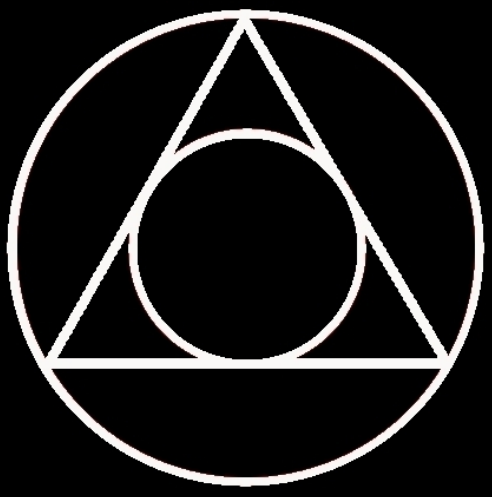
Annales Astronomiae Novae



Tom 3

Rzepiennik Biskupi 2022

ANNALES

Astronomiae Novae

2022

Volumin 3

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Wersja elektroniczna pisma jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org

oraz

www.oajadwiga.pl

Annales Astronomiae Novae

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Marek Biesiada
Adam Blokesz
Anna Chrobry
Marek Jamrozy
Marcin Kolonko
Agata Kołodziejczyk
Kamila Kopacz
Jacek Kruk
Jerzy Krzesiński
Elżbieta Kuligowska
Agnieszka Kuźmicz
Władimir Nikolin
Eugeniusz Rybka
Stanisław Ryś
Marian Soida
Aleksandra Strońska
Virginia Trimble
Bogdan Wszołek

Stowarzyszenie Astronomia Nova

Rzepiennik Biskupi 2022

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

Redakcja

Bogdan Wszołek (Red. Naczelny), Agnieszka Kuźmicz

Korektorzy

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszołek,
Brutus Wszołek

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

© Copyright by Stowarzyszenie Astronomia Nova
© Copyright by Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi

ISSN 2719-3616

Druk książki sfinansował ze środków prywatnych Bogdan Wszołek

Wydawnictwo Astronomia Nova
Ul. Orla 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 podporządkowującym się stereotypom i trendom mody w zakresie upowszechniania wiedzy naukowej. Od autorów przyczynków oczekuje się intencji szczerego dzielenia się z czytelnikami wiedzą, dokonaniami i przemyśleniami. Mamy nadzieję, że autorzy, członkowie Komitetu Naukowego 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, members of the Scientific Committee, 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

Jurij Aleksiejewicz Gagarin
(1934 – 1968)

Spis treści

Część pierwsza **1**

Agnieszka Kuźmicz – *W roku 2022* **3**

Agnieszka Kuźmicz – *W roku 2023* **7**

Bogdan Wszołek i Agata Kołodziejczyk – *Kronika AN – 2021* **11**

Anna Chrobry – *Hołd dla Jurija Gagarina w Bremie* **43**

Elżbieta Kuligowska – *CDK500: nowoczesny zdalny teleskop w Obserwatorium Astronomicznym UJ* **47**

Aleksandra Strońska – *Warsztaty rakietowe okiem laika* **51**

Część druga **55**

Virginia Trimble – *Was Johannes Kepler a Great Astronomer? Keplerus Ellipsis Presentation* **57**

Eugeniusz Rybka – *Życiorys naukowy Jana Keplera* **61**

Bogdan Wszołek – *Vivere est cogitare ... jak u Keplera* **71**

Bogdan Wszołek – *W 60-tą rocznicę lotu kosmicznego Gagarina* **89**

Władimir Nikolin – *Kosmiczny cud?* **101**

Piotr Strzelczyk – *Wostok 1 – w 60 rocznicę pierwszego lotu człowieka w kosmos* **105**

Jacek Kruk – *Misja Apollo-15 w kosmosie i na ziemi* **119**

Agata Kołodziejczyk – *Dwie strony Księżyca, dwa rodzaje astronautów programu Apollo* **129**

Agata Kołodziejczyk – *Astronautą być...* **143**

Agata Kołodziejczyk – *Rzepiennik as „Space Village”* **151**

Jacek Kruk – *Od Saluta do ISS i CSS* **159**

Kamila Kopacz – *Testy silnika rakietowego B4* **179**

Marcin Kolonko – *Numeryczne prognozowanie pogody* **183**

Część trzecia **189**

Marek Jamrozy – *J0028+0035 – radiogalaktyka fidget spinner* **191**

Marek Jamrozy – *Radiogalaktyki w gromadach galaktyk – wyznaczanie orbit* **197**

Jerzy Krzesiński, Adam Blokesz – *Kepler Telescope: History, Observing Scheme, Planets around sdBV Stars* **205**

Stanisław Ryś i Marian Soida – *Grawitacja i inercja* **215**

Marek Biesiada – *"Grawitacja i inercja" – komentarz* **223**

Virginia Trimble – *Poland in the International Astronomical Union* **229**

Część pierwsza

(informacyjna)

Start rakiety Skylark (AGH Space Systems) na poligonie w Drawsku Pomorskim. (*fot. J. Kopeć*)

W roku 2022

(*Agnieszka Kuźmicz*)

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

Styczeń

1	23:00	Księżyc w perygeum: 358037 km
2	18:33	Nów Księżyca
3	21	Kwadrantydy
4	01:23	Merkury 3°.1 N od Księżyca
4	07	Ziemia w peryhelium: 0.98333 AU
4	16:50	Saturn 4°.2 N od Księżyca
6	00:09	Jowisz 4°.5 N od Księżyca
7	11	Maksymalna elongacja Merkurego 19°.2 E
9	01	Dolna koniunkcja Wenus
9	18:11	Pierwsza kwadra Księżyca
13	04	Merkury 3°.4 od Saturna
14	09:27	Księżyc w apogeum: 405806 km
15	23	Merkury w peryhelium
17	15:37	Pollux 2°.6 N od Księżyca
17	23:49	Pełnia Księżyca
20	10:26	Regulus 4°.9 S od Księżyca
23	06	Wenus w peryhelium
23	10	Dolna koniunkcja Merkurego
24	13:25	Spica 5°.5 S od Księżyca
25	13:41	Ostatnia kwadra Księżyca
27	22:57	Antares 3°.7 S od Księżyca
29	15:05	Mars 2°.4 N od Księżyca
30	07:09	Księżyc w perygeum: 362250 km

