1500 W, the thruster is designed to solve the problems of maintaining orbital parameters for spacecraft with a mass of several hundred kilograms and the availability of an on-board power supply of appropriate electric power. A general view of the thruster is shown in Fig. 16. A design feature of the ST-100 thruster is the use of magnetic shielding of the thruster acceleration channel. As a result of the use of magnetic shielding, the thruster parameters have significantly increased and also the erosion of insulators, which determines the thruster life time, has decreased. As a result of experimental studies, the main characteristics of the ST-100 thruster were obtained, which are presented in Fig. 17-20.

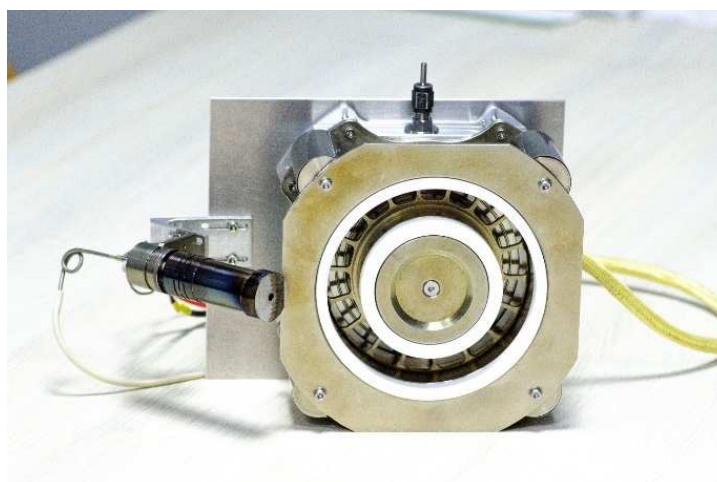


FIGURE 16. General view of the ST-100 Hall thruster.

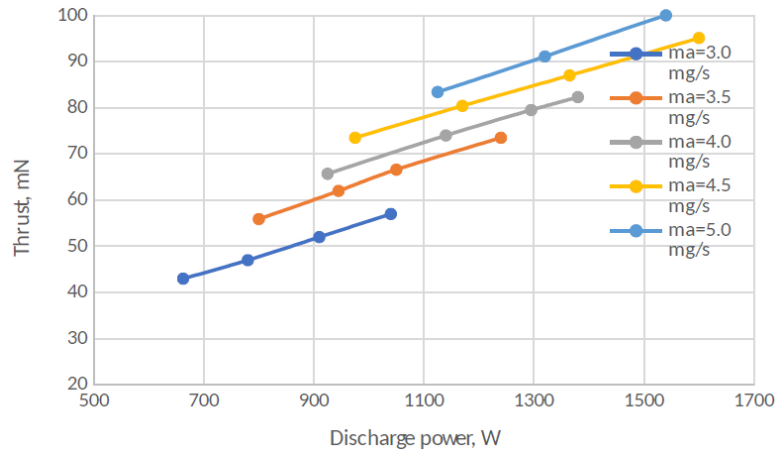


FIGURE 17. Dependence of ST-100 thrust on discharge power at fixed values of working gas flow.

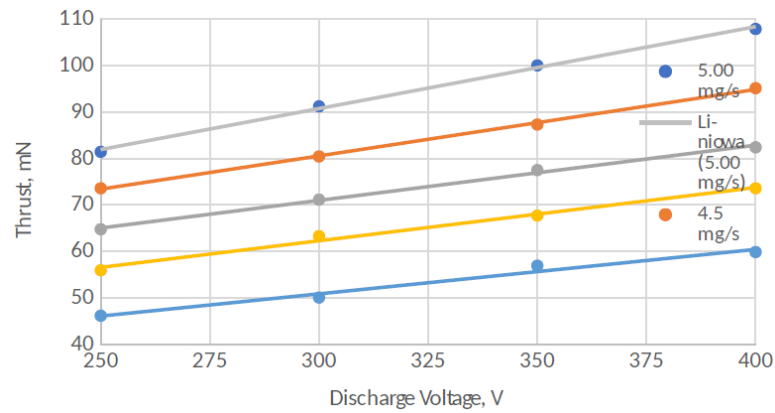


FIGURE 18. Dependence of ST-100 engine thrust on discharge voltage at fixed values of working gas flow.

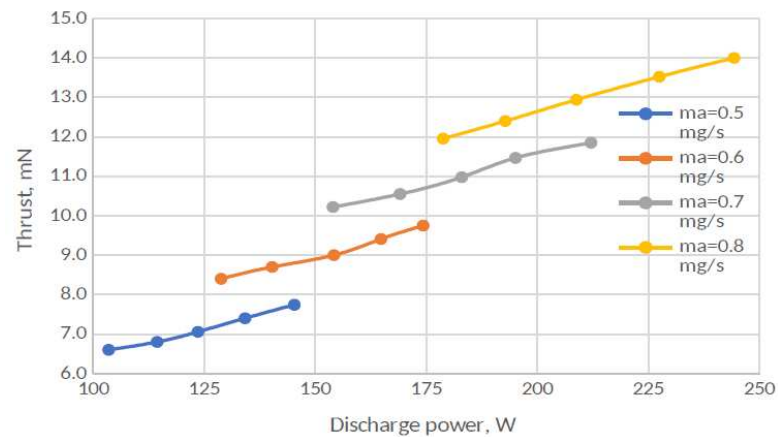


FIGURE 19. Dependence of ST-100 thrust on working gas flow at fixed discharge voltage values.

The ranges of the main operating parameters of engines obtained as a result of experimental studies are presented in Table 1.

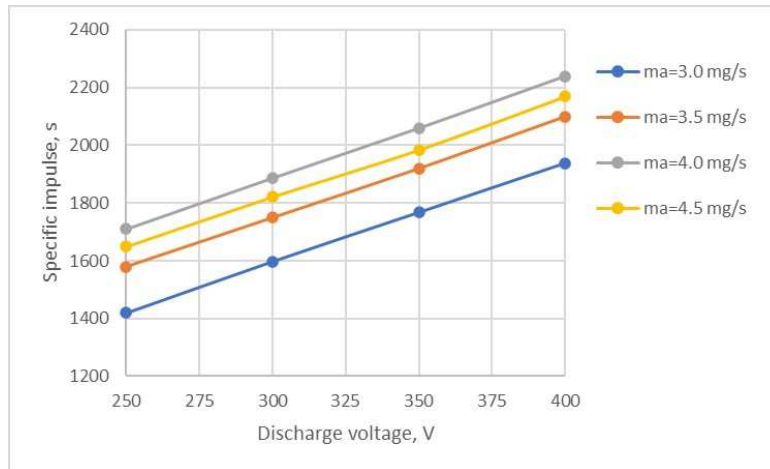


FIGURE 20. Dependence of the specific impulse of the ST-100 thruster on the discharge voltage at fixed working gas flow rates.

Summary

1. Experimental studies of electric propulsion thrusters ST-25, ST-40 and ST100 have shown that they can be used to solve the problems of disposing of spacecraft and upper stages of launch vehicles after the end of their missions. These thrusters maintain their performance over a wide range of input power.
2. To solve the disposal tasks for spacecraft and upper stages of launch vehicles, it is necessary to have on board power sources that ensure the operation of an electric propulsion system, as well as reserves of working gas (Xenon, Krypton, Argon).
3. Algorithms for the operating of the electric propulsion system during the process of disposal a spacecraft must be formed taking into account the degradation of solar panels parameters and on-board power sources at the end of its life time.
4. Due to the long period of time required to complete the tasks of disposing of spacecraft and upper stages of launch vehicles, electric propulsion systems are subject to high requirements for the total operating time and the number of on/off switches.
5. An assessment of the parameters of the considered Hall thrusters allows us to consider the possibility of solving disposal tasks for the ST-25 thruster, the mass of disposal objects is from 50 kg to 2.0 tons, for the ST-40 thruster from 100 kg to 4 tons, for the ST-100 thruster from 200 kg up to 10 tons.

Acknowledgements. The research was carried out in the laboratory of Space Electric Thruster Systems (SETS), whose employees the author expresses sincere gratitude

for preparing and conducting the tests. The author expresses personally gratitude to Dr. Bogdan Wszolek, Director of the Queen Jadwiga Astronomical Observatory, who kindly offered to prepare an article for this journal.

References

- [1] Mark C.P., Kamath S. (2019). Review of active space debris removal methods. *Space policy*, 47, 194-206. DOI:10.1016/j.spacEpol.
- [2] Levin E., Pearson J., Carroll J. (2012). Wholesale debris removal from LEO. *Acta astronautica*, 73, 100-108. DOI: 10.1016/j.actaastro.
- [3] Sánchez-Arriaga G., Sanmartín J. R., Lorenzini E. C. (2017). Comparison of technologies for deorbiting spacecraft from low-Earth-orbit at end of mission. *Acta astronautica*, 138, 536-542. DOI: 10.1016/j.actaastro.
- [4] Shan M., Guo J., Gill E. (2016). Review and comparison of active space debris capturing and removal methods. *Progress in aerospace sci.*, 80, 18-32. DOI: 10.1016/j.paErosci.2015.11.001.
- [5] Baranov A. A., Grishko D. A., Khukhrina O. I., Chen D. (2020). Optimal transfer schemes between space debris objects in geostationary orbit. *Acta astronautica*, 169, 23-31. DOI: 10.1016/j.actaastro.2020.01.001.
- [6] Dron' M., Khorolsky P., Dubovik L., Hit'ko A., Velykyi I. (2012). Estimation of capacity of debris collector with electric propulsion system creation taking in a count energy response of the existing launch vehicles. *Proceedings of the 63th International astronomical congress*, 2694-2697.
- [7] Golubek A., Dron M., Petrenko O. (2023). Estimation of the possibility of using electric propulsion systems for large-sized orbital debris post-mission disposal. *Space Science and Technology*. 2023. 29, №3 (142). P. 34 - 46. <https://doi.org/10.15407/knit2023.03.034>.
- [8] Guerra G., Muresan A. C., Nordqvist K. G., Brissaud A., Naciri N., Luo L. (2017). Active space debris removal system. *INCAS bulletin*, 9(2), 97-116. DOI: 10.13111/2066-8201.2017.9.2.8.
- [9] Hakima H., Bazzocchi M. C. F., Emami M. R. (2018). A deorbiter cubesat for active orbital debris removal. *Advs in Space Res.*, 61(9), 2377-2392. DOI: 10.1016/j.asr.2018.02.021.
- [10] Hakima H., Bazzocchi M. (2021). Low-thrust trajectory design for controlled deorbiting and reentry of space debris. *IEEE aerospace conf. proceedings (6-13 March 2021)*. DOI: 10.1109/ARO50100.2021.9438278.
- [11] Huang S., Colombo C., Alessi E. M., Hou Z. Large constellation de-orbiting with low-thrust propulsion. *Advs astronomical Sci.*, 168, 2313-2334 (2019).
- [12] Huang S., Colombo C., Alessi E.M., Wang Y., Hou Z. (2022). Low-thrust de-orbiting from low Earth orbit through natural perturbations. *Acta astronautica*, 195, 145 – 162. DOI: 10.1016/j.actaastro.2022.02.017.
- [13] Leomanni M., Bianchini G., Garulli A., Giannitrapani A., Quartullo R. (2020). Orbit control techniques for space debris removal missions using electric propulsion. *J. guidance, control, and dynamics*, 43(7), 1259-1268. DOI: 10.2514/1.G004735.
- [14] Forward R. L., Hoyt R. P., Uphoff C. W. (2000). Terminator tether: a spacecraft deorbit device. *J. Spacecraft and Rockets*, 37(2), 187-196. DOI: 10.2514/2.3565.
- [15] Makihara K., Takahashi R. (2016). Survivability evaluation of electrodynamic tethers considering dynamic fracture in space-debris impact. *J. spacecraft and rockets*, 53(1), 209-216. DOI: 10.2514/1.A33328.

- [16] Inamori T., Kawashima R., Saisutjarit P., Sako N., Ohsaki H. (2015). Magnetic plasma deorbit system for nano- and microsatellites using magnetic torque interference with space plasma in low Earth orbit. *Acta astronautica*, 112, 192-199. DOI:10.1016/j.actaastro.
- [17] Shuvalov V. A., Gorev N. B., Tokmak N. A., Kuchugurnyi Yu. P. (2020). Drag on a spacecraft produced by the interaction of its magnetic field with the Earth's ionosphere. *Physical modelling. Acta astronautica*, 166, 41-51. DOI: 10.1016/j.actaastro.
- [18] Alpatov A. P., Paliy O. S., Skorik O. D. (2017). The development of structural design and the selection of design parameters of aerodynamic systems for de-orbiting upper-stage rocket launcher. *Science and innovations*, 13(4), 29 - 39. DOI:10.15407/scine13.04.029.
- [19] Degtyarev A., Kushnar'ov O., Baranov E., Osinovyy G., Lysenko Y., Kaliapin M. (2018). Yuzhnoye State Design Office and space debris removal. *Spaceops conf.* (28 may-1 june 2018, Marseille, France). DOI: 10.2514/6.2018-2384.
- [20] Lücking C., Colombo C., McInnes C. R. (2013). Solar radiation pressure-augmented deorbiting: passive end-of-life disposal from high-altitude orbits. *J. Spacecraft and Rockets*, 50(6), 1256-1267. DOI: 10.2514/1.A32478.
- [21] Alpatov A., Khoroshylov S., Lapkhanov E. (2020). Synthesizing an algorithm to control the angular motion of spacecraft equipped with an aeromagnetic deorbiting system. *Eastern-European J. Enterprise Technologies*, 1, №5 (103), 37-46. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.192813.
- [22] Dron' M., Golubek A., Dubovik L., Dreus A., Heti K. (2019). Analysis of ballistic aspects in the combined method for removing space objects from the near-Earth orbits. *Eastern-European J. Enterprise Technologies*, 2, 5 (98), 49-54. DOI:10.15587/1729-4061.2019.161778.
- [23] Golubek A. (2021). Methods and mathematical models of the combined removal of large-sized orbital debris objects. Extended abstract of doctor's thesis. Dnipro, 38. URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/SRD08.051.15/autoreferat_605df7385f353.pdf.
- [24] Ryden K. A., Fearn D. G. (1997). Minimizing space debris: advanced propulsion for end-of-life disposal of satellites. *Second European spacecraft propulsion conference. Proceedings of the conference*, 633-640.
- [25] Pergola P., Andrenucci M. (2015). Electric propulsion tug for multi-target active space debris removal missions. *Proceedings of the 65th International astronomical congress*, 7674-7687.
- [26] Okamoto H., Yamamoto T. (2020). A novel concept of cost-effective active debris removal spacecraft system. *J. space safety engineering*, 7(3), 345-350. DOI: 10.1016/j.jsse.2020.07.014.
- [27] Petrenko O., Voronovsky D., Kulagin S., Tolok S. (2020). Hall-effect thruster ST-25 with permanent magnet. Vol. 28 No. 4 (2020): *Journal of Rocket-Space Technology*. P. 37-45. <https://rocketspace.dp.ua/index.php/rst/article/view/74>.
- [28] Petrenko O., Tolok S., Kulagin S., Serbin V., Shcherbak D. (2019). Electric propulsion system SPS-25 with Hall Thruster. *70th International Astronautical Congress (IAC)*, Washington D.C., United States, 21-25 October 2019. <https://iafastro.directory/iac/paper/id/50659/abstract-pdf/IAC-9,C4,4,4,x50659.brief.pdf>.
- [29] Petrenko O., Kashaba A., Maslov V., Oslavsky S. (2022). ST-40 Hall Thruster testing with LaB6 hollow cathode. Vol. 30. No. 4 (2022): *Journal of Rocket-Space Technology*. P. 15-22. <https://www.researchgate.net/publication/366643463>.
- [30] Petrenko, O., Troyan, A., Pererva, V. (2023). Parameters of the ST-40M Hall thruster with increased power supply. *Journal of Rocket-Space Technology*, 31(4), 50-58. <https://doi.org/10.15421/452307>.

Does it Count as History if I Can Still Remember?

Virginia Trimble^{1,2}

¹Department of Physics & Astronomy, University of California, Irvine, USA

²Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Astronomy arguably experienced a “golden age” in the 1920s, when Shapley got us out of the center of the Milky Way, Hubble found Cepheids in M31 and NGC 6822, Payne recognized that the (baryonic) universe is made mostly of hydrogen and helium, and Slipher and Hubble accumulated spectra of spiral nebulae that soon persuaded most of their colleagues that the universe is expanding.

No one who participated in that set of revolutions and revelations is now still with us, though some left memoirs, oral histories, and other accountings. Indeed my late thesis advisor, Guido Münch, said that the only really important thing about galaxies was that they exist.

World-wide depression and war ensued; the latter led to development of some really great new technologies for astronomy (V2's became satellites and X-ray astronomy; radar became radio astronomy and interferometry). The 200" could finally be polished and commissioned, and there were better photon detectors to put in its focal plane and elsewhere. And some early “. . . iacs” evolved into digital computers. Each can be credited to some individuals, who then looked for new things to do with their new devices and insights.

These WWII engineers, scientists, and technicians became the mentors for a flood of young people, who made use of the resources that led to and followed the 1957 launch of Sputnik and well as the general political and public recognition that science had somehow “won the war!”

The 1960s then became a second golden decade, with the discovery of quasars, the 3K microwave, isotropic, black body microwave, relict

radiation (CMB), pulsars, X-ray binaries, the first black hole “candidates”, gamma ray bursters, the recognition of heavy elements in the cosmic rays with comparable elemental ratios to those found in astronomical objects, the recognition of weak gravitational lensing, models showing that galaxies were different in the past, leading on to binary pulsars, planets orbiting stars other than the sun, and so forth. These do fall within the memory of some still living. Indeed I remember well when I first heard about each of the items mentioned in this paragraph, and would like to share the what it felt like to be there very close to the beginning of each.



FIGURE 1. The author’s connection to that first golden age are tenuous but real. You see her here reflected in the mirror of the 100” Hooker telescope on Mt. Wilson. Also reflected is the edge of the face of her thesis advisor, Guido Münch who had known Hubble as a colleague and who was then a frequent user of that telescope.

Always Believe What Your Father Tells You

My first interaction to the idea that there could be new things in the universe came in 1953, when my father returned from work (someplace

where he had a government clearance, probably TRW or one its predecessors) and told me that “they” had discovered two new moons of our Earth. I soon gave up expecting to hear about this at school but never quite forgot and went Wiki-prowling only this fall. Sure enough, and you can find the information for yourself at Claimed Moons for Earth, back in 1953 the US Army’s Office of Ordnance Research reported that long range radar had picked up what seemed to be two small objects orbits Earth. Later searches, some by Clyde Tombaugh himself, never found these, but from time to time in the past 20 years small asteroids have been caught temporarily in terrestrial orbits, some as Trojans, some as quasi-satellites.

The Kordylewski clouds of dust at L4 and L5 also feature on the Wiki, but I will always remember that I heard it first at home.

Weak Gravitational Lensing

No, it did not yet have that name, and it was initially regarded as a source of noise for astronomers trying to use the observed angular diameters of distant galaxies as a test of cosmological models, in the days then such a model consisted of numerical values of the Hubble constant, H , and the deceleration parameter, q . If all galaxies were identical and nothing got in the way, either apparent magnitudes or angular diameters vs redshift would tell you q . They are, of course, not identical. But in a 1964 colloquium, Richard Feynman pointed out that variations in the average density of matter along sight lines would get in the way by causing deviations of light rays from geodesics in uniform density material.

This idea worked out in detail, because the PhD dissertation and several papers by James Edward (Jim) Gunn (1967, “A fundamental limitation on the accuracy of angular measurements in observational cosmology”, *Astrophys. J.* 147, 61; 1967 “On the propagation of light in inhomogeneous cosmologies. I. Mean Effects”, *Astrophys. J.* 150, 737). The phenomenon is called “gravitational scattering along the light path.” The first paper thanks Feynman and also Guido Münch, who was Gunn’s official thesis advisor for helpful discussions and Feynman for the inspiration that led to the work. The second paper thanks Feynman and Maarten Schmidt for “very helpful discussions during the early part of this work.” And also, as I discovered re-reading this week “and Miss Virginia Trimble with whom the investigation was begun.” The angular errors were expected to be a few percent at $z = 1$.

Figure 2 is a photograph taken just moments after Gunn had successfully defended his thesis in the small conference room of the old Robinson Laboratory of Astrophysics at the California Institute of Technology.



FIGURE 2. Here you see the author congratulating new PhD Dr. James E. Gunn, who had just successfully defended his doctoral thesis on what we now would call weak gravitational lensing. Walking briskly away is Robert F. Christy, who had participated in the "Manhattan Project" and who had been part of the examining committee. And standing in his office door, looking away, cigarette in hand is Guido Münch, thesis advisor of both Gunn and Trimble.

When You Wish Upon a Pulsar

It was nearly spring 1968 in Pasadena, California (well, other places too), and some very interesting news arrived from Cambridge, England, in the form of a serious letter from Antony Hewish to our radio astronomers there at Caltech and brief note to me from Peter A.G. Scheuer (also at the Cavendish Lab) saying "we seem to have had a visit from the Little Green Men." Yes, the first pulsar had been discovered and reported in the 24 February issue of Nature (A. Hewish, S.J. Bell, et al. 1968 Nature

217, 709-713, long for a Nature paper of the time), though the issue was late coming out and still later crossing the Atlantic, so that our letters were the first inkling.

I moved to Cambridge after defending my Crab Nebula thesis for the summer of 1968, not to the Cavendish, but to what was then Fred Hoyle's Institute of Theoretical Astronomy. Three more pulsars had been reported, lots of people were thinking and writing about them, and Jocelyn was still there to be met as brand new postdoc. Three timing mechanisms were still under discussion: pulsation of white dwarfs or neutron stars (as suggested in the pioneering Hewish et al. paper); rotation of similarly compact objects; or one of them being orbited by a planet or other fairly small, dense object (radio emission from Jupiter has some periodicity owing to the orbit of Io in its magnetic field).

Morning coffee time, and out of his sabbatical office came Robert F. Christy (whose back you see in "weak gravitational lensing"). He announced that the periods could not be orbits, because anything revolving that rapidly (and close in) around a WD or NS would be torn apart by tidal gravitational forces. By George! Bob had rediscovered the Roche limit. John Faulkner, then on the IOTA staff, had meanwhile been trying to get white dwarfs to pulsate as fast as the 0.25 second period of one of the next three pulsars to be announced. It was a very tight squeeze.

Trimble recrossed the Atlantic to her first real job, teaching at Smith College (1968-69), and radio astronomers using American facilities found pulsar NP0532 in the Crab Nebula. Great rejoicing all around, because it provided a plausible source for high energy electrons to keep the Crab X-rays shining (well, synchrotroning). Suddenly Jeffrey Scargle and Trimble with their 1968 theses on the Crab Nebula were experts on an astronomically hot topic! When that pulsar was found to be slowing down, while the longer-period ones were not, measurably, Trimble fitted a quadratic function to $P(t)$ and submitted it, on 29 November 1968 to Nature, where it appeared in the issue of 15 March 1969 (V. Trimble 1969 Nature 221, 1038). The paper has accumulated a grand total of five citations (compared to more than 1000 for the Hewish, Bell, et al. discovery paper I skip rapidly over the July, 1969 meeting of the Astronomical Society of the Pacific in Arizona, where, in the concluding summary talk, the solemn summarizer, Lodewijk Woltjer, began by saying "as usual, the distance to the Crab Nebula has been over-discussed." (Yes, my talk had been on the distance to the Crab Nebula, and it was

only when Trimble and Woltjer wrote together on the mass of the Crab that we converged on 2 kpc as the best bet). But let us hurry on to December, 1969 and the “Rome pulsar meeting” organized partly by Franco Pacini (later an IAU president).

The community had voted by a large majority for “rotating neutron stars with strong magnetic fields” as the correct mechanism, and been made aware that both Pacini and Woltjer had predicted in advance that, if neutron stars existed, they were likely to be rapid rotators with strong magnetic fields, based on conservation of angular momentum and magnetic flux as seen in massive main sequence stars. Yes Scargle and Trimble were both there, as junior participants, and also Peter Scheuer of the LGM (Little Green Men) letter (Figure 3).

Yes, pulsars are still rapidly rotating, strongly magnetized neutron stars, though the radio emission mechanisms are still under discussion. I had the privilege of hearing Chryssa Kouveliotou explain to me why some other sources had to be even more strongly endowed magnetars, before the model was published, but that is her story not mine.



FIGURE 3. Among the many participants at the December, 1969 Rome meeting on pulsars were (left to right) Peter August Georg Scheuer (who had written to VT about the Little Green Men), D.W.N. Stibbs of the University of Edinburgh, Jeffrey Drexel Scargle (who had recently completed a doctoral dissertation on the non-thermal emission from the Crab Nebula, working with Guido Münch, and author Trimble (whose thesis had been on the thermal emission from the Crab Nebula). The discovery of NP0532 had suddenly made us experts on a “hot topic.” The meeting was partly organized by Franco Pacini, one of the two astrophysicists (along with Lodewijk Woltjer) to predict that neutron stars, if they existed, would be rapid rotators with strong magnetic fields.

Quasar, Quasar, Burning Bright, and the Gunn-Peterson Effect

Well, at the start they were QSRSs for quasi-stellar radio sources, and Chandrasekhar, as editor of the *Astrophysical Journal* had refused to print the Q word, on the grounds that it had not been properly defined. Maarten Schmidt, a vital part of the discovery team (an event that occurred when I was still undergraduate) provided an acceptable definition and so it was a quasar spectrum he had been examining in the spring of 1965 when he came running down the hall of Robinson Lab to ask his colleagues whether they would like to see Lyman Alpha. This resonance line of hydrogen normally lies at an ultraviolet wavelength that does not penetrate the earth's atmosphere. But his new quasar was 3C9, with a redshift of 2.012, then a record that brought Ly Alpha into its visible spectrum.

Soon after, he showed the spectrum at the weekly Caltech astronomy colloquium. I was seated a few rows from the front, between Jim Gunn and Bruce Peterson. While the spectrum was still on the screen, Gunn muttered "that's important for cosmology." There was still flux to be seen blueward of that 1216 Å emission line, meaning that there could not be an enormous amount of neutral hydrogen between source and observer. After the colloquium, Gunn and Peterson went back to a grad student office, with me tagging along, to figure out just how good the constraint was.

It was very good, showing that the universe could not be closed by neutral gas (J.E. Gunn, B.A. Peterson 1965 *Astrophys. J.* 142, 1633 "On the density on Neutral Hydrogen in Intergalactic Space"). When absorption bluebird of Lyman Alpha was eventually seen in the spectra of high-redshift quasars, it appeared as a "Lyman alpha forest" of narrow lines due to discrete clouds along the line of sight. These added to the evidence for quasars being at the distances indicated by their redshifts (which was indeed important for cosmology as a falsifier of Steady State), and enabled John Bahcall to say at least once about a statistical analysis of the redshift distribution of the clouds that "these results are right; they were done by a computer."

Curiously, even before Gunn-Peterson appeared in print, *Nature* hosted a similar, though less thoroughly computed, conclusion, whose author had only heard about the spectrum, not seen it, our pulsar-letter-writing friend Peter A.G. Scheuer (1965 *Nature* 207, 962, published on 18 May).



FIGURE 4. Maarten Schmidt at spectral comparator (photo taken from Web).

It's an Ill Photon That Blows No Good

Yes, the audience really did break out in cheers and applause (though not quite a standing ovation), and session chair Geoff Burbidge really did mumble “what are you clapping for, the Universe?” It was the January, 1990 AAS meeting, and John Mather, principal investigator of the far infrared spectrometer on the COBE satellite had just put up an image of the spectrum, as close to a black body as could be measured with the on-board calibration source. (J.C. Mather 1990 BAAS 22, 121, “Spectra and sky maps” . . . , and the actual paper, J.C. Mather et al. 1990 *Astrophysical Journal* 354, L37, submitted 16 January 1990, just after the meeting. [Somehow results like this are not usually announced at regular society meetings these days]).

There were of course earlier moments in that story, one in 1965 when the issue of ApJ carrying the Penzias and Wilson discovery paper arrived at Robinson Laboratory of Astrophysics at Caltech. Then came the January, 1967 Texas Symposium on Relativistic Astrophysics in New York, the first since the discovery of what we all now call the CMB. George Gamow who (with Ralph Alpher and Robert Herman) really had predicted it. He demonstrated his continued fluency in his native Russian, conversing with Vitaly Ginzberg and Josef Shklovsky and also chaired a session including discussions of the CMB as it was then understood. His judgment? Well he said, I lost a nickel (5 K had been one of the predictions), and you found one. Who's to say its the same nickel. Luckily it was.

We peak at it once more in 2006, when Mather was awarded the Gruber Foundation Cosmology Prize. His lecture was, of course, excellent. I had the privilege of introducing him; he interjected a remark about having grown up in the country, and finding major cities a large surprise. The next laugh followed my response, that I had grown up in Los Angeles, and once a year the city brought a cow to visit us.

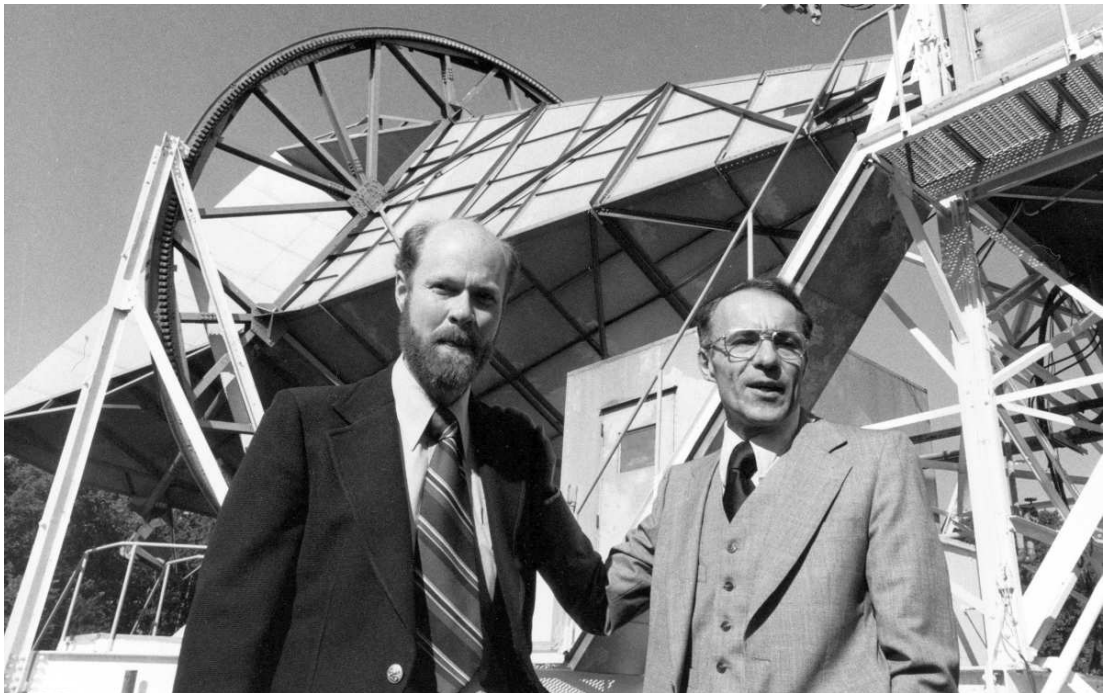


FIGURE 5. Robert W. Wilson (left) and Arno Penzias pose next to their antenna (photo taken from Web).



216

FIGURE 6. The first-ever conference devoted specifically to the solar neutrino problem took place at UC Irvine and the Western White House (summer home of then-President Richard Nixon) in early February 1972. It was demographically rather typical for its time, with about 60 participants (most of them in this photograph) that included exactly one women, your present author, who had been invited by Frederick Reines, then a dean at UCI, probably because he anticipated asking her to help with the proceedings and a publication based on the conference. These both happened, and the actual publication is “The solar neutrino problem: A progress report” and appears in *Reviews of Modern Physics*, with authors Trimble and Reines, in that order. Speakers at the conference put forward a very large number of possible explanations of the deficit in detected neutrinos, with names like “the solar spoon,” but also the correct explanation (due to Bruno Pontecorvo, who was not there) of neutrino oscillation between flavors.

Participants (L-R): Michael Mos; D.E. (Darragh Edmund) Nagle; Gerhart Friedlander, F.S. (Sherwood) Rowland, Meinhard Meyer, Ray Davis, Dennis Silverman, Richard Kandel, George Bozoki, T.A. (Thomas Anthony) Tombrello, Sidney Bludman, Ervin Fenyves, Roger Ulrich, Maurice Goldhaber, Kenneth Lande, A.G.W. (Alastair Graham Walter) Cameron, Clyde Cowan, Virginia Trimble, Max Wolfsberg, William Fowler, Robert Gould, J.K. Rowley, Icko Iben, David Schramm, John Bahcall, Robert Rood, Richard Sears, Raymond White, Liuz Alvarez, R.W. Kavanagh, F. (Frederick) Reines, Marshall Crouch, James Brooks, Mark Mendelkern, William Sandie, Herbert Chen, Carl Rouse, Henry Sobel, Henry Gurr, William Kropp, John Evans, Dennis Lowenthal, and Peter Landecker.

Synteza najcięższych pierwiastków układu okresowego – Cn 112, kopernik

Andrzej Warczak

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Kraków

Abstrakt. Artykuł został oparty na wykładzie wygłoszonym 30.11.2023 r. podczas Festiwalu *Kopernikaria*, zorganizowanego na Uniwersytecie Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie na okoliczność Roku Kopernika, obchodzonego w Polsce w 2023 roku. Znaczna część wykładu została poświęcona historycznemu ujęciu rozwoju wiedzy na temat atomowej budowy materii, gdzie po drodze „spotykamy” Mikołaja Kopernika, wskazującego, wraz z innymi „olbrzymami” epoki renesansu, nowe kierunki i metody prowadzenia rzetelnych badań naukowych. W pierwszych rozdziałach znajdziemy również podstawowe informacje na temat budowy atomu, a w szczególności jądra atomowego, aby ułatwić, nawet niezaprzyjaźnionym z fizyką czytelnikom, poznanie tajników odkrywania coraz bardziej masywnych atomów nowych pierwiastków. Tam, przy licznie atomowej $Z = 112$, natrafimy na nowy pierwiastek, któremu społeczność międzynarodowa postanowiła nadać nazwę *copernicium* (kopernik), aby uczcić Wielkiego Astronoma. W zasadniczej swej części artykuł przedstawia naukowy pejzaż poszukiwań coraz cięższych atomów, którego ciągle uciekający horyzont zmierza do skompletowania układu okresowego pierwiastków. W wielu miejscach artykuł nawiązuje do sytuacji na polskiej scenie naukowo-dydaktycznej powiązanej z omawianymi zagadnieniami.

Spis treści:

1. Wstęp – koncepcje budowy materii na przestrzeni wieków.
2. Atom i jego struktura.
3. Pierwiastki najcięższe – transuranowce.
4. Poszukiwania pierwiastków superciężkich – w drodze ku „wyspom stabilności”.
5. Pierwiastek Cn 112 – kopernik (copernicium).
6. Realia poszukiwań najcięższych pierwiastków na granicy siódmego i ósmego okresu tablicy Mendelejewa.
7. Prolog zamiast epilogu.

Wstęp – koncepcje budowy materii na przestrzeni wieków

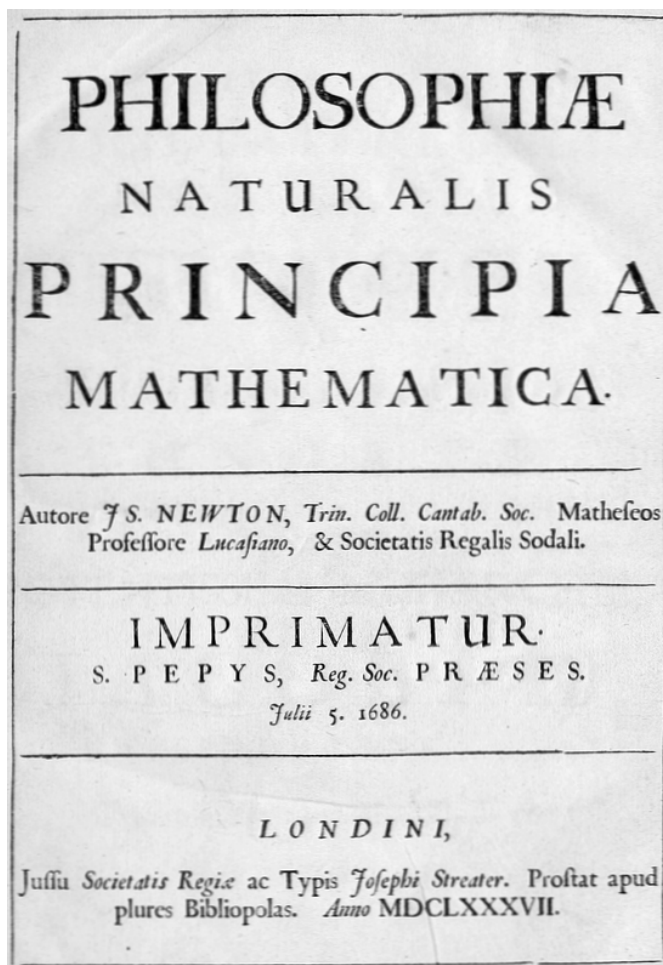
Jak jest zbudowany Wszechświat, jaka jest struktura materii, która go wypełnia? To dwa pytania ściśle powiązane ze sobą przez filozofów starożytnej Grecji, którzy równocześnie starali się poznać i opisać rządzące we Wszechświecie prawa przyrody, kładąc podwaliny pod rozwój dziedziny wiedzy, którą później nazwano fizyką. Za pierwszego filozofa przyrody uchodzi Tales z Miletu (625-545 p.n.e.). Postawił on bardzo uproszczoną hipotezę, że podstawowym budulcem Wszechświata jest woda. Jego uczeń, Anaksymander (610-547 p.n.e.), przyjął, że istnieje substancja pierwotna (apejron), która, pod wpływem nieustannego ruchu, kreuje cztery żywioły – powietrze, wodę, ziemię i ogień, podstawowe składniki materii. Zmieszane w różnych proporcjach decydują o właściwościach tak wytworzonych substancji. Koncepcję tę dopracował później Empedokles (490-430 p.n.e.), który cztery żywioły uznał za podstawowe, elementarne składniki budujące otaczającą nas materię. Taka koncepcja, ciągłej struktury materii, wykluczająca istnienie próżni, została później przyjęta przez Arystotelesa (384-322 p.n.e.), głównego konstruktora ówczesnej, całościowej wiedzy na temat praw funkcjonowania przyrody oraz budowy materii i Wszechświata. W początkowym okresie rozwoju starożytnej filozofii przyrody, z poglądami tymi konkurowały koncepcje atomistów, których najwybitniejszymi reprezentantami byli Leukippos z Miletu (480-420 p.n.e.) i jego uczeń Demokryt z Abdery (460-370 p.n.e.). Odrzucili poglądy zaprzeczające istnieniu próżni. Twierdzili, że materia składa się z niezmiernie małych i niepodzielnych cząstek (atomów) poruszających się w próżni. Swoje rozważania często opierali na obserwacjach, w przeciwieństwie do większości uznawanych przez Arystotelesa twórców koncepcji ciągłej budowy materii, którzy posługiwali się jedynie logicznymi wywodami i spekulacjami. Jak podsumował Arystoteles w *Polityce*: „...Kto bowiem życie rzemieślnika lub wyrobnika prowadzi, nie może uprawiać dzieł z cnotą związanych...”. W panującym wówczas ustroju niewolniczym jedynie wolni ludzie mogli oddawać się myśleniu. Obserwacje czy eksperymenty, jako czynności związane z pracą, nie były zajęciem godnym filozofa. Atomiści starożytności wyłamywali się nieco z tego kanonu, poszukując słuszności swoich koncepcji w wynikach obserwacji, przechodząc z pozycji spekulatywizmu na pozycje empiryzmu. Ponadto, wszelkie zmiany w przyrodzie (ruch, łączenie atomów) tłumaczyli przez proponowane przez nich przyczyny (prawa), co stawiało ich na pozycjach pierwszych deterministów. Było to przeciwieństwo do „zdroworozsądkowych” i opartych na finalizmie wyja-

śnienie wszelkich zmian (np. związanych z ruchem), a zawartych w nauce Arystotelesa. Filozofia atomistyczna nie zdominowała starożytnej filozofii przyrody, a gmach wiedzy stworzony przez Arystotelesa, promujący ciągłą strukturę materii przetrwał blisko dwa tysiące lat.

Atomistyczna koncepcja budowy materii ponownie wzbudziła zainteresowanie dopiero w wyniku przemodelowania metod poznawczych w okresie renesansu. Wielki nawrót do starożytnej kultury i wiedzy rozpoczął się we Włoszech na początku XIV wieku. Symbolicznie, rok 1300 (*Boska Komedia* – Dante Alighieri) uważany jest za początek tej epoki, która w pierwszej kolejności dotknęła humanistycznej sfery działalności człowieka. Ale stopniowo zmieniało się też podejście do metod poznawczych Wszechświata i zachodzących w nim zjawisk przyrodniczych, aby w konsekwencji lepiej poznawać obowiązujące w nim prawa przyrody (prawa fizyki). Empiryzm, ale wyróżniający się prowadzeniem rzetelnych i powtarzalnych obserwacji pozwolił skierować rozwój wiedzy w prawidłowym kierunku. Doskonale ujął to słowami jeden z wielkich animatorów renesansu Leonardo da Vinci (1452-1519): „...zanim wyciągniesz z tego wypadku prawo ogólne, doświadcz go dwa albo trzy razy bacząc, czy doświadczenie wywołuje te same skutki...”. Doskonałymi obserwatorami byli astronomowie, gdzie wśród najwybitniejszych tego okresu wymienić trzeba Mikołaja Kopernika (1473-1543) czy Tycho Brahe (1546-1601). Również Galileo Galilei (1564-1642), odkrywca zasady bezwładności i konstruktor tzw. „metody naukowej” badań, sprawdzającej się do dziś, był doskonałym obserwatorem i eksperymentatorem. Odziedziczona po starożytności atomistyczna koncepcja budowy materii była znana badaczom w epoce renesansu. Kopernik był również zwolennikiem tej koncepcji, co można odnaleźć we fragmentach rękopisu *De revolutionibus*. Znamienne, że te fragmenty nie ukazały się w wersji drukowanej jego dzieła. Należy tutaj podkreślić, że idea atomistycznej budowy materii była uważana w tamtym okresie za ateistyczną i sprzeczną z nauką Kościoła. Jednym z przykładów zwalczania tej idei, było zmuszenie francuskiego filozofa Nicolasa z Autrecourt do publicznego spalenia swych dzieł na temat atomizmu (Paryż, 1347).

Tworząc metodykę prowadzenia badań i uzyskując przy jej pomocy nowe informacje na temat budowy materii i praw fizyki, okres renesansu uutorował drogę rozwojowi nowożytnej fizyki klasycznej. Umożliwił Izaakowi Newtonowi (1643-1727) budowę jej fundamentów opisanych w dziele *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, które ukazało się drukiem w Londynie w roku 1687 (Rys.1). Zapewniło ono ponad dwustu-letni, dynamiczny rozwój badań struktury materii i rządzących nią praw.

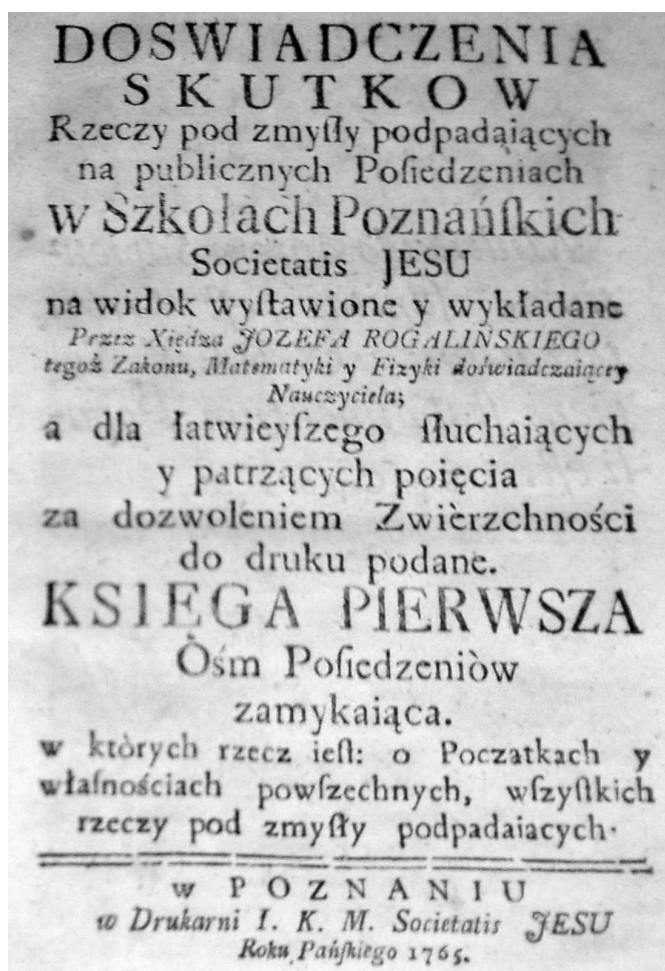
W późniejszym okresie, determiniści oświecenia byli mocno przekonani, że oparte na równaniach Newtona prawa ruchu zapewnią im pełną kontrolę nad zachowaniem się obiektów materialnych, łącznie z możliwością przewidywania ich zachowań w przeszłości i przyszłości. Do najbardziej zagorzałych zwolenników takiego przekonania należał Pierre Simon de Laplace (1749-1827), który, podczas jednej z dyskusji na ten temat, na pytanie Napoleona Bonaparte, gdzie jest więc miejsce dla Boga, miał odpowiedzieć: „...*sir, ta hipoteza nie jest mi potrzebna...*”.