Luty

1	05:46	Nów Księżyca
2	21:08	Jowisz 4°.3 N od Księżyca
4	19	Saturn w koniunkcji ze Słońcem
8	13:50	Pierwsza kwadra Księżyca
11	02:39	Księżyc w apogeum: 404897 km
13	22:52	Pollux 2°.6 N od Księżyca
16	16:57	Pełnia Księżyca
16	17:12	Regulus 4°.8 S od Księżyca
16	21	Maksymalna elongacja Merkurego 26°.3 W
20	19:00	Spica 5°.3 S od Księżyca
23	22:32	Ostatnia kwadra Księżyca
24	05:17	Antares 3°.5 S od Księżyca
26	22:18	Księżyc w perygeum: 367787 km
27	09:00	Mars 3°.5 N od Księżyca
28	20:07	Merkury 3°.7 N od Księżyca
28	23	Merkury w aphelium
28	23:47	Saturn 4°.3 N od Księżyca

Marzec

2	16	Merkury 0°.7 od Saturna
2	17:35	Nów Księżyca
5	13	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem
8	16:46	Plejady 3°.8 N od Księżyca
10	10:45	Pierwsza kwadra Księżyca
10	23:05	Księżyc w apogeum: 404268 km
13	06:58	Pollux 2°.4 N od Księżyca
13	11	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
16	01:26	Regulus 4°.9 S od Księżyca
18	07:17	Pełnia Księżyca
20	01:51	Spica 5°.1 S od Księżyca
20	10	Maksymalna elongacja Wenus: 46°.6 W
20	15:33	Początek astronomicznej wiosny
21	06	Merkury 1°.2 od Jowisza
23	10:43	Antares 3°.2 S od Księżyca
23	23:28	Księżyc w perygeum: 369764 km
25	05:37	Ostatnia kwadra Księżyca
28	02:54	Mars 4°.1 N od Księżyca
28	11:43	Saturn 4°.4 N od Księżyca

Kwiecień

1	06:24	Nów Księżyca
2	23	Górna koniunkcja Merkurego
5	01:16	Plejady 3°.6 N od Księżyca
7	19:11	Księżyc w apogeum: 404438 km
9	06:47	Pierwsza kwadra Księżyca
9	15:14	Pollux 2°.2 N od Księżyca
12	10:27	Regulus 5°.0 S od Księżyca
13	22	Merkury w peryhelium
16	10:46	Spica 5°.1 S od Księżyca
16	18:55	Pełnia Księżyca
19	15:16	Księżyc w perygeum: 365143 km
19	17:36	Antares 3°.1 S od Księżyca
22	18	Lirydy
23	11:56	Ostatnia kwadra Księżyca
24	20:56	Saturn 4°.5 N od Księżyca
25	22:06	Mars 3°.9 N od Księżyca
27	01:51	Wenus 3°.8 N od Księżyca
27	08:23	Jowisz 3°.6 N od Księżyca
29	08	Maksymalna elongacja Merkurego 20°.6 E
29	19:31	Merkury 1°.3 S od Plejad
30	20:28	Nów Księżyca

30	20:41	Częściowe zaćmienie Słońca; mag=0.640

Maj

2	14:17	Merkury 1°.8 N od Księżyca
5	09	Uran w koniunkcji ze Słońcem
5	12:46	Księżyc w apogeum: 405287 km
6	22:56	Pollux 2°.1 N od Księżyca
9	00:21	Pierwsza kwadra Księżyca
9	19:05	Regulus 5°.1 S od Księżyca
13	20:56	Spica 5°.1 S od Księżyca
15	15	Wenus w aphelium
16	04:11	Całkowite zaćmienie Księżyca; mag=1.414
16	04:14	Pełnia Księżyca
17	02:48	Antares 3°.1 S od Księżyca
17	15:23	Księżyc w perygeum: 360298 km
21	19	Dolna koniunkcja Merkurego
22	04:43	Saturn 4°.5 N od Księżyca
22	18:43	Ostatnia kwadra Księżyca
24	19:24	Mars 2°.8 N od Księżyca
24	23:59	Jowisz 3°.3 N od Księżyca
27	02:52	Wenus 0°.2 N od Księżyca
30	11:30	Nów Księżyca

Czerwiec

2	01:14	Księżyc w apogeum: 406191 km
3	05:42	Pollux 2°.1 N od Księżyca
6	02:32	Regulus 5°.1 S od Księżyca
7	14:48	Pierwsza kwadra Księżyca
10	06:46	Spica 5°.1 S od Księżyca
13	13:26	Antares 3°.1 S od Księżyca
14	11:52	Pełnia Księżyca
14	23:21	Księżyc w perygeum: 357434 km
16	15	Maksymalna elongacja Merkurego 23°.2 W
18	12:22	Saturn 4°.3 N od Księżyca
21	03:11	Ostatnia kwadra Księżyca
21	09:14	Początek astronomicznego lata
21	12	Mars w peryhelium
21	13:32	Jowisz 2°.7 N od Księżyca
22	18:08	Merkury 2°.8 N od Aldebarana
22	18:16	Mars 0°.9 N od Księżyca
23	00:53	Wenus 5°.6 S od Plejad
25	21:27	Plejady 3°.5 N od Księżyca
26	08:11	Wenus 2°.7 S od Księżyca
27	08:19	Merkury 3°.9 S od Księżyca
29	02:52	Nów Księżyca
29	06:08	Księżyc w apogeum: 406581 km