RYSUNEK 1. Pierwsze wydanie Zasad Matematycznych Filozofii Przyrody Newtona wydane w Londynie w roku 1687 w nakładzie ok. 300 egzemplarzy.

Tymczasem, od ponownego zainteresowania się pojęciem atomu w dobie renesansu, ewoluowało ono przez kilka stuleci od stanu o charakterze czysto filozoficznym ku hipotezie naukowej, którą trzeba udowodnić. W roku 1771 zakończone zostały prace nad pierwszym tomem *Encyclopedia Britannica*. Stan wiedzy na temat atomu jest tam krótko opisany pod hasłem **atom**, którego autorem był William Smellie (1740-1795), szkocki drukarz, wydawca, antykwariusz. Napisał on: „*Atom. W filozofii, cząsteczka tak mała, że nie dopuszcza dalszego podziału. Atomy są*

minima naturae (najmniejszymi ciałami) i uważa się je za podstawowe zasady, czy też części składowe wszystkich wielkości fizycznych”. Wypracowane nowe metody badawcze pozwalały już na podjęcie prac nad ostatecznym udowodnieniem atomowej struktury materii. Warto podkreślić, że koncepcja atomistyczna była w tym okresie szeroko rozpowszechniana, również w Polsce. Przykład podręcznika omawiającego te treści, wydany w Poznaniu w roku 1765 i zawierający wykłady księdza Józefa Rogalińskiego, jest przedstawiony na Rys.2. Księga Pierwsza zawierała osiem wykładów (nazwanych posiedzeniami), w których omówiono, poparte opisami doświadczeń, makroskopowe dowody na atomo-























RYSUNEK 2. Księga Pierwsza wykładów księdza Józefa Rogalińskiego prowadzonych w szkołach zakonnych. Księga została wydrukowana w Poznaniu w drukarni zakonnej w roku 1765.

wą strukturę materii. Na przykład, w części trzeciej (Otwory w ciałach z rodzaju kruszców y kamieni) czytamy: „...*Latwiej jest być przekonanym o niezliczonych dziurkach, które przedzielają ciała, w rodzaju żywiołów, y zwierząt, a niżeli w rodzaju kruszców. Te bowiem ciała jako są gęściejsze, twardsze y nabitsze, tak zdają się nie mieć tych przedziałów między cząstkami swoimi. Lecz doświadczenie przeciwną cale rzecz*

*pokazuje. Nie masz kamienia tak twardego, aby w nim pełno dziurek nie było. Kryształy, diamenty, rubiny, mają zapewne swoje dziurki. Cóż bowiem znaczy w nich ta przezroczystość? Tylko to, że dają pomiędzy swemi cząstkami wolne przejście światłu, które do naszych oczu docho-
dzi...*". Wprawdzie przedstawione tu wyjaśnienie przezroczystości niektórych materiałów nie jest zgodne z obecnym stanem nauki, ale przebija z niego niezwykle mocne przekonanie o słuszności atomistycznej koncepcji budowy materii, która w tamtym okresie zakorzeniła się już silnie w rozpowszechnianej wiedzy.

Potwierdzenia słuszności koncepcji atomowej struktury materii poszukiwano, w pierwszej kolejności, w makroskopowych eksperymentach związanych z różnymi zjawiskami (przemiany chemiczne w gazach, przepływy prądu w elektrolitach, przepływy prądu w rozrzedzonych gazach). Za „naukowego ojca” atomu epoki nowożytnej uchodzi angielski chemik John Dalton (1766-1844), który w roku 1804, prowadząc badania nad składem reagujących ze sobą gazów, sformułował prawo stosunków wielokrotnych. Bardzo mocno wspierało ono słuszność hipotezy atomowej budowy materii. W roku 1808 ukazała się jego publikacja zatytułowana *Nowy system filozofii chemii*, w której przedstawił atomy, jako małe, sprężyste i przyciągające się wzajemnie niepodzielne kulki. J. Dalton zaproponował również oryginalną symbolikę [1] oznaczającą znane wówczas pierwiastki (Rys.3). W tym miejscu trzeba wymienić nazwiska takich badaczy eksperymentatorów jak Edme Mariotte (1620-1684), Robert Boyle (1627-1692), Jacques Charles (1746-1823), Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), czy Amadeo Avogadro (1776-1856), którzy odkrywając makroskopowe prawa przemian gazowych otworzyli Emile’owi Clapeyronowi (1799-1864) drogę do sformułowania w roku 1834 równania stanu gazu doskonałego opartego na przesłankach czysto empirycznych. Prawie równocześnie powstają podwaliny pod konstrukcję mikroskopowej kinetyczno-molekularnej teorii gazów, gdzie do opisu mechaniki cząsteczek tworzących gaz (atomów) zastosowano klasyczną fizykę Newtona. Początki tej teorii są zasługą Daniela Bernoulli’ego (1700-1792) i sięgają roku 1738. Istotnym impulsem tworzącym wiarygodność tej teorii było wyprowadzenie na drodze mikroskopowej znanych już empirycznych praw przemian gazowych. Do ugruntowania kinetyczno-molekularnej teorii przemian gazowych doszło w drugiej połowie XIX wieku dzięki pracom Rudolfa Clausiusa (1822-1888), Jamesa Maxwella (1831-1879), Ludwiga Boltzmanna (1844-1906) i Jozjasza Gibbsa (1839-1903). W tym okresie ostatecznie uznano atom za elementarny składnik wszelkich substancji. Należy tutaj przypomnieć, że pierwsze mikro-

skopowe informacje o atomowej budowie materii uzyskano już w roku 1827, gdy angielski botanik Robert Brown (1773-1858) zaobserwował chaotyczne ruchy pyłków kwiatowych w cieczkach, nazwane później ruchami Browna. Pełne, statystyczne wyjaśnienie tego zjawiska uzyskano w latach 1905-1906 za sprawą prac Alberta Einsteina (1879-1955) i Mariana Smoluchowskiego (1872-1917), bazujących na statystycznym opisie zachowania się składników cieczy (atomów), wynikającym z kinetyczno-molekularnej teorii budowy materii.

ELEMENTS					
	Hydrogen.	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus.	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	96
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

RYSUNEK 3. Zestawienie symboli, zaproponowane przez J. Daltona [1], oznaczających znane w tamtym okresie pierwiastki.

Badania przepływu prądu elektrycznego w cieczkach i gazach dostarczyły nie tylko dodatkowych dowodów na atomową strukturę materii, ale pokazały również, że atom nie jest niepodzielny, że posiada pewne części składowe. Zjawisko elektrolizy, czy wyładowania w rozrzedzonych gazach powodowały rozpad atomu na dwie elektrycznie naładowane części – masywną część naładowaną dodatnio i cząstki ujemnie naładowane o niewielkiej masie. Analizując prawa elektrolizy Faraday'a angielski fizyk George Johnstone Stoney (1826-1911) doszedł w roku 1868 do wniosku, że ładunki elektryczne są przenoszone przez składniki atomu porcjami i że porcje te muszą być wielokrotnością pewnej elementarnej porcji ładunku, którą nazwał elektronem. Nie wiązał on tej porcji

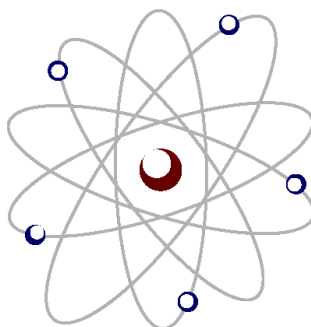
ładunku z żadną realną cząstką materii. Dopiero w latach 1896-1897 doświadczenia Josepha Johna Thomsona (1856-1940) nad przepływem prądu w gazach jednoznacznie pokazały, że elektron jest realnie istniejącym składnikiem każdego atomu, i że jego właściwości nie zależą od rodzaju atomu, w skład którego wchodzi. Thomson dokonał „rozbicia atomu” – odkrył pierwszą cząstkę subatomową, z której składają się wszystkie atomy (1906 – Nagroda Nobla). W okresie tym można było przeczytać w Warszawie, w opracowaniu *Co to są elektrony* (Warszawa 1905), przygotowanym przez Stanisława Tołłoczko (1868-1935), następującą informację: „...*Tak więc na podstawie powyżej rozpatrzonych faktów, dotyczących zdarzeń pozornie nie mających ze sobą żadnego związku (elektroliza, wyładowania w gazie), wyłania się z coraz większym prawdopodobieństwem przypuszczenie o istnieniu atomów elektrycznych, tj. elektronów, jako składników różnych atomów chemicznych ...*”. Z kolei Władysław Natanson (1864-1937) w swoich Szkicach z Dziedziny Fizyki Elektronowej, wydanych w Krakowie (Drukarnia „Czasu”, 1907), pisze: „...*Rozważanie zjawisk ionizacji w gazach postawiło nas przed jedną z najśmielszych konkluzyj współczesnego badania natury: elektryczność w ogóle ma budowę atomistyczną. Pojęcie elektronu, atomu elektryczności, wskazuje dziś drogę, po której, przez szereg lat, będzie poruszała się nauka. Nasuwało się ono zresztą od dawna. Zasada elektrochemii, prawo Faraday’a, ustanowiło od dawna związek ilościowy między masą materią a elektrycznością – lub mówiąc obrazowo, między atomem materii a elektronem ...*”

Atom i jego struktura

Początek XX wieku to okres tworzenia i dojrzewania tzw. fizyki współczesnej, zainicjowany w roku 1900 przez Maxa Plancka (1858-1947) rodzinami fizyki kwantowej. Po udanej próbie wyjaśnienia rozkładu promieniowania w widmie emitowanym przez tzw. ciało doskonale czarne, na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego 14-tego grudnia, ogłosił: „...*Wyłoniły się obecnie problemy, które w całe nasze fizyczne myślenie ingerują głębiej, aniżeli to kiedykolwiek uważano za możliwe...*”. Stała Plancka, h , stała się symbolem nadchodzącej epoki kwantowej. W roku 1918 Max Planck otrzymał za swe dokonania Nagrodę Nobla. Wręczając mu to wyróżnienie, ówczesny prezydent Szwedzkiej Akademii Nauk, dr A. C. Ekstrand, powiedział: „...*Profesorze Planck, Szwedzka Akademia Nauk wyróżniła Pana Nagrodą Nobla za rok 1918 w uznaniu Pańskich epokowych badań związanych z teorią kwantów. Teoria,*

pierwotnie powiązana z promieniowaniem ciała doskonale czarnego, zademonstrowała obecnie swoją słuszność w innych obszarach i prawach Przyrody, a stała liczbą, nazwaną Pańskim imieniem, która jest współczynnikiem proporcjonalności, opisuje wspólną, lecz dotąd nieznaną właściwość materii...”. W ten sposób, jak się wkrótce okazało, dalsze badania struktury atomu uzyskały skuteczne narzędzie – mechanikę kwantową, którym można było operować w mikroświecie atomu i otworzyć drogę do, możliwie najpełniejszego, współczesnego opisu jego budowy.

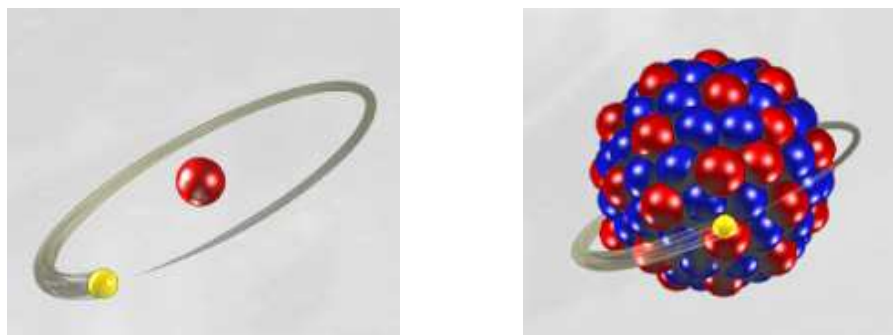
Tymczasem, po odkryciu elektronu (1897) J. J. Thomson zaproponował model budowy atomu. Uważał, że składa się on z jednorodnie dodatnio naładowanej, masywnej kuli, w której poumieszczone są nieruchome elektrony w liczbie pozwalającej zrównoważyć ładunek dodatni tak, aby atom pozostawał elektrycznie obojętny. W tamtym okresie rozmiary atomu szacowano różnymi metodami i wynoszą one ok. 0.1 nm (10^{-10} m), co jest zgodne ze współczesną wiedzą na ten temat. W ramach modelu Thomsona nie można było wyjaśnić struktury liniowych widm emitowanych przez wzbudzone atomy. Student Thomsona, Ernest Rutherford (1871-1937), pokazał w swoim słynnym eksperymencie (1911), że prawie cała dodatnio naładowana masa atomu skupiona jest w jego centrum w postaci niezwykle małego obiektu o rozmiarach rzędu femtometrów ($1 \text{ fm} = 10^{-15}$ m), który nazwano jądrem atomowym. Ernest Rutherford, odkrywca jądra atomowego, zaproponował kolejny model budowy atomu (Rys.4) przypominający strukturą układ planetarny, gdzie elektrony krążą wokół dodatnio naładowanego masywnego jądra. Obiekty takie nie mogły być jednak stabilne ze względu na, jak zakładano,



RYSUNEK 4. Atom Rutherforda o rozmiarach rzędu 10^{-10} m, z elektronami krążącymi wokół jądra o rozmiarach rzędu 10^{-15} m.

obowiązujące prawa klasycznej elektrodynamiki. Model ten „uratował” Niels Bohr (1885-1962), który klasyczne elementy, opisujące działanie modelu, uzupełnił regułami kwantowymi (tzw. postulaty Bohra). Tej „bezwstydnej” mieszance idei klasycznych i kwantowych, jak nazwali

ją recenzenci tego pomysłu, udało się wyjaśnić jakościowo i, do pewnego stopnia, ilościowo liniowe widma emitowane przez atomy niektórych pierwiastków, w szczególności przez atomy wodoru i jony tzw. wodoropodobne (Rys.5). Model atomu Nielsa Bohra zapoczątkował zagospoda-



RYSUNEK 5. Poglądowa prezentacja atomu wodoru (z lewej) i wodoropodobnego jonu uranu (z prawej). W obu przypadkach atomowe widma emisyjne generowane przez te obiekty dają się opisać stosunkowo prostymi wzorami wynikającymi z modelu Bohra. Seria Lymana (seria podstawowa) dla atomu wodoru znajduje się w obszarze bliskiego ultrafioletu (energije około 10 eV), natomiast w przypadku uranu promieniowanie tej serii jest promieniowaniem rentgenowskim (energije około 100 keV).

rowanie mikroświata atomu przez mechanikę kwantową. Albert Einstein docenił to później mówiąc: „...*Uważam, że gdyby nie Bohr, wciąż wiedzielibyśmy dziś bardzo niewiele na temat teorii atomu...*”. W roku 1922 Niels Bohr otrzymał Nagrodę Nobla za *Wkład do badań nad strukturą atomów i nad promieniowaniem przez nie emitowanym*. Na uroczystości wręczenia tej nagrody powiedział: „...*Podkreślić należy, że teoria atomu jest w stadium początkowym, a wiele fundamentalnych problemów wciąż oczekuje na rozwiązanie...*”. W latach następnych powstały kolejne elementy teorii atomu. Wymienić tu należy takich twórców jak: Erwin Schrödinger (1887-1961), Max Born (1882-1970), Werner Heisenberg (1901-1976), Paul Dirac (1902-1984), czy Wolfgang Pauli (1900-1958). Mimo niewątpliwych sukcesów mechaniki kwantowej, która nie miała alternatywy przy opisywaniu mikroświata atomu, niektórzy z jej twórców nie kryli swojego zawodu. Najstarszy z „kwantowych pionierów” lat 20-tych, Erwin Schrödinger, sformułował mechanikę falową w nadziei, że przywróci ona „zdrowe zmysły” teorii kwantów, a kiedy stwierdził, że jego słynne równanie falowe (1926) nie usunęło ostatecznie potrzeby „zagadkowych” procesów kwantowych (np. przeskoki kwantowe), powiedział o teorii, do której powstania się przyczynił: „...*nie podoba mi się to i żałuję, że kiedykolwiek miałem z tym do czynienia...*”.

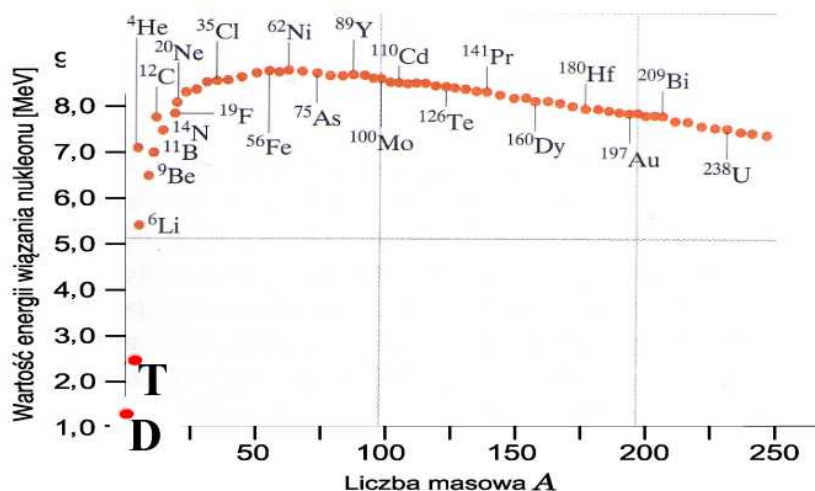
Równolegle rozwijały się badania nad strukturą jądra atomowego. Badania te okazały się być ściśle powiązane z prowadzonymi już wcześniej badaniami naturalnej promieniotwórczości pierwiastków. W roku 1896 rozpoczął je Henri Becquerel (1852-1908). Do prowadzenia takich badań dołączyli Ernest Rutherford, Maria Skłodowska-Curie (1867-1934) i Piotr Curie (1859-1906). Za wyniki tych prac Becquerel i małżonkowie Curie otrzymali w roku 1903 Nagrodę Nobla. W roku 1919 Ernest Rutherford, naświetlając jądra atomów azotu strumieniem cząstek α , emitowanych przez radioaktywny uran, odkrył proton – obdarzoną dodatnim ładunkiem elementarnym kolejną cząstkę subatomową, zaobserwowany po raz pierwszy składnik wszystkich jąder atomowych. Rok później sugerował istnienie neutronów, neutralnych cząstek o masie zbliżonej do masy protonu, których obecność w jądrze stabilizuje układ silnie odpychających się protonów. Istnienie neutronu zostało ostatecznie potwierdzone w roku 1932 przez Jamesa Chadwicka (1891-1974). W ten sposób skompletowano ostatecznie elementarne składniki atomu, które tworzą jego strukturę. Część zewnętrzna, to złożona z wielu elementów tzw. chmura elektronowa (Aneks), w której centrum ulokowane jest jądro atomowe o budowie zależnej od ilości protonów i neutronów. Badania dedykowane jądru atomowemu, skupisku egzotycznej i niezwykle gęstej materii, dostarczały dalszych informacji o jego strukturze. Rozwinęła się kolejna dziedzina badań atomu – fizyka jądrowa.

Atomy pierwiastków chemicznych charakteryzujemy przy pomocy dwóch liczb – tzw. liczby atomowej, Z , która określa liczbę protonów w jądrze, a więc i liczbę elektronów tworzących chmurę elektronową obojętnego elektrycznie atomu oraz tzw. liczby masowej, A , która określa liczbę nukleonów w jądrze atomowym, a tym samym jego masę.. Liczba Z identyfikuje pierwiastek chemiczny i jest „odciskiem palca” jego właściwości chemicznych. Wielkość $N = A - Z$ jest równa ilości neutronów w jądrze. Jądra atomowe konkretnego pierwiastka zawierają określoną przez Z liczbę protonów. Mogą one jednak zawierać różne liczby neutronów. Tak zróżnicowane obiekty nazywamy izotopami danego pierwiastka. Pierwiastek o nazwie X przyjęto oznaczać jako:



Wartość liczby A może się zmieniać dla danego pierwiastka w zależności od wybranego izotopu. Dla neonu, przykładowo, oprócz najczęściej występującego izotopu ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ istnieje w naturze, bogatszy w neutrony, izotop ${}^{22}_{10}\text{Ne}$. Jedynymi izotopami, które otrzymały nazwy własne są izotopy wodoru: ${}^1_1\text{H}$ (wodór), ${}^2_1\text{D}$ (deuter), ${}^3_1\text{T}$ (tryt).

Jądro atomowe to skomplikowany układ powiązanych ze sobą siłami jądrowymi nukleonów – protonów i neutronów. Powstały dwa podstawowe modele budowy jądra atomowego. Model kroplowy został zaproponowany przez George’a Gamowa (1904-1968) i opracowany przez Nielsa Bohra i Johna A. Wheelera (1911-2008). Model opiera się na założeniu podobieństwa jądra atomowego, zbudowanego z nukleonów, do kropli nieściśliwej cieczy zbudowanej z cząsteczek. Model ten dobrze opisuje zależność energii wiązania, przypadającej w jądrze na jeden nukleon, od liczby uwieczonych tam nukleonów (Rys.6). Model ten jest również przydatny przy rozpatrywaniu rozszczepienia masywnych jąder atomowych, porównywanego do rozszczepienia kropli cieczy. Równie znaczącą rolę odgrywa w fizyce jądrowej model powłokowy jądra, wzorowany na modelu powłoki elektronowej atomu. Twórcami tej koncepcji byli Maria Goeppert-Mayer (1906-1972) oraz pracujący niezależnie J. Hans Jensen (1907-1973). Za to dokonanie oboje zostali równocześnie wyróżnieni w roku 1963 Nagrodą Nobla. Do niektórych szczególnych właściwości obu tych modeli powrócimy przy omawianiu syntezy superciężkich jąder atomowych.



RYSUNEK 6. Wartość energii wiązania, przypadająca na jeden nukleon w jądrze atomowym o liczbie masowej A (liczba nukleonów w jądrze atomowym), wyznaczona eksperymentalnie. Przebieg tej krzywej można w znacznym stopniu odtworzyć przy pomocy modelu kroplowego, w szczególności dla większych liczb masowych ($A > 20$). Z przebiegu tej krzywej wynika, że stopniowa synteza jąder atomowych o masach $A \approx 60$ (Fe, Co, Ni) z lekkich jąder atomowych, poczynając od wodoru, jest źródłem energii i tłumaczy np. funkcjonowanie gwiazd. Wytworzenie cięższych jąder wymaga dostarczenia dodatkowej energii, gdyż energia wiązania jąder maleje ze wzrostem A . Warunki takie są tworzone w niektórych gwiazdach na końcowych etapach ich „życia”, umożliwiając powstawanie cięższych pierwiastków.

Na przestrzeni lat wszystkie pierwiastki chemiczne zostały zestawione i uporządkowane według ich rosnącej liczby atomowej i pogrupowane

zgodnie z powtarzającymi się cyklicznie podobieństwami ich właściwości chemicznych. Jest to tzw. układ okresowy pierwiastków, nazywany potocznie tablicą Mendelejewa. Twórcą tego układu jest Dmitrij Iwanowicz Mendelejew (1834-1907). W roku 1869 sformułował on prawo okresowości pierwiastków chemicznych. Mendelejew zestawiał w tabeli 63 znane wówczas pierwiastki, porządkując je zgodnie ze wzrastającym ciężarem atomowym i układał w grupy o podobnych właściwościach chemicznych. Aby uniknąć nieregularności w swojej tabeli, Mendelejew zostawił w niej trzy wolne miejsca. Okazało się, że w kolejnych latach odkryto pierwiastki o wymaganych właściwościach chemicznych, które wypełniły luki w tabeli – gal (1875), skand (1879) i german (1886). Prawo okresowości zostało później powiązane ze strukturą chmury elektronowej atomów (Aneks), a w szczególności z liczbą elektronów w zewnętrznej podpowłoce (tzw. walencyjnej). Liczba rozmieszczonych tam elektronów ma kluczowe znaczenia dla aktywności chemicznej pierwiastka. Rys.7 pokazuje częściowo uzupełniony już układ okresowy pierwiastków z czasów Mendelejewa. Najcięższym, umiejscowionym tam elementem jest uran, a w szczególności jego stabilny izotop $^{238}_{92}\text{U}$.

Gruppe 0.	Gruppe I.	Gruppe II.	Gruppe III.	Gruppe IV.	Gruppe V.	Gruppe VI.	Gruppe VII.	Gruppe VIII.
1.	H 1							
2.	He 4	Li 3	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19
3.	Ne 10	Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17
4.	Ar 18	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25
5.		Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35
6.	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Ta 43
7.		Rg 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53
8.	X 54	Cs 55	Ba 56	La 57-71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75
		Pu 79	Am 80	Pm 81	Sm 82	Eu 83	Gd 84	Zn 85
			Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	

RYSUNEK 7. Odrestaurowany obraz układu okresowego pierwiastków z czasów Mendelejewa umieszczony na ścianie Auditorium Chemicznego Politechniki Gdańskiej [2].

Przez ostatnie ponad 100 lat układ okresowy był uzupełniany kolejnymi, stopniowo odkrywanymi pierwiastkami. W dwóch następnych

rozdziałach skoncentrujemy się na omówieniu poszukiwań jąder atomowych najcięższych pierwiastków, poznając motywację tych poszukiwań i metody badawcze, które, czasem dopiero po upływie wielu lat, doprowadzały do uznania odkrycia i nadania nazwy nowemu pierwiastkowi.

Pierwiastki najcięższe – transuranowce

Na Rys.8 przedstawiono współczesny, zaktualizowany w 2022 roku, układ okresowy pierwiastków [7] zawierający wszystkie elementy, których odkrycie zostało potwierdzone, a nazwy zaakceptowane przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry). Jest to jedna z ważniejszych kompetencji tej organizacji, która powstała w roku 1919 w Londynie z inicjatywy towarzystw chemicznych z Niemiec, Francji i Wielkiej Brytanii. Jej siedziba znajduje się w Zurychu.

Key:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
atomic number		Symbol		name		abbreviated standard		atomic weight																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	H	hydrogen	1.008	+ 0.002	2	He	helium	4.008	+ 0.001	3	Li	lithium	6.94	+ 0.06	4	Be	beryllium	9.012	+ 0.0001	5	B	boron	10.81	+ 0.02	6	C	carbon	12.011	+ 0.002	7	N	nitrogen	14.007	+ 0.001	8	O	oxygen	15.999	+ 0.001	9	F	fluorine	18.998	+ 0.001	10	Ne	neon	20.180	+ 0.001	11	Na	sodium	22.990	+ 0.001	12	Mg	magnesium	24.305	+ 0.002	13	Al	aluminium	26.982	+ 0.001	14	Si	silicon	28.086	+ 0.001	15	P	phosphorus	30.974	+ 0.001	16	S	sulfur	32.06	+ 0.02	17	Cl	chlorine	35.45	+ 0.01	18	Ar	argon	39.95	+ 0.06	19	K	potassium	39.098	+ 0.001	20	Ca	calcium	40.078	+ 0.004	21	Sc	scandium	44.956	+ 0.001	22	Ti	titanium	47.867	+ 0.001	23	V	vanadium	50.942	+ 0.001	24	Cr	chromium	51.996	+ 0.001	25	Mn	manganese	54.938	+ 0.001	26	Fe	iron	55.845	+ 0.002	27	Co	cobalt	58.933	+ 0.001	28	Ni	nickel	58.693	+ 0.001	29	Cu	copper	63.547	+ 0.002	30	Zn	zinc	65.38	+ 0.001	31	Ga	gallium	69.723	+ 0.001	32	Ge	germanium	72.630	+ 0.008	33	As	arsenic	74.922	+ 0.001	34	Se	selenium	78.971	+ 0.008	35	Br	bromine	79.904	+ 0.003	36	Kr	krypton	83.798	+ 0.002	37	Rb	rubidium	85.468	+ 0.001	38	Sr	strontium	87.62	+ 0.01	39	Y	yttrium	88.906	+ 0.001	40	Zr	zirconium	91.224	+ 0.002	41	Nb	niobium	92.906	+ 0.001	42	Mo	molybdenum	95.94	+ 0.01	43	Tc	technetium	98.906	[87]	44	Ru	rhodium	101.07	+ 0.02	45	Rh	rhodium	102.91	+ 0.01	46	Pd	palladium	106.42	+ 0.01	47	Ag	silver	107.87	+ 0.01	48	Cd	cadmium	112.41	+ 0.01	49	In	indium	114.82	+ 0.01	50	Sn	tin	118.71	+ 0.01	51	Sb	antimony	121.76	+ 0.01	52	Te	tellurium	127.60	+ 0.03	53	I	iodine	126.90	+ 0.01	54	Xe	xenon	131.29	+ 0.01	55	Cs	caesium	132.91	+ 0.01	56	Ba	barium	137.33	+ 0.01	57-71	lanthanoids					58	Hf	hafnium	178.49	+ 0.01	72	Ta	tantalum	180.95	+ 0.01	73	W	tungsten	183.84	+ 0.01	74	Re	rhenium	186.21	+ 0.01	75	Os	osmium	190.23	+ 0.03	76	Ir	iridium	192.22	+ 0.01	77	Pt	platinum	195.08	+ 0.02	78	Au	gold	196.97	+ 0.01	79	Hg	mercury	200.59	+ 0.01	80	Tl	thallium	204.38	+ 0.01	81	Pb	lead	207.2	+ 1.1	82	Bi	bismuth	208.98	+ 0.01	83	Po	polonium	[209]	84	At	astatine	[210]	85	Rn	radon	[222]	86	Fr	francium	[223]	87	Ra	radium	[226]	88-103	actinoids					104	Rf	rutherfordium	[261]	105	Db	dubnium	[262]	106	Sg	seaborgium	[266]	107	Bh	bohrium	[264]	108	Hs	hassium	[277]	109	Mt	meitnerium	[269]	110	Ds	darmstadtium	[285]	111	Rg	roentgenium	[284]	112	Cn	copernicium	[285]	113	Nh	nihonium	[286]	114	Fl	flerovium	[289]	115	Mc	moscovium	[288]	116	Lv	livermorium	[293]	117	Ts	tennessine	[294]	118	Og	oganeson	[294]	57	La	lanthanum	138.91	+ 0.01	58	Ce	cerium	140.12	+ 0.01	59	Pr	praseodymium	140.91	+ 0.01	60	Nd	neodymium	144.24	+ 0.01	61	Pm	promethium	[145]	62	Sm	samarium	150.36	+ 0.02	63	Eu	europium	151.96	+ 0.01	64	Gd	gadolinium	157.25	+ 0.03	65	Tb	terbium	158.93	+ 0.01	66	Dy	dysprosium	162.50	+ 0.01	67	Ho	holmium	164.93	+ 0.01	68	Er	erbium	167.26	+ 0.01	69	Tm	thulium	168.93	+ 0.01	70	Yb	ytterbium	173.05	+ 0.02	71	Lu	lutetium	174.97	+ 0.01	89	Ac	actinium	[227]	90	Th	thorium	232.04	+ 0.01	91	Pa	protactinium	231.04	+ 0.01	92	U	uranium	238.03	+ 0.01	93	Np	neptunium	[237]	94	Pu	plutonium	[244]	95	Am	americium	[243]	96	Cm	curium	[247]	97	Bk	berkelium	[247]	98	Cf	californium	[251]	99	Es	einsteinium	[252]	100	Fm	fermium	[257]	101	Md	meitnerium	[258]	102	No	nobelium	[259]	103	Lr	lawrencium	[262]

RYSUNEK 8. Układ okresowy pierwiastków [3] zatwierdzony przez IUPAC w dniu 4 maja 2022 r. Podane są symbole pierwiastków opatrzone ich angielskimi nazwami. Nad symbolami umieszczono przyporządkowane im liczby atomowe (**Z**). Pod nazwami pierwiastków umieszczono wartości ich średnich mas atomowych uwzględniające rozkład izotopowy pierwiastków występujących w warunkach naturalnych. Przyjętą jednostką masy atomowej (1u – atomic mass unit) jest od 1961 roku 1/12 masy atomu ^{12}C . Warto pamiętać, że podane wartości mas atomowych są masami kompletnych atomów tzn., że poza masą nukleonów jądra atomu, która dominuje, obejmują również masę powłoki elektronowej, jak i wkład od deficytu masy związanego ze wszystkimi oddziaływaniami formującymi atom (szczególna teoria względności).

W dalszych rozważaniach będziemy korzystać głównie z bazującej na Rys.8 uproszczonej wersji układu okresowego (Rys.9). Jak wspomniano

w rozdziale poprzednim, każda z wyszczególnionych tam grup pierwiastków charakteryzuje się określonymi właściwościami chemicznymi, a te z kolei wynikają z liczby tzw. elektronów walencyjnych. Np. pierwiastki usytuowane w grupie **1** to, z wyjątkiem wodoru, tzw. metale alkaliczne (Li, Na, K,...). Są to pierwiastki bardzo aktywne chemicznie. Atomy tych pierwiastków mają jeden elektron walencyjny znajdujący się w niezapełnionej zewnętrznej podpowłoce – np. lit (Li) w podpowłoce **2s**, sód (Na) w podpowłoce **3s**, a potas (K) w podpowłoce **3d**. (W aneksie, na końcu tego artykułu, zdefiniowano pojęcia powłok, podpowłok i chmur elektronowych atomów.) Po przeciwnej stronie tabeli, w grupie **18**, znajdują się tzw. gazy szlachetne (He, Ne, Ar,...), które nie są aktywne chemicznie. Wszystkie atomy tej grupy, zgodnie z regułami **zakazu Pauliego**, mają całkowicie zapełnione elektronami podpowłoki walencyjne. Np. atom helu (He) ma zamkniętą, tzn. w pełni obsadzoną dwoma elektronami, podpowłokę **1s**, a atom argonu (Ar) ma całkowicie obsadzoną sześcioma elektronami zewnętrzną podpowłokę **3p**. Jeśli przejdziemy do cięższych pierwiastków układu okresowego (okres **6** i **7**, Rys.9), to szczególną uwagę zwracają dwie rodziny pierwiastków wyję-

Grupa →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Okres																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Lantanowce				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Aktynowce				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

RYSUNEK 9. Układ okresowy pierwiastków bazujący na oryginalnej wersji opublikowanej przez IUPAC w roku 2022.

te z tabeli – lantanowce i aktynowce. Okres **6** rozpoczynają cez (Cs) i bar (Ba) wypełniając zewnętrzną podpowłokę **6s**. W piętnastu lantanowcach (od lantanu – La do lutetu – Lu) wypełniana jest stopniowo elektronami nieobsadzona dotąd wewnętrzna podpowłoka **4f** i częściowo **5d**. Lantanowce oraz skand (Sc) i itr (Y), nazywane są tradycyjnie *metalami ziem rzadkich*. Lantanowce nie występują w przyrodzie w stanie

wolnym, lecz w minerałach takich jak monacyt, czy bastnezyt. Jedynie promet (Pm) w ogóle nie występuje w przyrodzie w sposób naturalny, gdyż wszystkie jego izotopy są niestabilne (radioaktywne) i powstają jedynie w wyniku rozpadu promieniotwórczego radioaktywnych jąder innych pierwiastków. Z kolei, okres **7** rozpoczynają frans (Fr) i rad (Ra), wypełniając zewnętrzną podpowłokę **7s**. W piętnastu aktynowcach (od aktynu – Ac do lorensu – Lr) wypełniana jest sukcesywnie wewnętrzna podpowłoka **5f** i częściowo **6d**. Do rodziny aktynowców należy uran, którego izotop $^{238}_{92}\text{U}$ jest najcięższym i bardzo słabo promieniotwórczym elementem chemicznym, występującym na Ziemi w sposób naturalny. Czas połowicznego rozpadu ($T_{1/2}$) jego jądra wynosi aż 4.9×10^9 lat, co, z praktycznego punktu widzenia, pozwala zaliczyć go do jąder dość stabilnych. Przypomnieć należy, że $T_{1/2}$ to czas, w którym połowa jąder zawartych w próbce ulega rozpadowi. Z aktynowców, jedynie tor (Th) i uran (U) występują naturalnie w dużych ilościach. Zawarte są w postaci związków chemicznych w różnych minerałach. Tor występuje w skorupie ziemskiej sześciokrotnie częściej niż uran. Jego jedyny izotop naturalny to $^{232}_{90}\text{Th}$ z czasem połowicznego rozpadu $T_{1/2} = 1.4 \times 10^{10}$ lat. Tor występuje często w piasku monacytowym w postaci ThO_2 , natomiast uran, w tzw. blendzie smolistej, zawierającej 60-80% UO_2 . Warto tutaj przypomnieć, że długie czasy rozpadu połowicznego dla toru i uranu, sięgające miliardów lat, są efektywnie wykorzystywane od roku 1907 (Bertram Boltwood [4]) przy radiodatowaniu warstw geologicznych Ziemi, bazując na sugestiach Rutherforda jeszcze z 1905 roku.

Pierwiastki o liczbach atomowych $Z > 92$ określane są wspólną nazwą transuranowców. Tutaj, jedynie neptun (Np) i pluton (Pu) występują w niewielkich ilościach w sposób naturalny. Większość aktynowców tej grupy jest pozyskiwana syntetycznie. Wykorzystywane są tu metody chemiczne albo fizyczne. Metody chemiczne, rozwijane w ramach tzw. chemii jądrowej, polegają na przeprowadzaniu wielostopniowych reakcji chemicznych z użyciem związków zawierających śladowe ilości transuranowców tak, aby uzyskać substancje o maksymalnej koncentracji tych pierwiastków. Metody fizyczne są skoncentrowane na przeprowadzaniu reakcji jądrowych. Pierwszą taką reakcją przeprowadził w 1919 roku Rutherford, w opisanym już w poprzednim rozdziale eksperymencie, który doprowadził do odkrycia protonu.



Naświetlanie („bombardowanie”) jąder azotu strumieniem cząstek α (jąder atomów helu), emitowanych z radioaktywnej próbki uranu, doprowadziło do wytworzenia jąder atomu tlenu i dodatkowo do uwolnienia swobodnych protonów uznanych za składniki wszystkich jąder atomowych. W ten sposób, odwieczne marzenie alchemików o przemianie pierwiastków zostało urzeczywistnione.

Często, reakcje jądrowe są przeprowadzane przy użyciu tzw. reaktorów jądrowych. Do naświetlania dobranych jąder atomowych wykorzystywany jest odpowiednio uformowany strumień neutronów wytwarzanych spontanicznie w reaktorze. Do wywoływania reakcji stosuje się również akceleratory jonów. Jądra jonów, rozpędzone do odpowiednio dużych prędkości, są zderzane z jądrami atomów przygotowanej tarczy, prowadząc do utworzenia jąder atomowych nowych pierwiastków.

Większość transuranowców z grupy aktynowców (${}_{95}\text{Am}$, ..., ${}_{103}\text{Lr}$) było zaobserwowanych po raz pierwszy po testach broni jądrowej, zapoczątkowanych w ramach *Projektu Manhattan* [5]. Program ten został uruchomiony w roku 1942 na polecenie prezydenta Franklina Delano Roosevelta. Celem programu było osiągnięcie przewagi militarnej nad Rzeszą Niemiecką. Zespoły włączone w ten projekt pracowały w wielu ośrodkach naukowo-badawczych na terenie USA. W działania włączył, między innymi, dwudziestu współczesnych i przyszłych noblistów. Pracami kierował Robert Oppenheimer (1904-1967), Rys.10.



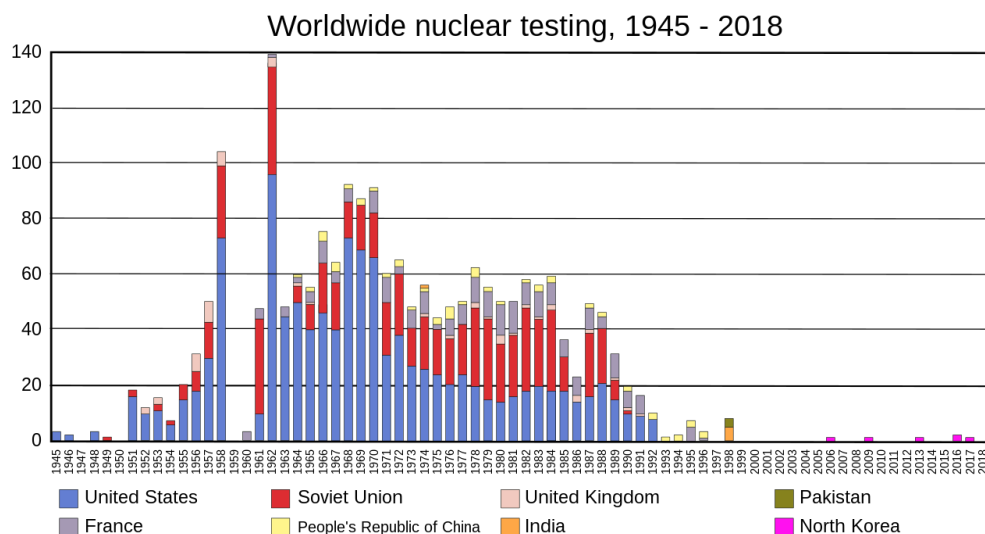
RYSUNEK 10. Robert Oppenheimer (pierwszy z lewej) wraz z Enrico Fermim i Ernestem Orlando Lawrence'em, bliskimi współpracownikami Oppenheimera przy *Projekcie Manhattan*.

W tzw. niedestrukcyjnej części *Projektu Manhattan*, Enrico Fermi (1901-1954, 1938 Nagroda Nobla) uruchomił na Uniwersytecie w Chicago pierwszy reaktor jądrowy. Reaktor umożliwiał kontrolowane pozyskiwanie energii jądrowej, wykorzystując w reakcji łańcuchowej proces rozszczepienia jąder $^{235}_{92}\text{U}$, gdzie, oprócz energii, wytwarzane są radioaktywne produkty rozszczepienia i neutrony. Mechanizm wymuszonego rozszczepienia niektórych jąder atomowych, po wchłonięciu powolnego neutronu, został zaproponowany i wyjaśniony teoretycznie w roku 1939 przez Lizę Meitner (1878-1968), po udanym eksperymencie (1938) rozszczepienia jądra uranu przeprowadzonym przez chemików, Otto Hahna (1879-1968) i Fritza Straßmanna (1902-1980). Jeden z etapów reakcji łańcuchowej zachodzącej w reaktorze, w wyniku rozszczepienia wymuszonego, jest zilustrowany na Rys.11. Odkrycia tej trójki badaczy, dotyczące rozszczepienia, dały podstawy do prac nad konstrukcją reaktorów jądrowych (proces kontrolowany), jak i bomby atomowej (niekontrolowany wybuch). Żadne z nich nie brało udziału w *Projekcie Manhattan*. Za te osiągnięcia jedynie Otto Hahn otrzymał Nagrodę Nobla z chemii w roku 1945 (za rok 1944). Korzystne warunki dla wymuszonego rozszczepienia są spełnione tylko dla niewielu izotopów np.: $^{235}_{92}\text{U}$, $^{233}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$.



RYSUNEK 11. Elementarny etap reakcji łańcuchowej zachodzącej w reaktorze, bazujący na modelu kropkowym Bohra. Jądro $^{235}_{92}\text{U}$ pochłania powolny neutron i, jak kropla cieczy wpadająca w drgania, rozszczepia się spontanicznie na dwie, na ogół asymetryczne, części. Procesowi temu towarzyszy emisja trzech neutronów, które prowadzą do powielającego się procesu rozszczepienia kolejnych jąder. Rozszczepienie ciężkiego jądra jest połączone z wydzielaniem energii (reakcja egzotermiczna), gdyż, zgodnie z zależnością przedstawioną na Rys.6, nukleony w jądrach pochodzących z rozpadu ($A \approx 100$) są silniej związane niż w pierwotnym jądrze uranu ($A = 235$).