Lipiec

1	02:45	Wenus 4°.0 N od Aldebarana
3	08:46	Regulus 4°.9 S od Księżyca
4	07	Ziemia w aphelium: 1.01672 AU
7	02:14	Pierwsza kwadra Księżyca
7	15:01	Spica 4°.9 S od Księżyca
10	22	Merkury w peryhelium
10	23:50	Antares 3°.0 S od Księżyca
13	09:08	Księżyc w perygeum: 357264 km
13	18:37	Pełnia Księżyca
15	20:16	Saturn 4°.0 N od Księżyca
16	19	Górna koniunkcja Merkurego
19	00:55	Jowisz 2°.2 N od Księżyca
20	14:18	Ostatnia kwadra Księżyca
21	16:46	Mars 1°.1 S od Księżyca
23	03:29	Plejady 3°.4 N od Księżyca
26	10:22	Księżyc w apogeum: 406276 km
26	14:12	Wenus 4°.2 S od Księżyca
28	17:55	Nów Księżyca
30	14:32	Regulus 4°.8 S od Księżyca

Sierpień

3	21:26	Spica 4°.6 S od Księżyca
4	04:58	Merkury 0°.6 N od Regulusa
5	11:06	Pierwsza kwadra Księżyca
6	09:28	Wenus 6°.4 S od Polluxa
7	08:29	Antares 2°.8 S od Księżyca
10	17:14	Księżyc w perygeum: 359830 km
12	01:36	Pełnia Księżyca
12	03:55	Saturn 3°.9 N od Księżyca
13	01	Perseidy
15	09:37	Jowisz 1°.9 N od Księżyca
19	04:36	Ostatnia kwadra Księżyca
19	10:32	Plejady 3°.1 N od Księżyca
19	12:16	Mars 2°.7 S od Księżyca
20	08:36	Mars 5°.4 S od Plejad
22	21:53	Księżyc w apogeum: 405419 km
23	21	Merkury w aphelium
24	00:17	Pollux 2°.1 N od Księżyca
25	20:58	Wenus 4°.3 S od Księżyca
27	08:17	Nów Księżyca
27	16	Maksymalna elongacja Merkurego 27°.3 E
31	02:59	Spica 4°.4 S od Księżyca

Wrzesień

3	14:56	Antares 2°.5 S od Księżyca
3	18:08	Pierwsza kwadra Księżyca
4	23	Wenus w peryhelium

6	21:28	Mars 4°.2 N od Aldebarana
7	18:17	Księżyc w perygeum: 364491 km
8	10:31	Saturn 3°.9 N od Księżyca
10	09:59	Pełnia Księżyca
11	15:11	Jowisz 1°.8 N od Księżyca
15	18:50	Plejady 2°.9 N od Księżyca
16	21	Opozycja Neptuna
17	01:41	Mars 3°.6 S od Księżyca
17	21:52	Ostatnia kwadra Księżyca
19	14:44	Księżyc w apogeum: 404556 km
20	07:40	Pollux 1°.9 N od Księżyca
23	01:04	Początek astronomicznej jesieni
23	04:16	Regulus 4°.8 S od Księżyca
23	07	Dolna koniunkcja Merkurego
25	21:54	Nów Księżyca
26	18	Opozycja Jowisza
30	20:20	Antares 2°.4 S od Księżyca

Październik

3	00:14	Pierwsza kwadra Księżyca
4	17:01	Księżyc w perygeum: 369335 km
5	15:51	Saturn 4°.1 N od Księżyca
6	21	Merkury w peryhelium
8	18:06	Jowisz 2°.1 N od Księżyca
8	21	Maksymalna elongacja Merkurego 18°.0 W
9	20:55	Pełnia Księżyca
13	03:46	Plejady 2°.7 N od Księżyca
15	04:28	Mars 3°.6 S od Księżyca
17	10:21	Księżyc w apogeum: 404330 km
17	15:41	Pollux 1°.8 N od Księżyca
17	17:15	Ostatnia kwadra Księżyca
20	12:42	Regulus 4°.9 S od Księżyca
21	18	Orionidy
22	21	Górna koniunkcja Wenus
25	10:49	Nów Księżyca
25	11:00	Częściowe zaćmienie Słońca; mag=0.862
28	02:48	Antares 2°.3 S od Księżyca
29	14:48	Księżyc w perygeum: 368289 km

Listopad

1	06:37	Pierwsza kwadra Księżyca
1	21:08	Saturn 4°.2 N od Księżyca
4	20:19	Jowisz 2°.4 N od Księżyca
8	10:59	Całkowite zaćmienie Księżyca; mag=1.359
8	11:02	Pełnia Księżyca
8	16	Górna koniunkcja Merkurego
9	09	Opozycja Urana
9	12:16	Plejady 2°.7 N od Księżyca
11	13:43	Mars 2°.5 S od Księżyca
13	23:43	Pollux 1°.7 N od Księżyca
14	06:41	Księżyc w apogeum: 404924 km
16	13:27	Ostatnia kwadra Księżyca
18	00	Leonidy
21	03:36	Spica 4°.3 S od Księżyca
23	22:57	Nów Księżyca
26	01:30	Księżyc w perygeum: 362826 km
29	04:40	Saturn 4°.2 N od Księżyca
30	14:36	Pierwsza kwadra Księżyca

Grudzień

2	00:52	Jowisz 2°.5 N od Księżyca
6	19:26	Plejady 2°.7 N od Księżyca
8	04:08	Pełnia Księżyca
8	04:21	Mars 0°.5 S od Księżyca
8	04	Opozycja Marsa
11	07:06	Pollux 1°.8 N od Księżyca
12	00:30	Księżyc w apogeum: 405869 km
14	05:01	Regulus 4°.8 S od Księżyca
14	13	Geminidy
16	08:56	Ostatnia kwadra Księżyca
18	13:37	Spica 4°.1 S od Księżyca
21	15	Maksymalna elongacja Merkurego 20°.1 E
21	21:48	Początek astronomicznej zimy
21	22:43	Antares 2°.3 S od Księżyca
22	21	Ursydy
23	10:17	Nów Księżyca
24	08:32	Księżyc w perygeum: 358270 km
24	11:29	Wenus 3°.5 N od Księżyca
24	18:31	Merkury 3°.8 N od Księżyca
26	16:11	Saturn 4°.0 N od Księżyca
29	07	Merkury 1°.4 od Wenus
29	10:29	Jowisz 2°.3 N od Księżyca
30	01:21	Pierwsza kwadra Księżyca