Pierwszy testowy wybuch bomby atomowej, w ramach *Projektu Manhattan*, nastąpił 16 lipca 1945 r. [6]. Jako materiał rozszczepialny wykorzystano pluton. Wybuch ten zapoczątkował serię ponad dwóch tysięcy prób broni jądrowej przeprowadzonych przez wiele państw na świecie na przestrzeni kilkudziesięciu lat, Rys.12.



RYSUNEK 12. Liczba próbných wybuchów broni jądrowej przeprowadzanych rocznie na świecie na przestrzeni lat od 1945 r.

Podczas eksplozji nuklearnych temperatury mogą dochodzić, w niewielkim obszarze, nawet do 100 milionów kelwinów, a ciśnienia mogą wzrastać do miliardów atmosfer. Na krótki okres czasu tworzone tam są warunki umożliwiające syntezę, np. z dwóch jąder o masach $A > 100$, jąder najcięższych pierwiastków o masach $A > 200$. Są to warunki analogiczne do uzyskiwanych w wybuchach gwiazd supernowych, w których powstał np. cały uran, czy tor dostępny na Ziemi. Ludzie „przejęli” rolę słońca, co doprowadziło do zauważalnej obecności transuranowców rozpraszanych w miejscach wybuchów, lub roznoszonych w atmosferze po całym globie. Spektakularne były odkrycia izotopów einsteinu (Es, $Z = 99$) w roku 1952, czy fermu (Fm, $Z = 100$) w roku 1953, na atolach Oceanu Spokojnego po przeprowadzonych tam próbných wybuchach jądrowych.

Nie istnieją stabilne izotopy transuranowców, a możliwości ich badania i zastosowania zależą od charakteryzującego te izotopy czasu połowicznego rozpadu. W roku 1940 wytworzono w Kalifornii w LRL (Lawrence Radiation Laboratory) pierwsze izotopy najlżejszych transuranowców, neptunu (Np) i plutonu (Pu). Łącznie z uranem tworzyły one trio najcięższych znanych wówczas pierwiastków, jak trzy planety na krańcach Układu Słonecznego – Uran, Neptun, Pluton. Na arenę poszukiwaczy nowych pierwiastków wkroczył w tym okresie Glenn T. Seaborg (1912-1999) związany z Uniwersytetem Kalifornijskim w Berkeley, doradca naukowy dziesięciu prezydentów USA, kierujący przez dziesięć lat amerykańską Komisją Energii Atomowej, wyróżniony w roku 1951 Nagrodą Nobla z chemii, współodkrywca wielu transuranowców (Pu, Am,

Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No), w tym ponad 100 izotopów tych ciężkich pierwiastków. Odkryty w LRL w roku 1974, przez zespół Alberta Ghiorso, superciężki transaktynowiec o liczbie atomowej $Z = 106$ został nazwany jego imieniem (Sg, seaborg), ale do tych wydarzeń powrócimy w rozdziale następnym.

W przypadku omawianej grupy transuranowców, praktyczne zastosowanie znalazły jedynie pluton i ameryk. Pluton, a w szczególności jego izotop $^{239}_{94}\text{Pu}$ jest wykorzystywany szeroko w produkcji zbrojeniowej i w energetyce jądrowej. Z kolei radioaktywność izotopu $^{238}_{94}\text{Pu}$, silnie połączona z emisją cząstek α , powoduje emisję dużych ilości ciepła, co jest wykorzystywane w radioizotopowych generatorach termoelektrycznych zasilających prądem wyposażenie sond kosmicznych. Najważniejszym izotopem ameryku jest $^{241}_{95}\text{Am}$. Również, jako doskonały emiter szybkich i silnie jonizujących materię cząstek α , znalazł zastosowanie w przemysłowych licznikach przepływu oraz w czujnikach zadymienia (czujniki przeciwpożarowe). Ponadto, jest emiterym charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego o energiach w obszarze 10-30 keV oraz promieniowania γ o energii 59.5 keV. Jest ono wykorzystywane do precyzyjnej kalibracji spektrometrów promieniowania elektromagnetycznego w obszarze stosunkowo niskich energii. Czasami, izotopy pozostałych transuranowców tej grupy (Tab.1) są wykorzystywane jako tarcze w badaniach podstawowych do produkcji coraz cięższych jąder atomowych. Izotopy wytwarzane np. w laboratoriach USA były dostarczane do badań w laboratoriach Niemiec, Japonii, czy Rosji i wykorzystywane w eksperymentach prowadzonych przez duże zespoły międzynarodowe. Poważne trudności stanowi tu transport próbek, szczególnie w przypadku silnie radioaktywnych izotopów, charakteryzujących się krótkim czasem połowicznego rozpadu. Należy podkreślić, że wraz ze wzrostem Z i A wzrastają trudności związane z wytwarzaniem coraz masywniejszych izotopów. Prawdopodobieństwo syntezy nowych i cięższych atomów, definiowane przez wielkość tzw. przekroju czynnego, staje się coraz mniejsze. Produkcja nowych pierwiastków w ilościach makroskopowych staje się niemożliwa ze względu na potrzebę wydłużania czasu prowadzenia eksperymentu i jego koszty. Jako przykład niech posłuży synteza izotopu mendelewu $^{256}_{101}\text{Md}$ ($T_{1/2} = 77$ min.), gdzie podczas długiego naświetlania izotopu $^{253}_{99}\text{Es}$ cząstkami α o energii 41 MeV wyprodukowano jedynie siedemnaście atomów mendelewu. Zmierzenie się ze wzrastającymi trudnościami badań wymagało nowych impulsów, które przyspieszyłyby kontynuację poszukiwań kolejnych pierwiastków.

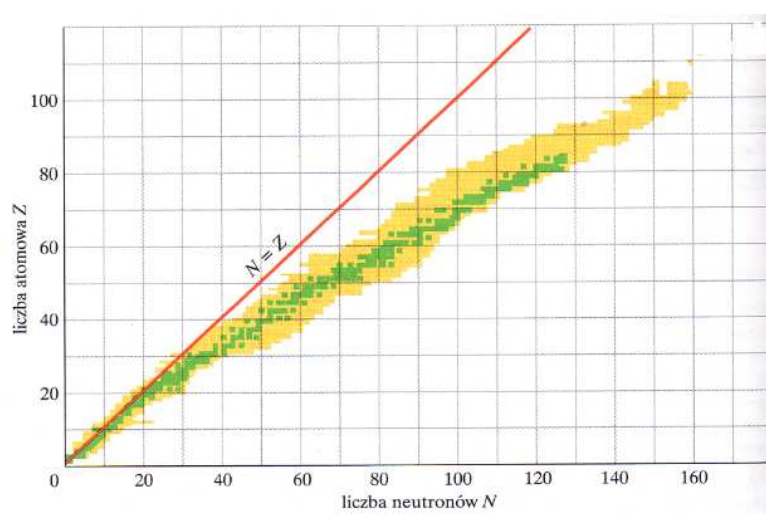
TABELA 1. Transuranowce z grupy aktynowców skompletowane w latach 1940-1966. Zestawienie pokazuje, że dominującą rolę w poszukiwaniu i identyfikacji transuranowców odegrały w latach 1940-1966 zespoły amerykańskie, afiliowane w laboratorium Kalifornijskiego Uniwersytetu w Berkeley i kierowane w większości przypadków przez Glenna T. Seaborga. Przez wiele lat był on niekwestionowanym światowym autorytetem w dziedzinie syntezy ciężkich jąder atomowych.

Z	symbol	nazwa	rok odkrycia	odkrywca	laboratorium
93	Np	neptun	1940	McMillan, Abelson	LBL
94	Pu	pluton	1940	Seaborg z zespołem	LBL
95	Am	ameryk	1944	Seaborg z zespołem	LBL
96	Cm	kiur	1944	Seaborg z zespołem	LBL
97	Bk	berkel	1949	Seaborg z zespołem	LBL
98	Cf	kaliforn	1950	Seaborg z zespołem	LBL
99	Es	einstein	1952	Ghiorso	LBL
100	Fm	ferm	1953	Seaborg z zespołem	LRL, ANL
101	Md	mendelew	1955	Seaborg z zespołem	LBL
102	No	nobel	1966	Flerov z zespołem	ZIBJ Dubna
103	Lr	lorens	1961	Ghiorso z zespołem	LBL

Poszukiwania pierwiastków superciężkich – w drodze ku „wyspom stabilności”

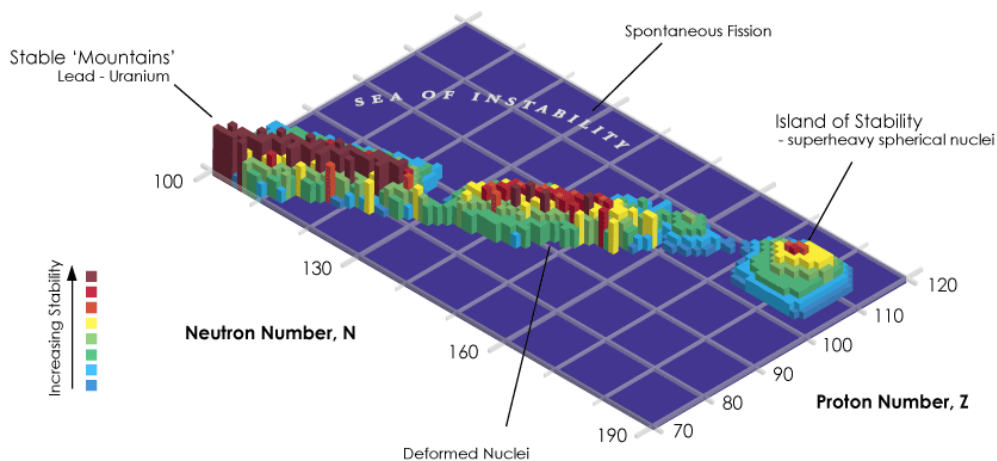
W latach 60-tych ubiegłego stulecia sukcesem zakończono poszukiwania pierwiastków z grupy aktynowców (Rys.13). Odkrycie ostatniego z transuranowców w tej grupie, lorensu (Lr), zapraszało do wyjścia poza aktynowce, aby kontynuować poszukiwania pierwiastków okresu siódmego, poczynając od $Z = 104$ (Rys.9). Sytuacja, nie zachęcała jednak do podejmowania dalszych badań, z kilku powodów. Po pierwsze, okazało się, że odkryte transuranowce (Tab.1) nie są stabilne, a odbiegający od sferycznego kształt jąder przyspiesza ich spontaniczny rozpad. Ponadto, wraz ze wzrostem masy (A) niestabilność powinna się zwiększać w wyniku malejącej energii wiązania nukleonów w jądrze (Rys.6). Po drugie, brak praktycznych zastosowań tych coraz cięższych pierwiastków, zniechęcał potencjalnych inwestorów do finansowania kosztownych badań, wymagających budowy bardziej zaawansowanych technicznie urządzeń, głównie potężnych akceleratorów ciężkich jonów, nowych detektorów cząstek, czy systemów akwizycji danych eksperymentalnych. Lżejsze transuranowce wytwarzano naświetlając ciężkie tarcze neutronami lub cząstkami α , na ogół z naturalnych źródeł promieniotwórczych. Mendelew ($Z = 101$) był jednak ostatnim pierwiastkiem, który otrzymano przy zastosowaniu tak lekkich pocisków – zabrakło już odpowiednio ciężkich tarcz. W konsekwencji od przyszłych źródeł pocisków – akceleratorów, wymagano możliwości przyspieszania jonów praktycznie wszystkich pierwiastków układu okresowego, dużego i precyzyjnie sterowanego zakresu dostępnych energii i coraz większych intensywności wiązek rozpadanych

jonów, podyktowanych coraz mniejszymi przekrojami czynnymi na planowane w przyszłości reakcje jądrowe. W końcu, oczekiwano na towarzyszące takim badaniom precyzyjne obliczenia struktury zderzających się i nowo tworzonych jąder, aby, w miarę dokładnie, określić warunki zapewniające syntezę możliwie stabilnych układów. Tutaj, nieocenione okazały się obliczenia uwzględniające model powłokowy budowy jąder i właściwości jąder tzw. **magicznych**, które gwarantują sferyczność ich budowy, poprawiając stabilność jądra. Jak wspomniano, w jednym z poprzednich rozdziałów, model powłokowy jądra jest wzorowany na modelu powłok elektronowych atomu. Z modelu tego wynika, że jądra z powłokami kompletnie wypełnionymi nukleonami są silniej związane, a więc bardziej stabilne. Liczby protonów i neutronów kompletujących powłoki nazywamy **liczbami magicznymi**. Liczby magiczne, to dla protonów i neutronów: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, a dla neutronów jeszcze dodatkowo 184. Jądra z magiczną liczbą protonów lub neutronów noszą nazwę **jąder magicznych**. Jądra z magicznymi liczbami protonów i neutronów to **jądra podwójnie magiczne**, o sferycznej budowie i wyjątkowej stabilności. Doskonałym przykładem jest tutaj ołów ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. W wielu przypadkach jest to element kończący łańcuch rozpadów promieniotwórczych cięższych niestabilnych pierwiastków. Znane, w tamtym okresie, izotopy pierwiastków układu okresowego prezentuje w przybliżeniu Rys.13, dając punkt wyjścia do planowania dalszych eksperymentów. Wszystkie poznane aktynowce zostały uwzględnione na wykresie. Żaden pierwiastek chemiczny, cięższy od ołowiu, nie posiada stabilnych izotopów.



RYSUNEK 13. Izotopy pierwiastków znanych w latach 60-tych XX w., kwadraty zielone to izotopy stabilne, kwadraty żółte obejmują schematycznie obszar poznanych izotopów niestabilnych (promieniotwórczych).

Entuzjaści poszukiwań transaktynowców ($Z > 103$), nazwanych przez nich pierwiastkami superciężkimi, nie dawali jednak za wygraną. W roku 1966 powstała hipoteza istnienia obszaru superciężkich pierwiastków, których izotopy mogą mieć znaczną trwałość. Obszar ten nazwano *wyspą stabilności*, a termin został wprowadzony do fizyki przez Williama Myersa i Władysława Świąteckiego [7] i był intensywnie promowany przez Glenna Seaborga. Ówczesne obliczenia wskazywały na położenie tego obszaru w okolicy $Z = 114$. Pokazały się prezentacje, które plastycznie ilustrowały ten obszar, Rys.14.

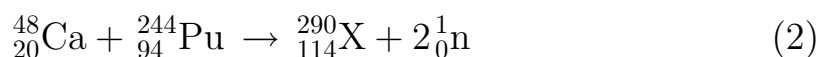


RYSUNEK 14. Położenie *wyspy stabilności* sugerowane na wczesnym etapie poszukiwań superciężkich jąder [8].

Koncepcja ta była bardzo atrakcyjna. Przypuszczano nawet, że w przypadku sugerowanego długiego czasu połowicznego zaniku tego pierwiastka ($Z = 114$), jego pozostałości mogły się zachować w minerałach pierwotnych elementów skorupy ziemskiej od czasu ich wytworzenia w procesach astrofizycznych gwiazd. W latach 1969-1972 prowadzono poszukiwania tego pierwiastka w rzadkich minerałach noszących nazwę monacytu, zawierających mieszanki soli fosforowych lantanowców i niektórych aktynowców (Th, U). Czasami zawartość toru mogła tam sięgać 33%, a uranu 6%. Największe złoża tego minerału znajdują się w magmowych skałach Madagaskaru. Głównie tam pobierano próbki do badań. Wspecjalizowały się w tych badaniach dwa zespoły, z Berkeley i z Dubnej. Ostatecznie, po nieudanych analizach składu monacytu, zrezygnowano z tych poszukiwań i skoncentrowano się na wypróbowanych, i dotąd skutecznych, metodach syntezy nowych jąder atomowych.

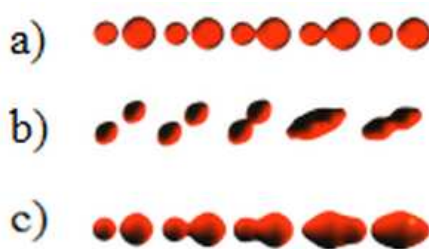
Duża atrakcyjność wskazanej *wyspy stabilności* spowodowała jednak, że konkurujące ze sobą przez lata zespoły, LBL w Kalifornii i ZIBJ w Dubnej, chciały „z marszu” wyprodukować jądro dla $Z = 114$, pomijając doświadczenia, które można było zebrać przy produkcji lżejszych

jąderek, poczynając od $Z = 104$. W Berkeley przeprowadzono taką próbę już w roku 1969, a w Dubnej w roku 1977. W tym drugim przypadku zastosowano metodę tzw. „gorącej fuzji”, bombardując tarczę plutonową jądrami wapnia o stosunkowo dużej energii. Poniżej przedstawiono schemat reakcji zastosowanej przy próbie syntezy jądra nienazwanego jeszcze pierwiastka X o liczbie atomowej $Z = 114$.



Próby przeprowadzone w obu laboratoriach nie dały pozytywnych wyników. Stosowane aparatury wymagały daleko idących modyfikacji, związanych ze zwiększeniem intensywności wiązek jonów, jak i z systemem detekcji cząstek. Tymczasem, podjęto systematyczne prace nad poszukiwaniem brakujących dotąd superciężkich elementów tablicy Mendelejewa – transaktynowców w obszarze liczb atomowych od 104 do 118, by skompletować siódmy okres tablicy (Rys.9). Już w roku 1969 udało się zespołowi A. Ghiorso z Berkeley przeprowadzić syntezę jądra pierwiastka dla $Z = 104$, nazwanego rutherfordem (Rf) na cześć Ernesta Rutherforda. Nazwa ta została zatwierdzona przez IUPAC dopiero w roku 1997, po rozstrzygnięciu sporu o pierwszeństwo odkrycia tego pierwiastka między laboratoriami w Berkeley i Dubnej. Do kontrowersji w sprawie ustalenia pierwszeństwa i nadania pierwiastkowi nazwy, doszło między obydwoma zespołami przy kolejnym odkryciu w latach 1969-1970. Tym razem dotyczyło to $Z = 105$. Amerykanie uzyskali nowy pierwiastek bombardując jądra (Cf) jądrami azotu (N), a Rosjanie naświetlając tarczę z ameryku (Am) pociskami neonu (Ne). Dramatyczny spór przeciągnął się również do roku 1997, gdy połączone gremia IUPAC i IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) ostatecznie rekomendowały dla tego pierwiastka nazwę dubn (Db). Podobnym sporem zagrożone były sukcesy związane z odkryciem kolejnego transaktynowca – $Z = 106$. Do syntezy jądra tego pierwiastka doszło w roku 1974. W czerwcu, w Dubnej przeprowadzono eksperyment z tarczą ołowiu (Pb) bombardowaną chromem (Cr), jednak wynik nie był przekonująco jednoznaczny. Z kolei, w Berkeley, trzy miesiące później, udało się syntezę tego jądra podczas naświetlania tarczy z kaliforniu (Cf) jądrami tlenu (O). Ponieważ przedłużająca się „wojna o nazwy” stała się krępującą dla obu stron, spór zamrożono. Dopiero dużo później zaproponowano nazwać ten pierwiastek seaborgiem (Sg), dla uczczenia wkładu Glenna Seaborga w poszukiwania transuranowców, co zostało zatwierdzone przez IUPAC w roku 1997.

Tworzenie coraz masywniejszych, a więc coraz słabiej związanych jąder atomowych (Rys.6), wymagało specjalnych zabiegów eksperymentalnych, aby nowe jądro mogło zostać uznane za jądro nowego pierwiastka chemicznego. Dwa zbliżające się do siebie i silnie naładowane dodatnio ładunki (jądro pocisku i jądro tarczy) muszą przewyciężyć ogromne odpychanie kulombowskie (przejsć przez tzw. barierę kulombowską), aby ulec połączeniu w nowe, tzw. jądro złożone. Po „wpadnięciu” w jądro tarczy, nadmiarowa energia pocisku jest deponowana wewnątrz jądra złożonego, silnie je rozgrzewając (wzbudzając). Naturalny proces ochładzania, czyli pozbycia się nadmiaru tej energii w formie np. emitowanych cząstek α , czy neutronów, mógłby prowadzić do utraty zbyt dużej masy przez jądro złożone i cel syntezy nie zostałby osiągnięty. Na schłodzenie jądra złożonego i stworzenie przez procesy jądrowe bardziej stabilnego układu wymagany jest czas około 10^{-16} s. Aby już ochłodzone jądro mogło zostać uznane za jądro atomowe nowego pierwiastka, musiałoby „przetrwać”, zgodnie z ustaleniami IUPAC, przez jeszcze co najmniej 10^{-14} s. Czas ten jest niezbędny do neutralizacji nowego jądra w procesie odtwarzania zewnętrznej powłoki elektronowej układu atomowego, co gwarantuje uzyskanie kompletnych właściwości chemicznych nowego pierwiastka. Oznacza to, że jądra o stabilności wyznaczonej przez $T_{1/2}$, którego wartości są rzędu femtosekund (10^{-15} s), lub poniżej, nie stworzą nowego pierwiastka. Aby poprawić sytuację, przynajmniej minimalizując stopień wzbudzenia jądra złożonego, a w konsekwencji związanych z chłodzeniem strat masy, do produkcji jąder superciężkich zastosowano w wielu przypadkach tzw. „zimną syntezę”. Zasadę doboru prędkości zderzenia dla tej metody ilustruje Rys.15. Wyznaczenie optymalnej wartości tej prędkości wymaga wykonania wielu zaawansowanych obliczeń dotyczących struktury jąder obu zderzających się partnerów, oszacowa-



RYSUNEK 15. Poglądowa ilustracja sposobu doboru szybkości zderzenia pocisku i tarczy dla „zimnej syntezy” w celu uzyskania optymalnego efektu: a) szybkość za mała, aby mogło powstać jądro złożone, b) szybkość zbyt duża, rozgrzane jądro złożone rozpada się, c) szybkość właściwa, rozgrzane jądro złożone „przeżywa” i, ewentualnie, może skompletować powłokę elektronową.

nia przekrojów czynnych na wytworzenie nowego jądra i oszacowania

czasu jego rozpadu promieniotwórczego ($T_{1/2}$), aby ustalić możliwość skompletowania atomu. Starano się ustalać warunki zderzenia tak, aby nowe i wzbudzone jądro pozbywało się najwyżej kilku neutronów w procesie relaksacji. Metodę „zimnej syntezy” przetestowano po raz pierwszy w Dubnej w roku 1974.

W latach 70-tych ubiegłego wieku do grona laboratoriów konkurujących w poszukiwaniach superciężkich pierwiastków dołączył Instytut Badań Ciężkich Jonów w Darmstadt (Niemcy). Instytut ten został założony w roku 1969 pod nazwą Gesellschaft für Schwerionenforschung GmbH (GSI). W początkowym okresie działania tego ośrodka badawczego, podstawowym urządzeniem służącym do prowadzenia badań był UNILAC (**U**niversal **L**inear **A**ccelerator), uniwersalny liniowy akcelerator ciężkich jonów, Rys.16. Mógł przyspieszać jony praktycznie wszystkich dostępnych pierwiastków układu okresowego, początkowo do energii 11.4 MeV/u, powiększonej później do 11.6 MeV/u. Rozruch akceleratora i eksperymenty testujące rozpoczęły się w roku 1974.



RYSUNEK 16. Akcelerator UNILAC w instytucie GSI w Darmstadt w fazie początkowych eksperymentów lat 70-tych.

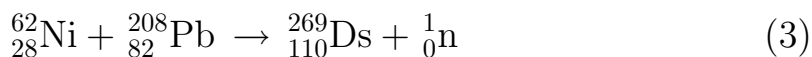
Pracę nad syntezą superciężkich jąder rozpoczął tam zespół kierowany początkowo przez Petera Armbrustera (1931). Głównym zadaniem zespołu była „żegluga” ku mocno wtedy popularyzowanej „wyspie stabilności”. Trwające około pięciu lat prace przygotowawcze, połączone

z budowaniem i testowaniem aparatury doprowadziły do odkrycia w latach 1981-1996 sześciu superciężkich pierwiastków, Tab.2.

TABELA 2. Zestawienie pierwiastków, w których odkryciu wziął udział zespół z GSI. W kolumnie oznaczonej $T_{1/2}$ zestawiono czasy połowicznego zaniku dla najtrwalszych, zaobserwowanych izotopów tych pierwiastków.

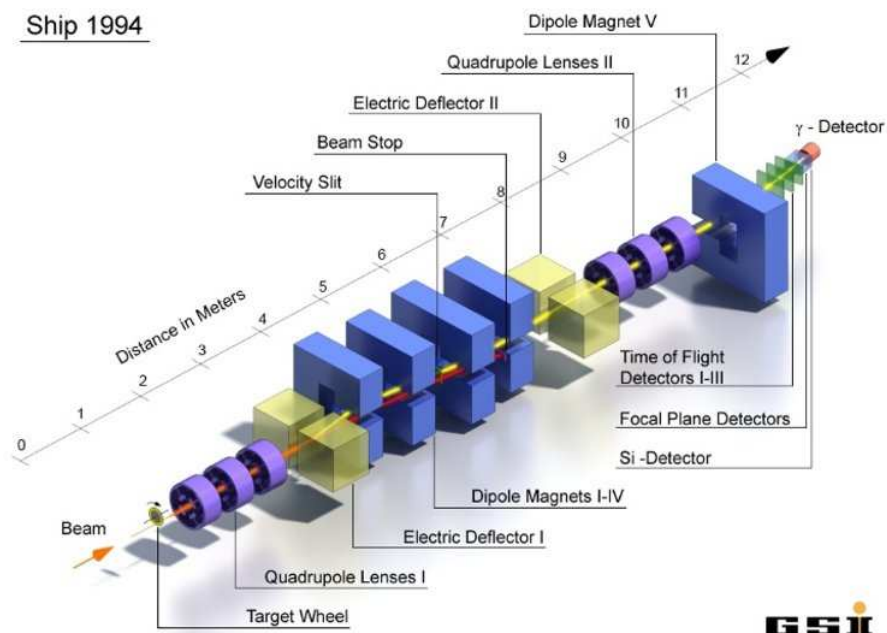
Z	symbol	nazwa	rok odkrycia	rok akceptacji przez IUPAC	$T_{1/2}$ [s]
107	Bh	bohr	1976,1981	1997	17
108	Hs	has	1983,1984	1997	22
109	Mt	meitner	1982,1988	1997	8
110	Ds	darmstadt	1994	2003	66
111	Rg	roentgen	1994,2002	2004	26
112	Cn	kopernik	1996	2010	34

W przypadku Bh (Tab.2) eksperyment w Dubnej z 1976 r. został ostatecznie zweryfikowany wynikami prac w GSI w roku 1981, a nazwa pierwiastka, na cześć Nielsa Bohra, została zaproponowana przez fizyków z Darmstadt. Natomiast, w przypadku Hs (Tab.2) IUPAC uznała wyniki badań przeprowadzonych w Darmstadt (1984) za bardziej wiarygodne od dubieńskich (1983) i ostatecznie zespół niemiecki nadał odkrytemu pierwiastkowi nazwę has od nazwy Hesji, regionu w którym leży Darmstadt. Syntezy Mt dokonano w GSI dwukrotnie (1982, 1988), ale dopiero wyniki drugiego z eksperymentów zostały zaakceptowane przez IUPAC. Nazwa pierwiastka (meitner) honoruje Lisę Meitner. W okresie prawie dwudziestu lat zespół z Darmstadt zbudował i udoskonalał swoje główne urządzenie badawcze, separator fragmentów reakcji ciężko-jonowych. Stworzony dla tej aparatury akronim SHIP (Separator for **H**eavy **I**on reaction **P**roducts) jednoznacznie nawiązuje do celu jaki przyświecał pracom w laboratorium Petera Armbrustera – „żegludze” ku „wyspie stabilności”. Na Rys.17 pokazana jest wersja aparatury SHIP z roku 1994, która posłużyła do syntezy trzech najcięższych pierwiastków wyszczególnionych w Tab.2 – Ds, Rg, Cn. Najistotniejsze elementy tej aparatury można oglądać od września 2022 r. w Muzeum Niemieckim (Deutsches Museum) w Monachium. Modelowo przeprowadzono w Darmstadt „zimną syntezę” darmsztadu (Ds) podczas naświetlania tarczy z ołowiu pociskami niklu:



Uroczystość nadania temu pierwiastkowi nazwy, związanej z Darmstadt, odbyła się w instytucie GSI w grudniu 2003 r. Na Rys.18 przedstawiony jest zespół badaczy, który w zasadniczo podobnym składzie doprowadził do odkrycia roentgeny (Rg) i koperniku (Cn). Kopernikowi, ze względu

na motywację powstania tego artykułu i jego tytuł, poświęcony zostanie kolejny rozdział.



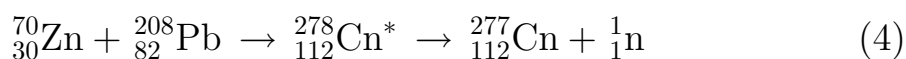
RYSUNEK 17. Separator produktów reakcji jądrowych (SHIP) prowadzących do syntezy jąder superciężkich pierwiastków, wersja z roku 1994 [9]. Końcowa sekcja tego urządzenia służy do jednoznacznej identyfikacji nowego jądra.



RYSUNEK 18. Zespół odkrywców darmstadtium na zdjęciu z roku 2003, na przodzie (drugi z prawej z brodą) Peter Armbruster, który był już wtedy na emeryturze, tuż przed nim (trzymający plakat) jeden z kolejnych liderów zespołu Sigurd Hofmann (1944-2022), tuż powyżej niego ówczesny lider zespołu SHIP Gottfried Münzenberg (1940-2024).

Pierwiastek Cn 112 – kopernik (copernicium)

Zespół SHIP w Darmstadt konsekwentnie zmierzał w kierunku postulowanej „wyspy stabilności”, dokonując syntezy kolejnych elementów układu okresowego. Po odkryciu darmsztadu, udało się wkrótce (Tab.2) dokonać syntezy dwóch kolejnych superciężkich jąder przyporządkowanych do liczb atomowych 111 i 112. Roentgen (Rg, $Z = 111$) otrzymał nazwę w roku 2006. Synteza kolejnego pierwiastka, koperniku (Cn, $Z = 112$), udała się zespołowi pod kierownictwem Sigurda Hoffmanna w dniu dziewiątego grudnia 1996 r. Zastosowana reakcja „zimnej syntezy” przebiegła zgodnie z zapisem:



Jądro koperniku zostało otrzymane w wyniku naświetlania tarczy z ołowiu jonami cynku. Wzbudzone jądro izotopu 278, emitując neutron, przekształciło się w jądro izotopu 277. W eksperymencie tym otrzymano tylko jedno jądro izotopu ${}_{112}^{277}\text{Cn}$. Syntezę udało się powtórzyć w Darmstadt w roku 2000 i wyznaczyć czas połowicznego rozpadu tego jądra ($T_{1/2} \approx 0.4$ s). Japoński zespół z RIKEN Laboratory w Wako dwukrotnie potwierdził (2004, 2007) odkrycie dokonane w GSI, które ostatecznie zostało zatwierdzone przez IUPAC w lipcu 2009 r. Zespół Sigurda Hoffmanna zaproponował dla nowego pierwiastka nazwę, której celem było upamiętnienie Mikołaja Kopernika – kopernik (łac. copernicium) oznaczony symbolem Cn. Oficjalne nadanie nazwy, ogłoszone opinii światowej przez IUPAC, nastąpiło w dniu 19-tego lutego 2010 r. w 537-mą rocznicę urodzin Wielkiego Astronoma. Na międzynarodowej konferencji (XXXII Mazurian Lakes Conference on Physics), która odbyła się we wrześniu 2011 r. w Piaskach, Sigurd Hoffmann powiedział: „...*Wszyscy członkowie zespołu SHIP zdecydowali jednogłośnie, aby uhonorować słynnego astronoma Mikołaja Kopernika, którego dokonania miały wyjątkowy wpływ na naukową i polityczną myśl ludzkości i na postęp nowoczesnej nauki bazującej na wynikach eksperymentów...*” i dalej „...*Jest dla mnie szczególnie przyjemnością prezentowanie wyników naszych badań na konferencji w Piaskach, niedaleko od Torunia, miejsca urodzin Mikołaja Kopernika, i od Fromborka, miejsca jego pracy i jego pochówku...*” [10]. Uroczystość nadania imienia „nowonarodzone-mu” pierwiastkowi odbyła się w GSI w Darmstadt 12-tego lipca 2010 r. Rys.19 i Rys.20 ilustrują fragmenty tej uroczystości.



RYSUNEK 19. Sigurd Hofmann podczas uroczystości nadania nazwy „nowonarodzonemu” pierwiastkowi (12-ty lipiec 2010 r.)



RYSUNEK 20. Fragment uroczystości nadania nazwy nowemu pierwiastkowi (Cn) odkrytemu w GSI, pierwszy po prawej Peter Armbruster – pierwszy lider i organizator zespołu SHIP, obok niego, zaproszony na uroczystość, Jerzy Szwed – ówczesny podsekretarz stanu w polskim Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego (12-ty lipiec 2010 r.)

Kopernik (Cn) należy do 12-tej grupy układu okresowego (Rys.9) i powinien wykazywać pewne podobieństwo chemiczne do leżącej nad nim rtęci (Hg). Badanie właściwości chemicznych superciężkich pierwiastków jest niezwykle utrudnione w wyniku ograniczonych możliwości dostępu do rzadkiego (nieliczne atomy) i nietrwałego materiału. $T_{1/2}$ dla najdłuższej „żyjącego” z poznanych izotopów koperniku wynosi około 30 sekund ($^{285}_{112}\text{Cn}$). Przewiduje się, że Cn jest cieczą o gęstości ok. 14 g/cm^3 . Chmura elektronowa koperniku składa się z chmury elektronowej radonu (Rn) uzupełnionej podpowłokami 5f, 6d i 7s. Ostatecznie, strukturę pełnej chmury elektronowej Cn można zapisać w postaci: $[\text{Rn}]5f^{14}6d^{10}7s^2$. Przy tak dużym ładunku jądra atomowego ($Z = 112$) elektrony walencyjne (7s) mogą podlegać silnym efektom relatywistycznym. W wyniku ich

działania, właściwości chemiczne tego pierwiastka, prognozowane wynikami obliczeń prowadzonych metodami chemii kwantowej, są obarczone dużą niepewnością (np. stopień utleniania). Intensywne poszukiwania bardziej stabilnych izotopów Cn trwały w latach 1998-2007 [14] i były prowadzone przez zespoły GSI, Dubnej, Berkeley, gdy podejrzewano, że może istnieć izotop ${}_{112}^{283}\text{Cn}$ z $T_{1/2} = 5$ min. Ostatecznie, hipoteza ta nie została potwierdzona. W każdym razie, wyniki analiz, które zostały przeprowadzone podczas syntezy pierwiastków wyszczególnionych w Tab.2, jednoznacznie pokazały, że trend wyraźnego skracania $T_{1/2}$ ze wzrostem Z , dla najtrwalszych izotopów pierwiastków superciężkich został wstrzymany. Należy przypomnieć, że dla Lr (103) czas ten wynosił jeszcze 3.6 h, dla Rf (104) ten czas to 1.4 h, a dla Sg(106) już tylko 2.4 min. W obszarze $Z = 107-112$ czas $T_{1/2}$ ustabilizował się na poziomie kilkudziesięciu sekund, sugerując bliskość „wyspy stabilności”, co było jednym z czynników zachęcających do dalszych poszukiwań.

Realia poszukiwań najcięższych pierwiastków na granicy siódmego i ósmego okresu Tablicy Mendelejewa

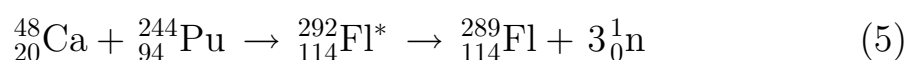
Poszukiwania kolejnych ciężkich jąder ($Z > 112$) ruszyły prawie równolegle z odkryciem Cn. Na listę odkrywców lub współodkrywców nowych superciężkich pierwiastków wpisują się nowe aktywne zespoły z: Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL – centrum badawcze założone w Livermore, Kalifornia, w 1953 r. i finansowane przez Amerykański Departament Energii), Oak Ridge National Laboratory (ORNL – centrum badawcze założone w Oak Ridge, Tennessee, w 1943 r., największe laboratorium finansowane przez Amerykański Departament Energii) i wspomniane już laboratorium RIKEN (założony w roku 1917 w Wako, koło Tokio, Instytut Badań Fizycznych i Chemicznych, RIKEN jest akronimem japońskiej nazwy instytutu). Tab.3 prezentuje zestawienie ostatnich odkrytych pierwiastków siódmego okresu tablicy Mendelejewa.

Jądra atomowe dla $Z > 112$ były produkowane, przeważnie, z wykorzystaniem „gorącej syntezy” i przy użyciu jak najcięższych izotopów, zarówno atomów tarczy jak i uderzających w nie pocisków. W wyniku tego zabiegu liczone na uzyskanie możliwie najbogatszych w neutrony, a więc często najbardziej stabilnych, izotopów nowych pierwiastków. Z oczywistych względów impet badawczy był ukierunkowany na $Z = 114$. Już pod koniec 1998 r. dokonano syntezy tego pierwiastka w ZIBJ

TABELA 3. Jądra superciężkich pierwiastków okresu siódmego odkryte w latach 1999-2009. Większość z nich została wytworzona w ZIBJ w Dubnej w międzynarodowych zespołach z udziałem naukowców z LLNL i ORNL. Ostatnia kolumna podaje czasy połowicznego rozpadu dla najtrwalszych izotopów.

Z	symbol	nazwa	rok odkrycia i laboratorium	rok akceptacji przez IUPAC	$T_{1/2}$ [s]
113	Nh	nihon	2004 RIKEN	2015	19.6
114	Fl	flerov	1999 Dubna	2011	2.6
115	Mc	moskow	2004 Dubna + LLNL	2016	0.22
116	Lv	liwermor	2000 Dubna + LLNL	2012	0.053
117	Ts	tenes	2009 Dubna + ORNL	2016	0.088
118	Og	oganeson	2002 Dubna + LLNL	2015	0.0007

w Dubnej. Eksperyment udało się powtórzyć na początku 1999 r. Dokonano syntezy flerowu ($Z = 114$), podczas naświetlania tarczy plutonowej jądrami wapnia. Przebieg reakcji ilustruje poniższy wzór:



Po licznych modyfikacjach aparatury pomiarowej wykorzystano tu pomysł użyty już w roku 1977 (wzór 2), który nie dał wtedy oczekiwanych wyników.

Dopiero w roku 2009 wyniki eksperymentu dubieńskiego, sprzed dziesięciu lat, zostały potwierdzone w Berkeley i w GSI w Darmstadt. Ostatecznie odkryto nowy pierwiastek ($Z=114$), ale istnienie „wyspy stabilności” w tym miejscu układu okresowego nie urzeczywistniło się, a okres połowicznego rozpadu pierwiastków tej grupy (Tab. 3) systematycznie malał ze wzrostem Z . W roku 2011 pierwiastkowi nadano nazwę flerow dla uczczenia Georgija Fliorowa (1913-1990), organizatora Laboratorium Reakcji Jądrowych w ZIBJ w Dubnej (FLNR – Flerow Laboratory for Nuclear Reactions). Równocześnie prowadzone były intensywne prace teoretyczne nad poszukiwaniem najlepszych struktur jeszcze cięższych jąder, które mogłyby spełniać warunek zapewniający podtrzymanie fenomenu „wyspy stabilności”. Większość tych prac [10] była oparta o tzw. model makroskopowo-mikroskopowy (MM). Rozwijane były różne metody obliczeniowe: samo-uzgodnionego uśrednionego pola, relatywistycznego uśrednionego pola, czy metody półempirycznego modelu powłokowego. W prognozowaniu właściwości coraz cięższych jąder atomowych wychodzono stopniowo poza siódmy okres tablicy Mendelejewa. Znaczący wkład w teoretyczne aspekty tych badań mieli polscy naukowcy. Wspomnieć wypada przede wszystkim fizyków skupionych początkowo wokół Adama Sobiczewskiego (1931-2017, [11]). W grupie tej byli Janusz Skalski, Zygmunt Patyk, Robert Smolańczuk, Piotr Jachimowicz,

czy Michał Kowal. Wprowadzone przez Sobiczewskiego i jego współpracowników pojęcia „podwójnie magiczne jądro zdeformowane” oraz „zdeformowane jądra superciężkie” weszły na stałe do języka fizyki jądrowej. Swoimi pracami (np. [12]-[14]) w znacznym stopniu wpłynęli i będą nadal wpływać na decyzje eksperymentatorów w LBNL, w Darmstadt, czy Dubnej, przy syntezie superciężkich pierwiastków. W ostateczności, przewidywane położenie „wyspy stabilności” i związanej z nią zamkniętej („magicznej”) powłoki protonowej przesunęło się w kierunku $Z = 120, 124, 126$. Z kolei dla neutronów spodziewano się silnie związanej powłoki dopiero przy liczbie $N = 184$, co wymagało by syntezy izotopów o masach $A > 300$.

Wyniki teoretycznych rozważań zachęcały do dalszych poszukiwań coraz cięższych jąder atomowych. Przy okazji zdarzały się niestety nierzetelności w publikowanych opisach wyników badań, a czasem wręcz oszustwa naukowe. Najbardziej znana „wpadka” dotyczyła wyników eksperymentów przeprowadzonych w Berkeley (LBNL, 1999), a związanych z rzekomym odkryciem atomów pierwiastków o liczbach atomowych $Z = 116$ i $Z = 118$. Artykuł opisujący to „odkrycie” ukazał się w *Physical Review Letters (PRL)*, jednym z najbardziej prestiżowych amerykańskich czasopism naukowych. W roku 2001 opinia światowa została zaskoczona przez oświadczenie opublikowane przez wydawcę *PRL*, potwierdzające wycofanie informacji o odkryciu pierwiastków 116 i 118 z artykułu w *PRL*:

Editor’s note: On July 27, 2001, the results reported below were retracted through a correspondence with *Physical Review Letters*.

BERKELEY, CA: Discovery of two new “superheavy” elements has been announced by scientists at the U.S. Department of Energy’s Lawrence Berkeley National Laboratory. Element 118 and its immediate decay product, element 116, were discovered at Berkeley Lab’s 88-Inch Cyclotron by bombarding targets of lead with an intense beam of high-energy krypton ions. Although both new elements almost instantly decay into other elements, the sequence of decay events is consistent with theories that have long predicted an “island of stability” for nuclei with approximately 114 protons and 184 neutrons.

“We jumped over a sea of instability onto an island of stability that theories have been predicting since the 1970s,” said nuclear physicist Victor Ninov who was first author of a paper that has been submitted to *Physical Review Letters*.

W roku 2002, dykcja LBNL przyznała, że wyniki rzekomego odkrycia zostały sfałszowane przez Victora Ninova, głównego autora publika-

cji w *PRL*, [15]. Wydarzenie to wyczuliło IUPAC i IUPAP na potrzebę coraz dokładniejszych „dochodzeń”, prowadzących do akceptacji odkryć nowych pierwiastków, co z kolei wydłużyło czas ich trwania. Ostatecznie, oba te pierwiastki otrzymano w Dubnej w ramach współpracy z Amerykanami z Livermore (LLNL). Liwermor ($Z = 116$), nazwany tak dla podkreślenia znaczenia laboratorium z Livermore, został wytworzony w roku 2000, a oganeson ($Z = 118$) w roku 2002. Nazwa oganeson pochodzi od nazwiska Jurija Oganiesiana, fizyka kierującego od kilkadziesiąt lat w Dubnej pracami nad syntezą superciężkich pierwiastków. Jurij Oganiesian został, po Glennie Seaborgu, drugim fizykiem, którego imieniem, jeszcze podczas jego życia, nazwano pierwiastek chemiczny.

W przypadku pierwiastków siódmego okresu, wytworzonych w Dubnej (Tab. 3), zastosowano schemat „gorącej syntezy” a jako pocisku użyto „podwójnie magicznego” jądra wapnia ($^{48}_{20}\text{Ca}$). Wymagało to zastosowania ciężkich radioaktywnych tarcz Am, Cm, Bk, czy Cf, aby uzyskać odpowiednią liczbę masową (A) wytwarzanego jądra, co znacznie komplikowało prowadzenie eksperymentów. Jedynie japoński zespół w RIKEN, kierowany przez Kosuke Moritę (1957), zastosował jako pocisk, w schemacie „zimnej syntezy”, znacznie cięższe jądro cynku ($^{70}_{30}\text{Zn}$), co pozwoliło użyć lżejszej tarczy – naturalnego i stabilnego izotopu bizmutu ($^{209}_{83}\text{Bi}$). Synteza nowego pierwiastka ($Z = 113$) powiodła się w roku 2004, a jego nazwę (nihon), na cześć kraju odkrywców, ogłoszono w roku 2015.