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

Ziemia w peryhelium: 4 styczeń (07)
Ziemia w aphelium: 4 lipiec (07)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (15:33)
Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (09:14)
Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (01:04)
Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (21:48)

Data juliańska (JD) = 2459579.5 + d + część dnia licząc
od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

30 IV Częściowe zaćmienie Słońca (Antarktyda, Pd Afryka)
16 V Całkowite zaćmienie Księżyca (Pn Ameryka, Grenlandia, Ocean Atlantycki, zachodnia Europa, zachodnia Afryka)
25 X Częściowe zaćmienie Słońca (Europa, Pn Afryka, Bliski Wschód, Indie)
8 XI Całkowite zaćmienie Księżyca (wschodnia Rosja, Japonia, Australia, Ocean Spokojny, Pn Ameryka)

W roku 2023

(*Agnieszka Kuźmicz*)

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

Styczeń

2	14	Merkury w peryhelium
2	19:24	Plejady 2°.6 N od Księżyca
3	13:35	Mars 0°.5 N od Księżyca
4	10	Ziemia w peryhelium: 0.98329 AU
6	17:08	Pełnia Księżyca
7	7	Dolna koniunkcja Merkurego
7	07:40	Pollux 1°.9 N od Księżyca
8	03:19	Księżyc w apogeum: 406459 km
14	15:59	Spica 3°.9 S od Księżyca
14	20:10	Ostatnia kwadra Księżyca
18	03:32	Antares 2°.1 S od Księżyca
20	6	Jowisz w peryhelium 4.95101 AU
21	14:53	Nów Księżyca
21	14:58	Księżyc w perygeum 356570 km
22	16	Wenus 0°.3 S od Saturna
23	01:22	Saturn 3°.8 N od Księżyca
23	02:20	Wenus 3°.5 N od Księżyca
25	20:00	Jowisz 1°.8 N od Księżyca
28	09:19	Pierwsza kwadra Księżyca
30	0	Maksymalna elongacja Merkurego 25°.0 W
30	01:21	Plejady 2°.4 N od Księżyca
30	22:24	Mars 0°.1 N od Księżyca

Luty

3	13:47	Pollux 1°.9 N od Księżyca
4	02:55	Księżyc w apogeum: 406476 km
5	12:29	Pełnia Księżyca
6	11:44	Regulus 4°.5 S od Księżyca
10	22:23	Spica 3°.6 S od Księżyca
13	10:01	Ostatnia kwadra Księżyca
14	12:09	Antares 1°.9 S od Księżyca
15	14	Merkury w aphelium
16	10	Koniunkcja Saturna ze Słońcem
18	14:53	Merkury 3°.6 N od Księżyca
19	03:06	Księżyc w perygeum 358267 km
20	01:06	Nów Księżyca
22	01:57	Wenus 2°.1 N od Księżyca
22	15:58	Jowisz 1°.2 N od Księżyca
26	08:42	Plejady 2°.1 N od Księżyca
27	02:06	Pierwsza kwadra Księżyca
27	22:32	Mars 1°.1 S od Księżyca

Marzec

1	22	Wenus 0°.5 N od Jowisza
2	20:10	Pollux 1°.7 N od Księżyca
3	12:01	Księżyc w apogeum: 405890 km
5	18:08	Regulus 4°.5 S od Księżyca
7	06:40	Pełnia Księżyca
10	04:06	Spica 3°.4 S od Księżyca
13	18:21	Antares 1°.6 S od Księżyca
14	20:08	Ostatnia kwadra Księżyca
15	17	Koniunkcja Neptuna ze Słońcem
17	5	Górna koniunkcja Merkurego
19	09:16	Księżyc w perygeum 362698 km
19	09:20	Saturn 3°.6 N od Księżyca
20	15:25	Początek astronomicznej wiosny
21	11:23	Nów Księżyca
22	13:54	Jowisz 0°.5 N od Księżyca
24	04:28	Wenus 0°.1 N od Księżyca
25	17:42	Plejady 1°.9 N od Księżyca
28	07:16	Mars 2°.3 S od Księżyca
28	20:32	Pierwsza kwadra Księżyca
30	03:23	Pollux 1°.6 N od Księżyca
31	05:18	Księżyc w apogeum: 404921 km
31	14	Merkury w peryhelium

Kwiecień

5	22:35	Pełnia Księżyca
6	10:45	Spica 3°.3 S od Księżyca
9	23:50	Antares 1°.5 S od Księżyca
10	22:42	Wenus 2°.5 S od Plejad
11	15	Koniunkcja Jowisza ze Słońcem
11	16	Maksymalna elongacja Merkurego 19°.5 E
13	03:11	Ostatnia kwadra Księżyca
15	20:22	Księżyc w perygeum 367967 km
15	21:47	Saturn 3°.5 N od Księżyca
17	10	Wenus w peryhelium
19	22:12	Nów Księżyca
19	22:17	Zaćmienie Słońca; mag=1.013
22	03:14	Plejady 1°.9 N od Księżyca
22	19	Lirydy
23	07:03	Wenus 1°.3 S od Księżyca
25	20:18	Mars 3°.2 S od Księżyca
26	11:26	Pollux 1°.5 N od Księżyca

27	15:20	Pierwsza kwadra Księżyca
28	00:43	Księżyc w apogeum: 404300 km

Maj

1	17	Dolna koniunkcja Merkurego
3	18:55	Spica 3°.3 S od Księżyca
5	11:23	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; mag=0.964
5	11:34	Pełnia Księżyca
7	06:35	Antares 1°.5 S od Księżyca
8	05:27	Mars 4°.9 S od Polluxa
9	15	Koniunkcja Urana ze Słońcem
10	22:57	Księżyc w perygeum 369345 km
12	08:28	Ostatnia kwadra Księżyca
13	07:04	Saturn 3°.3 N od Księżyca
17	07:15	Jowisz 0°.8 S od Księżyca
17	19:34	Merkury 3°.6 S od Księżyca
19	09:53	Nów Księżyca
23	06:08	Wenus 2°.2 S od Księżyca
23	19:37	Pollux 1°.6 N od Księżyca
24	11:32	Mars 3°.8 S od Księżyca
25	19:39	Księżyc w apogeum: 404510 km
27	09:22	Pierwsza kwadra Księżyca
28	23	Maksymalna elongacja Merkurego 24°.9 W
29	07:04	Wenus 3°.9 S od Polluxa
30	15	Mars w aphelium: 1.66594 AU
31	04:05	Spica 3°.3 S od Księżyca

Czerwiec

3	15:19	Antares 1°.6 S od Księżyca
3	21:42	Pełnia Księżyca
4	5	Maksymalna elongacja Wenus 45°.4 E
6	17:07	Księżyc w perygeum 364860 km
9	14:19	Saturn 3°.0 N od Księżyca
10	13:31	Ostatnia kwadra Księżyca
14	00:33	Jowisz 1°.5 S od Księżyca
15	18:47	Plejady 1°.8 N od Księżyca
16	14:16	Merkury 4°.2 N od Aldebarana
16	14:39	Merkury 4°.3 S od Księżyca
17	22:37	Nów Księżyca
20	03:10	Pollux 1°.7 N od Księżyca
21	08:58	Początek astronomicznego lata
21	18:47	Wenus 3°.7 S od Księżyca
22	04:09	Mars 3°.8 S od Księżyca
22	12:30	Księżyc w apogeum: 405385 km
23	01:08	Regulus 4°.4 S od Księżyca
26	01:50	Pierwsza kwadra Księżyca
27	13	Merkury w peryhelium
27	13:08	Spica 3°.1 S od Księżyca
30	23	Górna koniunkcja Merkurego

Lipiec

1	0	Wenus 3°.6 N od Marsa
1	01:20	Antares 1°.5 S od Księżyca
3	05:39	Pełnia Księżyca
4	16:28	Księżyc w perygeum 360151 km
6	13	Ziemia w aphelium: 1.01668 AU
6	21:05	Saturn 2°.7 N od Księżyca
9	19:48	Ostatnia kwadra Księżyca
9	23:21	Mars 0°.6 N od Regulusa
11	15:18	Jowisz 2°.2 S od Księżyca
13	00:31	Plejady 1°.7 N od Księżyca
16	02:05	Wenus 1°.7 S od Regulusa
17	12:32	Nów Księżyca
19	02:56	Merkury 3°.5 S od Księżyca
20	00:56	Księżyc w apogeum: 406291 km
20	07:53	Regulus 4°.2 S od Księżyca
20	22:00	Mars 3°.3 S od Księżyca
24	21:01	Spica 2°.8 S od Księżyca
25	16:07	Pierwsza kwadra Księżyca
28	11:11	Antares 1°.3 S od Księżyca
28	12:21	Merkury 0°.1 S od Regulusa

Sierpień

1	12:31	Pełnia Księżyca
1	23:52	Księżyc w perygeum 357311 km
3	04:21	Saturn 2°.5 N od Księżyca
7	18	Wenus w aphelium
8	03:41	Jowisz 2°.9 S od Księżyca
8	04:28	Ostatnia kwadra Księżyca
9	06:16	Plejady 1°.5 N od Księżyca
9	20	Maksymalna elongacja Merkurego 27°.4 E
10	12	Merkury w aphelium
13	1	Perseidy
13	2	Merkury 4°.7 S od Marsa
13	5	Dolna koniunkcja Wenus
13	15:36	Pollux 1°.7 N od Księżyca
16	03:38	Nów Księżyca
16	05:55	Księżyc w apogeum: 406635 km
18	17:06	Mars 2°.2 S od Księżyca
21	03:28	Spica 2°.6 S od Księżyca
24	03:57	Pierwsza kwadra Księżyca
24	19:29	Antares 1°.1 S od Księżyca
27	2	Opozycja Saturna
30	09:51	Księżyc w perygeum 357182 km
30	12:03	Saturn 2°.5 N od Księżyca
30	19:35	Pełnia Księżyca

Wrzesień

4	13:44	Jowisz 3°.3 S od Księżyca
5	13:25	Plejady 1°.2 N od Księżyca
6	5	Dolna koniunkcja Merkurego

6	16:21	Ostatnia kwadra Księżyca
9	21:32	Pollux 1°.5 N od Księżyca
12	09:42	Księżyc w apogeum: 406289 km
12	20:00	Regulus 4°.1 S od Księżyca
14	19:40	Nów Księżyca
16	13:19	Mars 0°.7 S od Księżyca
17	09:12	Spica 2°.4 S od Księżyca
19	4	Neptun w opozycji
21	01:50	Antares 0°.9 S od Księżyca
22	7	Maksymalna elongacja Merkurego 17°.9 W
22	13:32	Pierwsza kwadra Księżyca
23	00:50	Początek astronomicznej jesieni
23	12	Merkury w peryhelium
26	19:25	Saturn 2°.7 N od Księżyca
27	19:05	Księżyc w perygeum 359911 km
29	03:57	Pełnia Księżyca

Październik

1	21:16	Jowisz 3°.4 S od Księżyca
2	22:25	Plejady 1°.1 N od Księżyca
6	07:48	Ostatnia kwadra Księżyca
7	04:23	Pollux 1°.4 N od Księżyca
9	00:08	Wenus 2°.3 S od Regulusa
9	21:41	Księżyc w apogeum: 405426 km
10	02:41	Regulus 4°.2 S od Księżyca
14	11:55	Nów Księżyca
14	11:59	Obrączkowe zaćmienie Słońca; mag=0.952
18	07:17	Antares 0°.9 S od Księżyca
19	23	Górna koniunkcja Merkurego
21	18	Orionidy
21	21:29	Pierwsza kwadra Księżyca
23	16	Maksymalna elongacja Wenus 46°.4 W
24	01:52	Saturn 2°.8 N od Księżyca
25	20:53	Księżyc w perygeum 364873 km
28	14:14	Częściowe zaćmienie Księżyca; mag=0.122
28	14:24	Pełnia Księżyca
29	02:10	Jowisz 3°.1 S od Księżyca
30	08:30	Plejady 1°.1 N od Księżyca