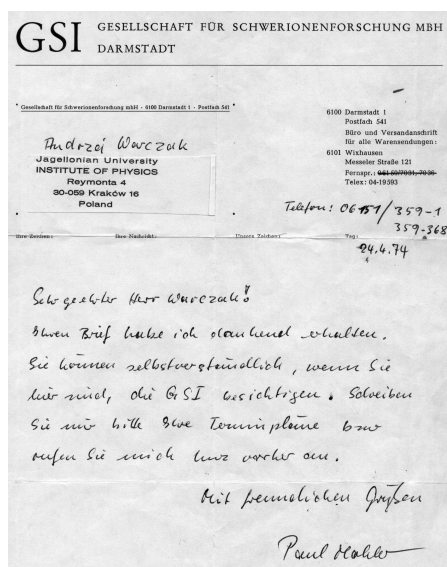
Budowa ósmego okresu tablicy Mendelejewa jest, jak wspomniano powyżej, głównie przedmiotem badań teoretycznych. Nawet umieszczenie pierwiastka, o ustalonym $Z > 118$, w ściśle określonym miejscu układu okresowego wydaje się być bardzo niepewne. Jest to związane z trudnościami w uzyskaniu prawidłowego opisu struktury powłoki elektronowej atomów dla $Z > 118$. W pierwszej i drugiej dekadzie XXI w. były wprowadzane podejmowane próby syntezy pierwiastków dla $Z = 119$ i 120 (Dubna, GSI, RIKEN), ale, ze względu na ekstremalnie małe przekroje czynne dla zaplanowanych reakcji, zakończyły się niepowodzeniem. Poszukiwacze „wyspy stabilności” znaleźli się obecnie na skrajnej granicy możliwości dostępnych technologii eksperymentalnych.

Nieoczekiwanie, kolejny impuls wzmagający zainteresowanie superciężkimi pierwiastkami nadszedł pod koniec ubiegłego roku z Uniwersytetu Arizony w Tucson. Zespół Johanna Rafelskiego opublikował doniesienie [16] o możliwości występowania na asteroidzie 33 Polyhymnia pierwiastka o gęstości przekraczającej blisko ośmiokrotnie gęstość oło-

wiu. Z przedstawionych przez ten zespół teoretycznych rozważań wynika, że mógłby to być pierwiastek o $Z = 164$. Czyżby dopiero w okolicy tak dużych liczb atomowych należało poszukiwać „wyspy stabilności”? A może we wnętrzach gwiazd ta „praca” już dawno została wykonana?

Prolog zamiast epilogu – co skłoniło mnie do napisania tego artykułu

Po ukończeniu studiów zacząłem poszukiwać ciekawej tematyki na doktorat i na dalsze „życie naukowe”. Wpadł mi wtedy w ręce (1972) biuletyn informacyjny Instytutu Badań Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadt. Uruchamiany w GSI nowoczesny akcelerator ciężkich jonów (Rys.16) stwarzał unikalne możliwości badań w wielu dziedzinach fizyki. Synteza nowych, superciężkich jąder atomowych, domena fizyki jądrowej, to był jeden z ważnych aspektów wyzwań stawianych tam naukowcom, któremu poświęciłem poprzednie rozdziały tego artykułu. Instytut GSI proponował również możliwości badań w obszarze fizyki atomowej ciężkich jonów, jak i w dziedzinie badań materii skondensowanej. Postanowiłem nawiązać kontakt z zespołem Petera Armbrustera i spróbować odwiedzić ten instytut. Po wymianie korespondencji i otrzymaniu zgody na wizytę w GSI, ze strony Paula Moklera ówczesnego bliskiego współpracownika Petera Armbrustera (Rys.21), zorganizowałem latem 1974 r. wakacyjny wypad do Darmstadt. Wyjazd ten mogłem sfinansować dzięki stu dwudziestu dolarom, które w tamtym okresie można było zakupić oficjalnie (a więc po „niskiej” cenie) w biurze turystycznym. Z duszą na ramieniu, zameldowałem się na portierni instytutu, gdzie serdecznie przywitał mnie Paul Mokler i oprowadził po wykańczanych jeszcze laboratoriami. Akcelerator już pracował. Poznałem Petera Armbrustera i wielu członków jego zespołu, z którymi przyszło mi później współpracować. Przypadek zrządził, że w ten dzień poznałem również Waltera Greinera (1935-2016), ówczesnego guru frankfurckiej teoretycznej fizyki jądrowej oraz zaprzyjaźnionego z nim Glenna Seaborga, laureata nagrody Nobla w dziedzinie chemii, niestrudzonego poszukiwacza nowych ciężkich pierwiastków. Obaj też byli gośćmi w GSI. Przyszła pora na obiad. Walter Greiner zapakował całą czwórkę (Glenna Seaborga, Paula Moklera i mnie, doktoranta z Polski) do swojego Volkswagena „garbusa” i udaliśmy się do położonej koło Egelsbach, nieistniejącej już, restauracji „Julischka”. Nie pamiętam co jedliśmy, ale pamiętam, że koszty obiadu poniosło GSI. Prowadzona wtedy rozmowa wprowadziła mnie po raz pierwszy w fascynujący świat superciężkich atomów.



RYSUNEK 21. „Zielone światło” do odwiedzin GSI w lecie 1974 r.

Ostatecznie, w kolejnych latach zebrałem w GSI materiał doświadczalny na doktorat. Skusiła mnie jednak tematyka związana bliżej z fizyką atomową niż z fizyką jądrową. W szczególności, tematyka ta dotyczyła proponowanej przez GSI wizji tworzenia tzw. kwaziatomów, struktur powstających na krótki okres zbliżania się do siebie, podczas zderzenia, dwóch „chmur elektronowych” – pędzącego jonu (Z_1) i atomu tarczy (Z_2). Przy odpowiednio dobranej prędkości oba jądra zbliżają się do siebie na tak niewielką odległość, że obie chmury elektronowe, a przynajmniej część elektronów wewnętrznych powłok, tworzy jeden układ kwaziatomowy. Na krótką chwilę twór ten przejawia właściwości atomu, którego elektrony podlegają oddziaływaniu z jądrem atomowym o ładunku $Z = Z_1 + Z_2$. Kwaziatom może emitować promieniowanie, tzw. „kwaziatomowe”, które jest sygnaturą jego struktury. Oba jądra nie muszą łączyć się ze sobą, lecz mijając się w ruchu po trajektorii wyznaczonej przez oddziaływanie kulombowskie, determinują zachodzące tam procesy atomowe. I właśnie takimi procesami ([17]-[19]) zajmowałem się przez kolejnych kilkadziesiąt lat mojej współpracy z GSI, ale jest to temat na zupełnie inny artykuł.

Wielokrotnie, odwiedzając GSI spotykałem się jednak z „poszukiwaczami” superciężkich jąder atomowych, o których pisałem w poprzednich rozdziałach. Bardzo lubiłem rozmowy z Sigurdem Hofmannem, który niestety zmarł w 2022 r., a którego nekrolog, napisany przeze mnie ze ściśniętym sercem, został zamieszczony w Rocznikach PAU [20]. GSI było często odwiedzane przez liderów wszystkich zespołów poszukujących superciężkich jąder atomowych. Można było wysłuchać ich referatów,

zadać bezpośrednie pytania. Z dużą atencją spotykały się wizyty fizyków z FLNR z Dubnej, Giorgija Fliorowa i Jurija Oganiesiana. Bardzo lubiani byli w GSI polscy teoretycy zajmujący się superciężkimi pierwiastkami. Często gościem Petera Armbrustera był w latach 90-tych zmarły w ubiegłym roku Jan Błocki z NCBJ. W GSI „zadomowił się” również, przez wiele lat, Adam Sobiczewski. Najbardziej lubił pracować w nocy. Nieraz, gdy o późnej porze kończyłem tzw. „beam time”, natykałem się na niego w hotelowej kuchni i mimo zmęczenia prowadziliśmy długie pogawędki. Wiele takich scen przemknęło mi w pamięci, gdy pracowałem nad tym artykułem.



RYSUNEK 22. Uroczystość nadania nazwy „kopernik” pierwiastkowi $Z = 112$ (Cn). Wydarzenie miało miejsce 12.07.2010 r. w instytucie GSI. Widownia jest zebrana na betonowym sklepieniu hali eksperymentalnej. Po obu stronach środkowego przejścia siedzą – Peter Armbruster (po prawej), Sigurd Hofmann (po lewej).

Byłem obecny na większości uroczystości nadania nazw pierwiastkom odkrytym w GSI. Szczególna była ta, związana z Mikołajem Kopernikiem i pierwiastkiem noszącym jego imię, o której wspominałem już wcześniej. Kończąc ten referat popatrzmy jeszcze raz na widownię (Rys.22, Rys.23), która zebrała się nie tylko, aby uhonorować au-



RYSUNEK 23. Autor artykułu (po lewej) wśród uczestników uroczystości w rozmowie z Tomaszem Matulewiczem (Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego).

torów kolejnego wspaniałego odkrycia, lecz aby również uczcić Wielkiego Astronoma, który odegrał tak bardzo ważną rolę na drodze rozwoju nauki.

Aneks: Reguły budowy i nomenklatury konfiguracji elektronicznej atomu

Chmura elektronowa atomu to zbiór wszystkich jego elektronów. Zgodnie z regułami mechaniki kwantowej (mechaniki mikroświata) elektronom tym, przypisany jest ściśle określony zestaw stanów kwantowych. Zasadniczo, stany te możemy opisać przy pomocy dwóch liczb kwantowych: n – tzw. głównej liczby kwantowej definiującej podstawową część energii wiązania elektronu, l – tzw. orbitalnej liczby kwantowej powiązanej z orbitalnym momentem pędu elektronu. Chmura elektronowa podzielona jest na tzw. **powłoki elektronowe** – zbiory elektronów o podobnej energii wiązania i ponumerowanych przy pomocy głównej liczby kwantowej, która może przyjmować wartości $n = 1, 2, 3, \dots$. W każdej powłoce może znajdować się maksymalnie $2n^2$ elektronów (zakaz Pauliego). Powłoki elektronowe składają się z tzw. **podpowłok**, które, w ramach danej powłoki, definiuje orbitalna liczba kwantowa. Dla powłoki n orbitalna liczba kwantowa może przyjmować wartości $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$. Tak więc, dla $n = 1$ istnieje tylko jedna podpowłoka ($l = 0$), dla $n = 2$ istnieje możliwość utworzenia dwóch podpowłok ($l = 0, 1$), a np. dla $n = 5$ może tych podpowłok być pięć ($l = 0, 1, 2, 3, 4$). Zakaz Pauliego reguluje również maksymalną liczbę elektronów obsadzających podpowłokę i wynosi ona $4l + 2$. Ze względów historycznych pierwsze cztery podpowłoki ($l = 0, 1, 2, 3$) oznaczane są odpowiednio symbolami s („sharp”), p („principal”), d („diffuse”), f („fundamental”), a dalej, już w porządku alfabetycznym, g, h, i,...

Poniżej podano przykłady zapisu konfiguracji elektronicznych dla niektórych atomów.

- Atom wodoru (H): $1s^1$ – w jedynej podpowłoce pierwszej powłoki znajduje się jeden elektron.
- Atom helu (He): $1s^2$ – pierwsza powłoka zapełniona dwoma elektronami.
- Atom neonu (Ne): $1s^2 2s^2 2p^6$ – pierwsza powłoka zapełniona, obie podpowłoki drugiej powłoki zapełnione.

- Atom sodu (Na): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ – w pierwszej podpowłoce trzeciej powłoki pojawia się jeden elektron, tę konfigurację można też zapisać prościej jako $[\text{Ne}]3s^1$ (konfiguracja neonu i jeden dodatkowy elektron w podpowłoce 3s).
- Atom strontu (Sr): $[\text{Kr}]5s^2$ – konfiguracja kryptonu i dodatkowo zapełniona pierwsza podpowłoka piątej powłoki.
- Atom ołowiu (Pb): $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$ – konfiguracja ksenonu, dodatkowo zapełnione podpowłoki 4f, 5d oraz 6s i dwa elektrony w niezapełnionej podpowłoce 6p.

Atomy gazów szlachetnych mają całkowicie zapełnione podpowłoki elektronowe i ich symbole są wykorzystywane, jak pokazano, do skróconego zapisu konfiguracji elektronowej innych atomów.

TABELA 4. Reguły tworzenia i nomenklatury elementów chmury elektronowej atomu.

Symbol powłoki	główna liczba kwantowa n	$2n^2$ (maksymalna liczba elektronów)	podpowłoki	orbitalna liczba kwantowa l
K	1	2	s	0
L	2	8	s, p	0, 1
M	3	18	s, p, d	0, 1, 2
N	4	32	s, p, d, f	0, 1, 2, 3
O	5	50	s, p, d, f, g	0, 1, 2, 3, 4
P	6	72	s, p, d, f, g, h	0, 1, 2, 3, 4, 5
Q	7	98	s, p, d, f, g, h, i	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6

Maksymalna liczba elektronów w podpowłoce wynosi $4l + 2$. Symbole powłok w atomie (K, L, M,...) mają tradycję dłuższą niż kwantowe reguły budowy chmury elektronowej i były pierwotnie powiązane ze strukturą charakterystycznych widm rentgenowskich. Numerację rozpoczęto od K (w połowie alfabetu), gdyż przypuszczano wówczas, że może zajść potrzeba użycia początkowych liter alfabetu dla oznaczenia nieodkrytych jeszcze serii promieniowania.

Literatura

- [1] <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/john-dalton-atoms-eyesight-and-auroras>
- [2] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Dmitrij_Mendelejew#/media/Plik:Periodisches_System_der_Elemente_\(1904-1945,_now_Gdansk_University_tan-project\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Dmitrij_Mendelejew#/media/Plik:Periodisches_System_der_Elemente_(1904-1945,_now_Gdansk_University_tan-project))
- [3] https://iupac.org/wp-content/uploads/2022/05/IUPAC_Periodic_Table_150-04May22.jpg
- [4] <https://www.britannica.com/biography/Bertram-Borden-Boltwood>
- [5] <https://www.atomicarchive.com/history/manhattan-project>
- [6] Richard Rhodes R., *Jak powstała bomba atomowa*P., Prószyński i S-ka, Warszawa 2000

- [7] William D. Myers, Władysław J. Świątecki, *Nuclear masses and deformations*, Nuclear Physics 81 (1), 1966, s. 1–60
- [8] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3671295>
- [9] [https://www.gsi.de/work/forschung/nustarenna/nustarenna`divisions/she`physik/experimental`setup/ship](https://www.gsi.de/work/forschung/nustarenna/nustarenna%20divisions/she%20physik/experimental%20setup/ship)
- [10] Hofmann S., *Physics experiments on superheavy nuclei at the GSI SHIP*, Acta Physica Polonica B 43, 179-191 (2012)
- [11] Rocznik PAU. Rok 2017, Kraków 2018, str. 158-160
- [12] Zygmunt Patyk, Adam Sobiczewski, *Ground-state properties of the heaviest nuclei analyzed in a multidimensional deformation space*, Nuclear Physics A 533, 132-152 (1991)
- [13] Robert Smolańczuk, *Production mechanism of superheavy nuclei in cold fusion reactions*, Physical Review C 59, 2634-2639 (1999)
- [14] Piotr Jachimowicz, Michał Kowal, Janusz Skalski, *Properties of heaviest nuclei with $98 \leq Z \leq 126$ and $134 \leq N \leq 192$* , Atomic Data and Nuclear Data Tables 138, 101393 (2021)
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=Qe5WT22-AO8>
- [16] LaForge, E., Price, W. & Rafelski, J. Superheavy elements and ultradense matter. *Eur. Phys. J. Plus* 138, 812 (2023)
- [17] Andrzej Warczak, *Pre-collisional excitation and post-collisional capture: crucial phenomena for inner-shell processes in very heavy systems*, Comments At. Mol. Phys. 20, 19 (1987)
- [18] Andrzej Warczak, *Strong field effects on structure and collisions of high-Z ions*, Nucl. Instr. Meth. B 205, 36-46 (2003)
- [19] Andrzej Warczak, *Heavy-Ion Atom Collisions – Atomic Physics under Extreme Conditions*, Physik Journal 4, 61-66 (2005)
- [20] Rocznik PAU. Rok 2022, Kraków 2023, str. 265-268

Literatura popularnonaukowa, podręczniki

- Andrzej Drzewiński, Jacek Wojtkiewicz, *Opowieści z historii fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995
- Andrzej Warczak, *Supercieżkie atomy inaczej*, Foton 52, 34-37 (1997)
- Abraham Pais, *Czas Nielsa Bohra*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997
- Adam Sobiczewski, *Polon był pierwszy*, Delta 11/1998, str. 1-3 *Skarby Fizyki*, red. Timothy Ferris, Wydawnictwo Amber, Warszawa 1999
- Andrzej Kajetan Wróblewski, *Uczni w anegdocie*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999
- Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2001,
- Krzysztof Chyla, Andrzej Warczak, Barbara Warczak, *Fizyka z astronomią – licea ogólnokształcące, profilowane i technika*, Wydawnictwo DEBIT, Bielsko-Biała 2003
- Andrzej Kajetan Wróblewski, *Historia Fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006

Heliocentryzm i grawitacja – meandry dociekań przyrodniczych

Bogdan Wszolek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Przepraszam wielkie pytania za małe odpowiedzi
(Wisława Szymborska, w wierszu „Pod jedną gwiazdą”)

Nowe idee buduje się raczej niż odnajduje. A budulca szuka się wśród natłoku najróżniejszych ludzkich pomysłów, które z kolei są naturalną konsekwencją odczytania, najróżniejszych spostrzeżeń zmysłowych i doznań wewnętrznych.

Dobre pomysły należą do rzadkości. Trafiony pomysł w danej kwestii poprzedzony jest zwykle wieloma pomysłami chybionymi. Formowanie się słusznych idei domaga się jakiegoś mechanizmu weryfikującego pomysły, pozwalającego odróżniać te lepsze od gorszych. Obserwacje, logiczne myślenie i stosowanie reguł matematycznych zdają się być skutecznymi narzędziami weryfikacji pomysłów. Czy jednak są wystarczające?

Przed Keplerem

Najpewniej nigdy by nie doszło do pomysłu heliocentryzmu, gdyby nie sprzyjające okoliczności przyrodnicze, w tym rozumne zaangażowanie się ze strony ludzkiej, i to na przestrzeni tysięcy lat. Pośród okoliczności po stronie przyrody wymienić należy przede wszystkim przezroczystość atmosfery ziemskiej, umożliwiającą człowiekowi podpatrywać rozciągające się poza nią rozgwieżdżone niebo. Z możliwości takiej, w dalekiej przeszłości, korzystały masowo ludy funkcjonujące pod gołym niebem. A niejedynym pasterz stał się z czasem człowiekiem na tyle zdolnym, że przechodził w tryb „pasterzowania” ludziom i używania umysłu dla rozwiązywania ambitniejszych, niż przy stadach, problemów.

Oglądanie rozgwieżdżonego nieba zaowocowało wprowadzeniem hierarchii wśród „mieszkańców” niebios, na podobieństwo tego, jak człowiek organizował się na Ziemi. Tytuł najjaśniejszego króla nieboskłonu przypadł Słońcu. Ważne miejsca w hierarchii przydzielono Księżycowi i dalszym pięciu „wędrowcom”, tj. planetom: Wenus, Jowiszowi, Saturnowi, Marsowi i Merkuremu. O wyróżnieniu tej „królewskiej” siódemki decydował przede wszystkim ich ruch pośród gwiazd, które to gwiazdy „stadnie” poddawały się wyłącznie ruchowi dobowemu i nie przejawiały żadnych tendencji do dodatkowych, indywidualnych, przemieszczeń. To wyróżnienie ze względu na ruch nie tylko legło u podstaw kalendarzowej rachuby czasu, ale stało się dla myślicieli wielką zagadką. A rozwiązanie tej zagadki najbardziej interesowało królów, tych stosunkowo nielicznych pośród mieszkańców Ziemi, którzy zarządzają całymi społecznościami zwykłych ludzi. Z czasem królowie otoczyli się odpowiednio kształconymi i zdolnymi osobami, którym powierzali rozwiązywanie trudniejszych zadań, w tym i rozwiązywanie zagadek związanych z tym co rozgrywa się na niebie.

U podstaw rozmyślań, które miały z czasem doprowadzić do geocentrycznej, a potem heliocentrycznej, idei hierarchicznie zorganizowanego Wszechświata, znajdują się zatem indywidualne ruchy siedmiu „niebieskich wędrowców”. „Boskie” ścieżki na niebie, interesowały władców ziemskiego świata, stąd nie szczędzili zasobów skarbcza na pensje dla badaczy nieba. Z upływem tysiącleci wiele rzeczy się zmienia, w tym organizacja życia społecznego, ale zasada finansowania pracy uczonych przez władców pozostaje w mocy do dziś.

Idąc śladem rozwoju idei heliocentrycznej wypada zacząć od Arystarcha z Samos, astronoma, który zwracał uwagę na lansowane długo wcześniej przez Pitagorejczyków pomysły na heliocentryczny układ Wszechświata. W rzeczy samej, pierwszy autor pomysłu na heliocentryzm pozostaje anonimowy. Idea heliocentryzmu zostawała jednak tak często odrzucana, jak często się pojawiała. Nie znajdowała bowiem oparcia w bezpośrednich obserwacjach. Wieki po Arystarchu, Klaudiusz Ptolemeusz napisał dzieło *Almagest*, będące kompendium ogólnej wiedzy astronomicznej jego czasów. W *Almageście* przedstawił z matematyczną precyzją geocentryczny model Wszechświata. Filozofka i astronomka Hypatia miała okazję poznać, poprzez studium dzieł nagromadzonych w Bibliotece Aleksandryjskiej, różne wcześniejsze poglądy na budowę Wszechświata. Przychylając się ku modelowi heliocentrycznemu, powątpiewała ponoć w ruchy Ziemi po okręgu i zastanawiała się czy elipsa nie byłaby trafniej dobranym kształtem jej orbity. Ponad tysiąc lat po

Hypatii, heliocentryzm znowu powrócił. Mikołaj Kopernik, na matematyczne podobieństwo układu geocentrycznego, opisanego przez Ptolemeusza w *Almageście*, opracował układ heliocentryczny. Dla opisu ruchów planet przyjął układ odniesienia zaczepiony w Słońcu.