Listopad

2	22	Opozycja Jowisza
3	12:31	Pollux 1°.4 N od Księżyca
5	02:37	Ostatnia kwadra Księżyca
6	10:19	Regulus 4°.2 S od Księżyca
6	15:49	Księżyc w apogeum: 404569 km
9	03:28	Wenus 1°.0 S od Księżyca
10	23:09	Spica 2°.4 S od Księżyca
13	03:27	Nów Księżyca
13	12	Opozycja Urana
14	13:42	Antares 0°.9 S od Księżyca
16	15:17	Merkury 2°.5 N od Antaresa
17	23	Koniunkcja Marsa ze Słońcem
18	0	Leonidy
20	04:50	Pierwsza kwadra Księżyca
20	08:02	Saturn 2°.7 N od Księżyca
21	15:03	Księżyc w perygeum 369824 km
25	05:10	Jowisz 2°.8 S od Księżyca
26	18:02	Plejady 1°.1 N od Księżyca
27	03:16	Pełnia Księżyca
28	3	Wenus w peryhelium
29	04:27	Wenus 3°.9 N od Spiki
30	21:23	Pollux 1°.6 N od Księżyca

Grudzień

3	18:38	Regulus 4°.0 S od Księżyca
4	8	Maksymalna elongacja Merkurego 21°.3 E
4	12:42	Księżyc w apogeum: 404348 km
4	23:49	Ostatnia kwadra Księżyca
8	08:05	Spica 2°.3 S od Księżyca
9	10:53	Wenus 3°.6 N od Księżyca
12	17:32	Nów Księżyca
13	23:18	Merkury 4°.4 N od Księżyca
14	13	Geminidy
16	12:53	Księżyc w perygeum 367900 km
17	15:58	Saturn 2°.5 N od Księżyca
19	12:39	Pierwsza kwadra Księżyca
20	11	Merkury w peryhelium
21	21:28	Początek astronomicznej zimy
22	08:20	Jowisz 2°.6 S od Księżyca
22	13	Dolna koniunkcja Merkurego
22	21	Ursydy
24	01:37	Plejady 1°.1 N od Księżyca
26	18:33	Pełnia Księżyca
28	05:51	Pollux 1°.7 N od Księżyca
31	02:52	Regulus 3°.8 S od Księżyca

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

Ziemia w peryhelium: 4 styczeń (10)
Ziemia w aphelium: 6 lipiec (13)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (15:25)
Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (08:58)
Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (00:50)
Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (21:28)

Data juliańska (JD) = 2459944.5 + d + część dnia licząc
od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

20 IV Obrączkowe zaćmienie Słońca (Antarktyda, Ocean Indyjski, Australia, Ocean Spokojny)
5 V Półcieniowe zaćmienie Księżyca (wschodnia Europa, wschodnia Afryka, Azja, Australia)
14 X Obrączkowe zaćmienie Słońca (Pn Ameryka, Pd Ameryka)
28 X Częściowe zaćmienie Księżyca (Europa, Azja, Afryka, zachodnia Australia)

Kronika AN – 2021

Bogdan Wszołek i Agata Kołodziejczyk

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim
Astronomia Nova

Annales Astronomiae Novae

Z wiosną opublikowano drugi tom AAN. Książka, o objętości 360 stron, jest dostępna w wersji elektronicznej (PDF do pobrania) na stronach internetowych AN oraz OAUJ, a także w „Sklepiku Internetowym Uranii" w postaci papierowej. Tom powstał wspólnym wysiłkiem AN i OAUJ w Krakowie. Zawiera m.in. materiały z konferencji „Eugeniusz Rybka – w drodze do gwiazd", która odbyła się w Krakowie w dniach 18-19 czerwca 2018. Druk był współfinansowany przez OAUJ, Dwumiesięcznik Urania-Postępy Astronomii oraz (w przeważającej mierze) przez osoby prywatne, głównie zrzeszone w AN.

Prof. Virginia Trimble napisała notkę o AAN2 do słynnego pisma brytyjskiego *The Observatory*. Oto jej treść:
At least two fascinating articles in English appear in this volume, (whose predecessor Volume 1 was reviewed already in *The Observatory*). The first, by Bohdan Novosyadlyi of the University of Lviv in Ukraine, concerns part of the life of Prof. Eugeniusz Rybka (1898-1988). He was appointed director of the observatory and head of the department of astronomy at the University of Lviv in Poland in 1932 when it was the Jan Kazimierz University. Considerable progress in equipment, staffing, research, and teaching was made over the next few years. Then, after 1 September 1939, the city became part of Ukrainian Republik of SSSR, the University renamed for Ivan Franko. Staff were added, and plans made for a new observatory out of town. Then the Germans came and closed both University and the Observatory. Observations for meteorology and navigation soon resumed, under a German-led collaboration with observatories in Warsaw and Cracow, most of the observing being done by Rybka and his son Przemysław. When Soviet troops approached in

1944, the Germans intended to take all the equipment from the Observatory bach to Germany. Rybka arranged for things to be packed but hidden away, and German troops left Lwow in July, 1944 without at least that portion of swag. Of course the Soviet NKVD promptly (January 1945) arrested Rybka for collaboration with the enemy. He was soon released, put in proposal for an Astronomical Institute at the University of Lviv, which was actually in large measure funded. But, on 28 September, 1945, Rybka, his family, and at least some of their belongings, personal and scientific, boarded a repatriation train to Poland, where he became observatory director at Cracow and his son, in due course, a member of the Astronomical Institute of the Wroclaw (formerly Breslau) University. He attended at least the IAU General Assembles in Moscow (1958), Berkeley (1961), Hamburg (1964), Prague (1967), Brighton (1970), and Warsaw (1973), serving on the organizing committee of Commission 25 (photometry) and becoming an early member of Commission 41 (history of astronomy). Four other chapters address Rybka's life and work before, during, and after his time in Lviv/Lwow. They are in Polish.

We turn from this harrowing tale of the past to a potentially harrowing tale extending into the future. Katarzyna Smolarek and Grzegorz Michałek of the Jagiellonian University of Cracow have examined in great detail the behavior of our Sun during the last two cycles (23 and 24), but with some data going back to cycle 1 at the end of the Maunder minimum (so called because it was discovered by Spörer (Maunder of course discovered the Dalton minimum of the early 1800s). Besides sunspot numbers, they look then at the lengths of the cycles (24 was really short), numbers of spot groups, flares, and coronal mass ejections, geomagnetic disturbances, and aurorae. For some of these, I had not previously even heard of the "customary units", the Dst index (in nano Teslas) for geomagnetic storms and the Kp (from planetarische Kennziffer) for aurorae (units not given, but values range from about 50 to 200, and again the most recent cycle has been very weak). All the indicators show systematic declines through the last three cycles, 22, 23, and 24. The authors attempt no explanations or predictions, except to express concern about this anomalous state of our star. My thought is that, if we become too accustomed to a perpetually quiet Sun, the next Carrington event will do more damage than would have been necessary.

I began by saying "at least two", because there are also interesting chapters about variable stars, eclipsing binaries, monitoring re-entries of artificial satellites, and "physiology and dysfunction of the excretory system in the microgravity environment". This is not quite as icky as

you might guess from the title, since it deals primarily with bone density, dietary calcium, and kidney stones in astronauts. “Observatory directors I have known” by your reviewer ends the volume.

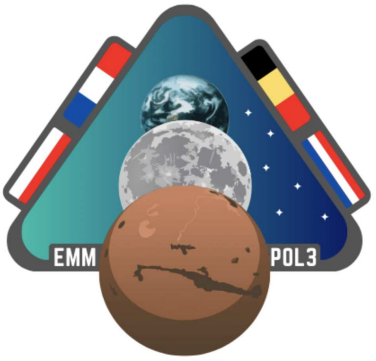
60 lat za Gagarinem

12 kwietnia w OAKJ w Rzepienniku Biskupim obchodzono uroczyście Dzień Kosmonautyki. Zebrała się grupa kilkunastu osób, w tym sześć zrzeszonych w AN. Wysłuchano wykładu prof. Piotra Strzelczyka o legendarnej rakiecie „Siemiorka”, która wyniosła Gagarina na orbitę. Odbyła się też odsłona portretu Gagarina, namalowanego przez artystę malarza Władimira Borysowicza Nikolina. Twórca portretu dokonał przy tym wyczerpującego wyjaśnienia co chciał wyrazić w swoim utworze. Portret od tego czasu zdobi front sali konferencyjnej w obserwatorium. Bogdan Wszołek wystąpił z koncepcją utworzenia turystyczno-dydaktycznego szlaku gagarinowskiego o nazwie „108 minut”. Szlak miałby poszerzyć zakres oddziaływań dydaktycznych na społeczeństwo ze strony Obserwatorium Królowej Jadwigi. Po dalsze informacje odsyłamy Czytelnika do lektury artykułów na stronach 89 i 101 niniejszego tomu.

(Stoją od lewej) Piotr Strzelczyk, Piotr Firlej, Wanda Kusiak, Dominik Beściak, Władimir Nikolin oraz Artur i Agnieszka Kuźmiczowie. (Siedzą od lewej) Michał Kuźmicz, Agata Kołodziejczyk, Rafał Kuźmicz, Mateusz Harasymczuk i Magdalena Wszołek z wnuczką Olą Harasymczuk.

EMMPOL 3

W dniach od 23 do 30 kwietnia odbyła się w Rzepienniku symulacja misji księżycowej EMMPOL 3, otwierająca drugi rok współpracy z prof. Bernardem Foingiem w ramach programu EuroMoonMars. Celem misji było badanie wpływu izolacji na stres. Wykorzystano metodę pomiaru poziomów kortyzolu i melatoniny w ślinie. Dodatkowo wykonano pomiary przemieszczania się analogowych astronautów w habitacie podczas trwania misji.



Uczestnicy i logo misji EMMPOL 3. (od lewej): Maël-Aloïs Charasse (Francja), Romain Lafabrie (Francja), Hugo Pires (Francja), Marie Lambert (Francja), Shannon Marchal (Belgia), Sybil Collins (Belgia).

Balonem do stratosfery

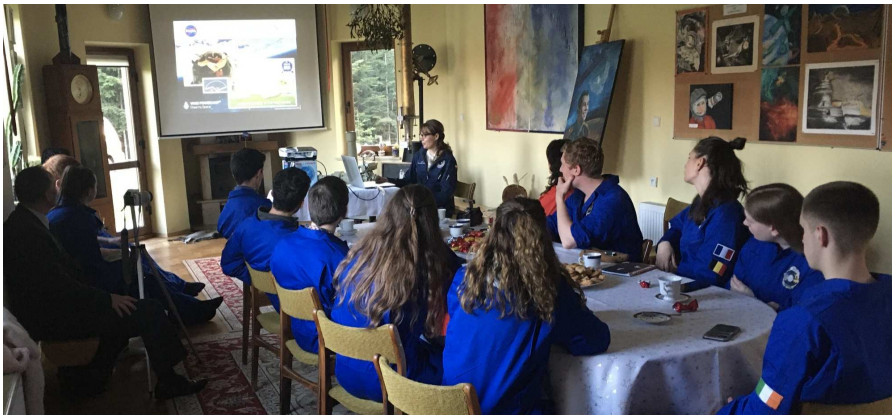
29 kwietnia z Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku wypuszczono balon stratosferyczny (STRATOS I). Celem zasadniczym przedsięwzięcia było przetestowanie możliwości wykonywania filmów przy pomocy kamer mocowanych w kapsule podwieszanej do balonu. W misji balonowej brali czynny udział uczestnicy misji EMMPOL 4. Sukces był połowiczny, gdyż kapsuła wylądowała za granicą, w okolicy Lwowa. Chociaż została zlokalizowana i odnaleziona, to nie sprowadzono jej do Polski ze względu na zbyt duże cło, przekraczające wartość kapsuły.

Uczestnicy misji EMMPOL 4 zaangażowani w napełnianie balonu wodorem. Z prawej logo potrójnej misji STRATOS.