Heliocentryzm Kopernika, jeszcze przed publikacją *De revolutionibus*, znalazł poważnych przeciwników. Zasadniczy zarzut: w modelu heliocentrycznym powinno się obserwować ruchy paralaktyczne gwiazd, a tego pozornego ruchu, będącego nieuchronnym następstwem ruchu rocznego Ziemi, wcale nie obserwowano. Choćby tylko z tego powodu, można było teorię heliocentryczną spokojnie jeszcze raz odrzucić. Zwłaszcza, że była nic bardziej przydatna przy przewidywaniu położenia „niebieskich wędrowców” niż stara, intuicyjnie zakorzeniona w ludzkiej świadomości, teoria geocentryczna podana przez Ptolemeusza. Jednak tym razem idea heliocentryzmu zainteresowała na poważnie kilku ważnych uczonych, w tym Tychona de Brahe i Johannesesa Keplera. Tycho de Brahe stworzył największe w ówczesnym świecie obserwatorium astronomiczne, z zamiarem wykrycia paralaktycznych ruchów gwiazd. Przewidywał, że kilkakrotne poprawienie precyzji pomiarów położenia planet i gwiazd, w stosunku do wcześniej uzyskiwanych pomiarów, powinno doprowadzić do odkrycia paralaks gwiazd i tym samym do udowodnienia słuszności idei heliocentryzmu. Jednak Tycho paralaks nie odkrył i całkowicie zwątpił w heliocentryzm Kopernika. Zaproponował swój własny model Wszechświata – geocentryczno-heliocentryczny. Wokół nieruchomej Ziemi miały krążyć Słońce i Księżyc, a planety miały obiegać Słońce. Gwiazdy, jak w modelach geocentrycznym i heliocentrycznym, miały zajmować miejsca zaraz poza sferą Saturna.

Chęć zrozumienia zamysłów Stwórcy, zaimplementowanych przy stwarzaniu Wszechświata, ogarnęła matematyczny umysł Johannesesa Keplera. Idea heliocentryzmu Kopernika, podana w języku matematyki, wyjątkowo przypadła Keplerowi do gustu. Wydawało się bowiem Keplerowi, na początku swojej kariery astronomicznej, że Bóg przy stwarzaniu świata kierował się wiedzą matematyczną. Zapragnął poznać tę Boską matematykę. Niebawem się zorientował, że jego piękne geometryczne pomysły na budowę świata (opisane w *Mysterium cosmographicum*, 1596), budowane w oparciu o dostępną mu wiedzę i wrodzoną zdolność fantazjowania, nie wytrzymują próby weryfikacji z obserwacjami. Uznał, że konieczne są dokładniejsze obserwacje położenia planet. Oczekiwał, że w ich świetle udowodni słuszność swoich spekulacji teoretycznych.

Pomijając szczegóły, Kepler szybko znalazł dostęp do pierwszorzędnych i dostatecznie obfitych danych Tychona de Brahe. Jednocześnie Tychon znalazł zdolnego matematyka, który mógł w oparciu o te dane udowodnić słuszność lansowanego przez niego modelu geocentryczno-heliocentrycznego. Problem jednak był. Kepler nie miał serca do udiwnionego modelu Tychona. Zaś posiadacz danych daleki był od ich udostępniania komuś, kto chce je po swojemu wykorzystać.

W końcu Keplerowi udało się na danych Tychona de Brahe dociec prawideł rządzących ruchami planet, w mocno zreformowanym przez siebie scenariuszu heliocentrycznym Kopernika (*Astronomia nova* 1609, *Harmonice mundi* 1619). Kepler udowodnił trzy prawa rządzące ruchami planet, które to prawa odegrały kluczową rolę dla kulturowego postępu ludzkości. Pierwsze prawo Keplera orzeka, że planety obiegają Słońce po orbitach eliptycznych, przy czym Słońce znajduje się w jednym z ognisk elipsy. Parametry elipsy-orbity dla każdej z planet są oczywiście inne. W drugim prawie Kepler dowiódł, że prędkość polowa planety w jej ruchu dookoła Słońca jest stała. Prędkość polowa, tj. pole zakreślane przez promień wodzący (wyprowadzony ze Słońca) planety w jednostce czasu, pozostaje stała, mimo że prędkość kątowna i liniowa planety zmieniają się od chwili do chwili – są największe kiedy planeta znajduje się w peryhelium i najmniejsze w czasie gdy planeta przechodzi przez aphelium. Uśredniona, po okresie pełnego obiegu wokół Słońca, prędkość polowa wynosi $\pi ab/T$, gdzie a i b są osiami elipsy-orbity, a T jest okresem (rokiem) gwiazdowym planety. Trzecie prawo Keplera stwierdza, że w ruchu planety dookoła Słońca spełniony jest warunek:

$$T^2 = const \cdot a^3$$

gdzie T i a oznaczają odpowiednio rok gwiazdowy planety i jej średnią roczną odległość od Słońca (dużą oś elipsy-orbity).

Badania Keplera pokazały, że Kopernik przyjął błędnie w swojej teorii co następuje: 1) że Słońce znajduje się w środku kołowych orbit planet (deferensów), oraz że 2) ruchy planet dookoła Słońca są złożone z jednostajnych przemieszczeń po okrągłych epicyklach, których środki przemieszczają się z kolei jednostajnie po deferensach. W udoskonalonym przez Keplera systemie heliocentrycznym planety poruszają się niejednostajnie po orbitach w kształcie elips, a Słońce nie znajduje się w środkach tych elips, lecz w ich ogniskach.

Można by sądzić, że trwający tysiące lat ciąg ludzkich dociekań w sprawie tajemniczych ruchów siedmiu niebiańskich „wędrawców” został przez

ASTRONOMIA NOVA
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,
SEV
PHYSICA COELESTIS,
tradita commentariis
DE MOTIBVS STELLÆ
MARTIS,
Ex observationibus G. V.
TYCHONIS BRAHE:

Jussu & sumptibus
RVDOLPHI II.
ROMANORVM
IMPERATORIS &c:

Plurium annorum pertinaci studio
elaborata Pragæ,

A S. C. M. S. Mathematico
IOANNE KEPLERO,

Cum eisdem C. M. S. privilegio speciali
ANNO MDCXII Dionysianæ cō 10 c IX.

RYSUNEK 1. Strona tytułowa dzieła *Astronomia nova*. Słowo „Physica” w pełnym tytule sygnalizuje, że Kepler roztrząsa tematykę ruchów Marsa nie tylko matematycznie, ale też fizycznie. Nie tylko dociekanie ruchów Marsa, ale też fizyczna przyczyna sprawcza tych ruchów stały się przedmiotem rozważań Keplera opisanych w dziele.

Keplera ostatecznie wyjaśniony. Otóż nie. Kepler domykając jeden długi przedział czasowy meandrowania myśli ludzkiej wokół spraw niebieskich, otworzył drugi. Postawił sobie i potomnym pytanie, jakie pojawiło się wraz z rozszyfrowaniem natury ruchów okołosłonecznych. Pytanie to dotyczy natury sił, które podtrzymują planety w ich ruchu dookoła Słońca. Problem istoty siły ciężenia długo zastanawiał Keplera, ale poza swoimi prawami ruchu planet nic istotnego nie potrafił zaproponować w temacie mechanizmu grawitacji. Problem istoty tej siły pozostał do rozwiązania na przestrzeni dalszych stuleci.

Po Keplerze

Był rok może 1990. Zażywając chwili relaksu, przyszło mi do głowy, niczym dawno wyczekiwane objawienie, skąd bierze się grawitacja. Wymyśliłem, że ciała obdarzone masą, jak np. Ziemia i Księżyc, nie przyciągają się (no bo niby jak?) lecz są ku sobie popychane. Można sobie łatwo wyobrazić, że przestrzeń wypełniona jest przeogromną ilością cząstek elementarnych, pędzących we wszystkich kierunkach z jakąś szaleńczą prędkością. Przecież w każdym centymetrze sześciennym w ustalonym momencie przebywa miliardy cząstek, choćby myśleć tylko o neutronach. Jeśli takie cząstki, przesywając ze wszystkich stron pomyślane ciała niebieskie mają zdolność przekazywania swojego pędu napotkanym przeszkodom materialnym, wtedy ciała będą spychane ku sobie, wobec lekkiego niedoboru ilości tych cząstek z kierunku sąsiedniego ciała. Księżyc dla Ziemi jest „tarczą”, a Ziemia dla Księżyca. Te cząstki, które utkną w Księżycu, do Ziemi nie dotrą. A te co utkną w Ziemi, nie dotrą do Księżyca. Sumaryczny efekt niezliczonych, a niezrównoważonych (wobec wzajemnego osłaniania się ciał), przekazów pędu, zaowocuje siłą spychającą ciała ku sobie.

Pomysł wydał mi się tak prosty, że dziwne byłoby gdyby już czegoś podobnego wcześniej nie wymyślono. Przewertowałem swoje książki i faktycznie w jednej z nich (*Zarys fizyki*; Bolton, 1982) znalazłem informację, że podobne do mojego pomysły pojawiają się w świecie już od ok. 1750 roku. Autor właściwie ograniczył się do przytoczenia cytatu z książki *Feynmana wykłady z fizyki* (Feynman i in., 1971). Brzmi on następująco:

„Proponowano wiele mechanizmów wyjaśniających działania prawa ciężenia. Warto się zastanowić nad jedną z tych propozycji, którą w różnych okresach wysuwało wielu badaczy. Kiedy po raz pierwszy „wpada się” na tę myśl, jest się bardzo szczęśliwym i podnieconym, ale wkrótce okazuje się że jest ona błędna. Pierwszy raz wysunięto ją około roku 1750. Wyobraźmy sobie, że w przestrzeni porusza się we wszystkich kierunkach i z wielką szybkością ogromna liczba cząstek, które przy przechodzeniu przez materię ulegają tylko bardzo małemu pochłonięciu. Cząstki, które zostaną pochłonięte, nadadzą Ziemi pewien impuls. Ponieważ jednak tyle samo cząstek przychodzi ze wszystkich stron, impulsy się równoważą. Ale jeśli w pobliżu znajduje się Słońce, do Ziemi przychodzi z tej strony mniej cząsteczek niż ze strony przeciwnej, ponieważ zostały one po drodze częściowo pochłonięte przez Słońce. Ziemia zostaje więc popchnięta w kierunku Słońca i łatwo obliczyć, że impuls ten jest odwrotnie proporcjonalny do kwadratu odległości, gdyż w takim stosunku maleje kąt bryłowy idący od Słońca ku Ziemi. Co w tym mechanizmie szwankuje? Pociąga on za sobą pewne konsekwencje,

które się po prostu nie zgadzają z rzeczywistością. Mamy mianowicie następujący kłopot. Na poruszającą się dokoła Słońca Ziemię uderzałoby więcej cząstek od przodu niż od tyłu (kiedy biegniemy podczas deszczu, deszcz mocniej pada na twarz niż na tył głowy!). Zatem impuls od przodu byłby silniejszy niż ze strony przeciwnej i Ziemia napotykałaby pewien opór hamujący ruch i zmuszający ją do zwalniania biegu po orbicie. Można obliczyć, ile trzeba by czasu, aby ten opór spowodował zatrzymanie się Ziemi, i okazuje się, że Ziemia powinna by się już była dawno zatrzymać, a więc wyjaśnienie jest po prostu błędne. Nie wymyślono, jak dotąd, żadnego mechanizmu „wyjaśniającego” grawitację, który by jednocześnie nie przewidywał jakichś zjawisk, których w rzeczywistości nie ma.”

Można odczuć w tym tekście niedosyt negatywnej argumentacji. Gdyby rzecz rozchodziła się tylko o przytoczony argument z rzekomym hamowaniem ruchu orbitalnego Ziemi, pewnie dawno by wskazano kontrargumenty bądź efekty przeciwstawne hamowaniu. Sympatycznie jednak, że Feynman wspomniał o tym pomysle na mechanizm grawitacji. Mógł, jak inni autorzy podręczników akademickich, wcale nie wspominać o pomysłach, których autorzy pozostają anonimowi, a one same zostały „autorytatywnie” zanegowane. Mógł, a jednak zdecydował się przemycić ten, niby niedorzeczny, pomysł pod ewentualne dalsze roztrząsanie. Kto wie, czy za sto czy dwieście lat nie będzie się wspominać Feynmana tylko za ten właśnie fragment? Jak pitagorejczyków czy Arystarcha z Samos za ich heliocentryczne rozmyślenia.

Ja patrzyłem na wydumany przez siebie mechanizm z perspektywy zapisu prawa powszechnego ciężenia, podanego przez Newtona wzorem: $F = GMm/r^2$. Oczekiwałem, że wzór ten powinien pozostawać w pełnej zgodzie z mechanizmem, że powinien wręcz z niego wynikać. Najmniej problemu miałem z zauważeniem, że mechanizm wrzuciłby chciwie r^2 do mianownika tego wzoru. Trudniej szło z rozmyślaniami na temat, jak cząstki miałyby rozpoznawać ilość napotykaną masy, żeby zapewnić impuls proporcjonalny do niej. Po czasie uzmysłowiłem sobie dwa fakty: 1) ciała materialne nie znoszą ciasnych upakowań, i w gruncie rzeczy, nawet na poziomie jąder atomowych, tylko mały ułamek przestrzeni jest zajmowany przez właściwą materię (masę, czymkolwiek by ona nie była), 2) cząstki penetrujące ciało, występujące w nieograniczonych ilościach, będą w stanie dotrzeć do każdego zakątka w ciele, by tam wejść w kontakt z napotkaną drobiną realnej masy (powiedzmy, że taką drobiną mógłby być np. pojedynczy kwark, jeśli nie coś jeszcze bardziej elementarnego). Większość cząstek przeleci przez ciało bez przekazu impulsu. Myślę, że sam przekaz impulsu miałby się odbywać raczej na drodze odbicia niż absorpcji.

Jeśli pomysły podobne powyższym miałyby prowadzić do uzyskania proporcjonalności impulsu do masy, to pojawia się jeszcze jeden problem; czy wypadkowy impuls zechce być proporcjonalny do iloczynu mas grawitujących ciał? Pobieżne rozumowanie wskazuje tu raczej sumę mas zamiast ich iloczynu. Najwyraźniej, pomysł, jeśli nie chcemy go pochopnie odrzucić, domaga się dalszego dopracowania. A może z tym iloczynem mas u Newtona jest coś nie tak? Jedyne co niepodważalne we wzorze na siłę ciężenia to wynikająca z praw Keplera jej proporcjonalność do $1/r^2$. Gdyby nie analiza ruchu planety po elipsie, gdzie odległość r ulega ciągłym zmianom, ta proporcjonalność byłaby praktycznie nie do odkrycia. Zatem Newton mógł wziąć od Keplera tylko proporcjonalność siły napędzającej ruch planety do $1/r^2$. W stałą proporcjonalności włożył Newton iloczyn mas oddziałujących ciał. To co później w Cambridge wyznaczył Henry Cavendish, to była wartość całego licznika we wzorze Newtona, czyli iloczyn GMm . Gdyby w miejsce iloczynu mas była położona inna ich kombinacja, powiedzmy suma, wzór nadal pozostawałby w mocy, tyle tylko, że stała grawitacji przyjęłaby wartość (dla sumy) $G' = G(m + M)/mM$. Rodzi się więc pytanie czy Newton włożył do swojego wzoru iloczyn mas ot tak sobie, bo po prostu lubił iloczyny, czy też miał ku temu jakieś poważniejsze argumenty? Jeśli tych argumentów nie miał, to jego wzór może podlegać rewizji. Iloczyn mas w tym wzorze nie byłby zatem ogranicznikiem przy poszukiwaniach mechanizmu oddziaływań grawitacyjnych.

Naprzemiennie odrzucane i powracające pomysły na jakiś temat zdają się odsłaniać regułę leżącą u podstaw wszelkich dociekań naukowych. Zwrócił na to uwagę sam Kepler. Najdobitniej to przedstawił opisując swoje poszukiwania owalnego kształtu dla orbit planetarnych. Narzucający mu się od razu pomysł elipsy został przez Keplera odrzucony, jako wyjątkowo banalny. Po wielu chybionych pomysłach, dokładnie weryfikowanych matematycznie na styku z obserwacjami, powrócił Kepler do porzuconej wcześniej elipsy i „wygrał wojnę z Marsem”, jak sam pięknie odniósł się do tego, co dziś w podręcznikach szkolnych występuje pod hasłem „I prawo Keplera”.

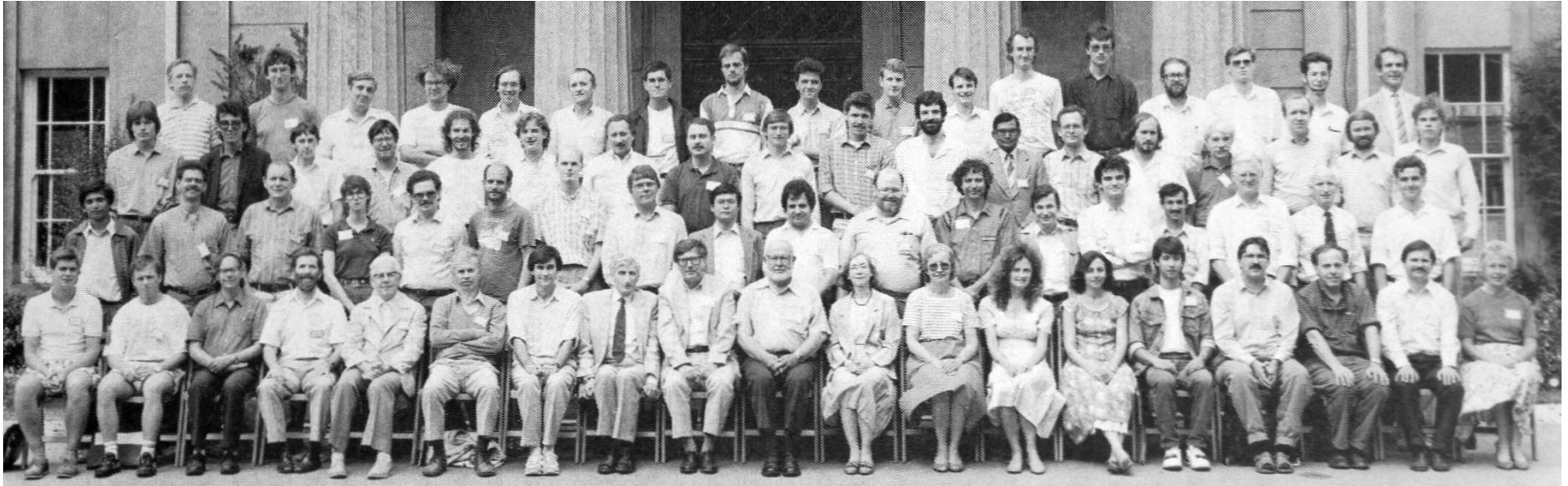
Po swoim wykładzie o obłokach międzygalaktycznych w Laboratorium Cavendisha w Cambridge (podczas NATO ASI Conference: *Baryonic Dark Matter*, 17-28 lipca 1989) zaprosił mnie do siebie Donald Lynden-Bell, chcąc mi dać reprinty swoich najnowszych prac o tzw. *High Velocity Clouds*. Wyjmując z kopert coraz to inne reprinty, większość z nich komentował w stylu „to już nie prawda”. Jako początkujący wtedy astronom dziwiłem się, że można tak się w nauce „bawić”. Dziś coś

wymyślić, nawet opublikować, a jutro to odrzucić jako nieprawdziwe. Przywołałem ten przykład dla jeszcze jednej odsłony zasady „krętych ścieżek”, którymi podąża umysł badacza przyrody. Przyroda najwyraźniej lubi się „bawić” z człowiekiem i jakby chętniej odsłania swoje tajniki przed myślicielami „dla zabawy” niż przed „smutnymi” badaczami, biorącymi w myśleniu kurs na szybki sukces. Był żartobliwego usposobienia Kepler, był też Einstein, i był Feynman. Holenderskie dzieci, bawiące się wieki temu przy warsztacie optycznym, wynalazły lunetę. Poważnym specjalistom, dorosłym producentom okularów, nie przyszło jakoś do głowy, żeby zestawiać soczewki jedna za drugą, a dzieci na to wpadły, bo działały „na luzie”.

Jeśli ktoś marzy dziś by stać się naukowcem, to niechby wiedział o tym zawczasu, że czeka go podobny los, jeśli zechce faktycznie przeniknąć jakiś tajnik natury. Zanim do czegoś istotnego dojdzie (lub nie) w swoich dociekaniach, będzie musiał wielokrotnie „poodbijać się od ścian”, przyłapać się na pochopnych akceptacjach błędnych pomysłów i na lekkomyślnym porzucaniu idei, które ostatecznie okażą się słuszne.

Literatura

- [1] Bolton W., 1982, Zarys fizyki, PWN, str. 101
- [2] Feynman R. P., Leighton R. B., Sands M., 1971, Feynmana wykłady z fizyki, PWN, t.1, cz.1
- [3] Jarczak J., 1971, Neutrino kosmiczne, Wiedza Powszechna (seria Ω)
- [4] Kepler J. 1596, *Mysterium cosmographicum*, Tybinga
- [5] Kepler J., 1609, *Astronomia nova*, Praga
- [6] Kepler J., 1619, *Harmonice mundi*, Linz



Zdjęcie uczestników konferencji *Baryonic Dark Matter* (NATO ASI :17-28 lipca 1989, Cambridge). Autor (w najwyższym rzędzie szósty od lewej) jest w tej grupie jedynym przedstawicielem przeciwnej strony „żelaznej kurtyny” i był traktowany przez innych uczestników konferencji jako zwiastun zbliżającego się przełomu w relacjach Wschód-Zachód. Wykład o obłokach międzygalaktycznych młodego astronoma z Polski wzbudził w Cambridge wyjątkowo duże zainteresowanie, w szczególności ze strony: Williama Alfreda Fowlera, Martina Reesa oraz Donalda Lynden Bella. Na zdjęciu od lewej: (rząd pierwszy) – Evans, Davies, Saslaw, Beckman, Weidemann, van Albada, Gilmore, Rees, Sargent, Fowler, Novotny, Fenton, Clarke, Maurogordato, Tamanaba, Frenk, Silk, Bailey, Julier; (rząd drugi) – Raychaudhury, Amendt, Disney, Sackett, Casertano, Gould, Broeils, Sellwood, Sato, Alimi, Turner, Lake, Secco, Cappi, Ekmekçi, Rohlfs, Lynden-Bell, Hogan; (trzeci rząd) – Watt, Ashman, Johnstone, Salucci, Grieger, von Linde, Cancelmo, Fruchter, Dejonghe, Rauch, Weinberg, Basu, Scherrer, Stebbins, Canizares, Tremaine, Carr, Thorsteinsson; (czwarty rząd) – Briggs, Scott, Mollere, George, Little, Wszolek, Biviano, Schiller, White, Hudson, Pesce, Edge, Moore, Peterson, Kroupa, Valls-Gabaud, Ingham.

ISSN 2719-3616