EuroMoonMars workshop

30 kwietnia odbył się w OAKJ drugi polski workshop EuroMoonMars. Zorganizowano go z myślą o uczestnikach trzech misji: EMMPOL 3, EMMPOL 4 i EMMPOL 5. Młodzi, analogowi astronauci, prezentowali

Uczestnicy konferencji EuroMoonMars na tle anteny RT-9 w OAKJ. Na przedzie od lewej: Magdalena Filcek, Chirayu Mohan, Hannah Reilly, Morgane George, Kevin Robbesom, Gary Brady, Kevin McGrath. Stoją od lewej: Bogdan Wszołek, Agata Kołodziejczyk, Shannon Marchal, Sybil Collins, Maël-Aloïs Charasse, Hugo Pires, Marie Lambert, Romain Lafabrie oraz Aoife van Linden Tol.



Podczas wykładu Magdaleny Filcek.

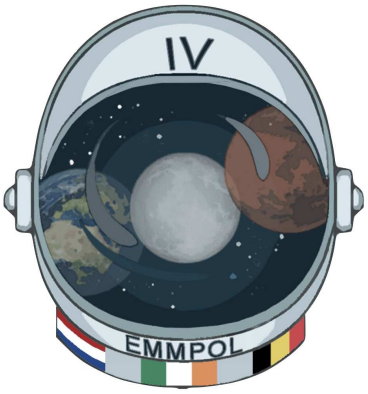
Uczestnicy workshopu na wieży w OAKJ.

swoje pierwsze projekty badawcze. Wysłuchali też na miejscu i zdalnie kilku bardziej profesjonalnych wykładów o tematyce kosmicznej. Prof. Bernard Foing przybliżył szczegóły działalności EuroMoonMars na świecie. Dr Roxana Perrier opowiadała o misjach EMMPOL 1 i EMMPOL 2 przeprowadzonych w Rzepienniku w 2020 roku. Ewa Borowska miała wykład o glonach wulkanicznych, a Magdalena Filcek opowiadała o prowadzonym w rzepiennickim habitacie eksperymencie nad wpływem oscylacji w czasie drzemek na układ krążenia i na efektywność odpoczynku fizycznego i psychicznego.

EMMPOL 4

W dniach 30 kwietnia do 8 maja w rzepiennickim habitacie odbyła się misja EMMPOL 4. Kontynuowano eksperymenty rozpoczęte podczas

misji EMMPOL 3. Nadto: Morgane George, studentka architektury, wykonała projekt habitatu księżycowego, Kevin Robbesom zaprojektował i wykonał sześć bioreaktorów z glonami do oczyszczania powietrza, Chirayu Mohan testował różnego rodzaju podłoża dla małego łazika. Załoga przyjechała samochodem prosto z Holandii na kilka dni przed misją, dzięki czemu wystarczyło czasu na wykonanie spacerów kosmicznych i testowanie procedur telerobotycznych w pobliskim Skamieniałym Miasteczku w Ciężkowicach.



Uczestnicy i logo misji EMMPOL 4. Od lewej z przodu: Chirayu Mohan (Irlandia), Hannah Reilly (Irlandia), Gary Brady (Irlandia). U góry od lewej: Kevin Robbesom (Holandia), Kevin McGrath (Irlandia) i Morgane George (Francja).

Testowanie operacji telerobotycznych w ograniczających ruch skafandrach w Skamieniałym Miasteczku w Ciężkowicach. Sprzęt wypożyczony z ESTEC Europejskiej Agencji Kosmicznej dzięki grzeczności prof. Bernarda Foinga. Na zdjęciu Kevin McGrath (z prawej) i Gary Brady (po lewej).

EMMPOL 5

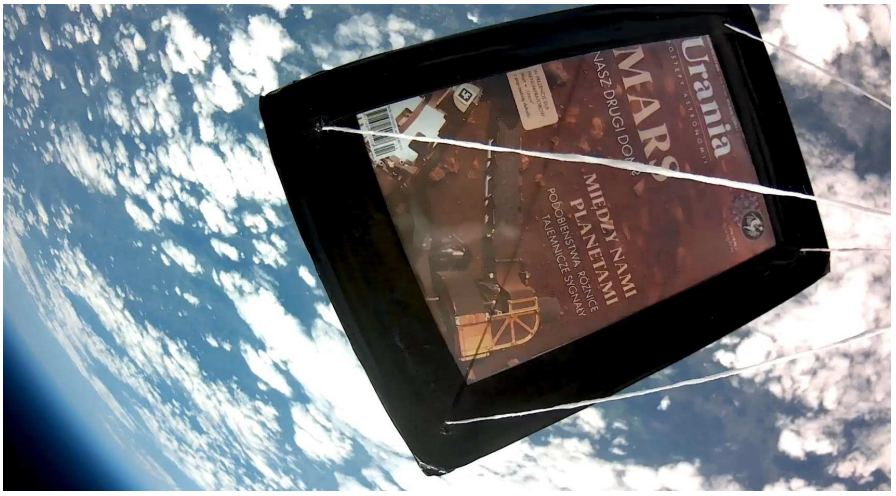
9 maja wystartowała w Rzepienniku misja EMMPOL 5. Kontynuowano badania rozpoczęte podczas misji EMMPOL 3 i EMMPOL 4. Dodatkowo przeprowadzono pierwsze projekty artystyczne w warunkach habitatowych. Brytyjska artystka, Aoife van Linden Tol, nagrywała m.in. dźwięki bazy oraz zrealizowała dwa inne projekty artystyczne. Jeden z nich polegał na zespołowym wygenerowaniu scen wiernie naśladujących sytuacje typowe dla stanów mikrograwitacji, np. wewnątrz orbitalnych stacji kosmicznych.

Uczestnicy i logo misji EMMPOL 5. Od lewej: Silvana Miranda (Portugalia), Manuela Raimbault (Szwajcaria), Jonas Calling (Belgia), Ot van Eysendeyk (Belgia), Aoife van Linden Tol (Wielka Brytania), Eline Radstake (Belgia).

Urania w stratosferze

2 czerwca z OAKJ został wypuszczony balon, który uniósł do stratosfery nie tylko próbki eksperymentalne ale także, między innymi, egzemplarz pisma Urania-PA poświęcony Marsowi (Nr 2/2021). Miał to być gest wdzięczności dla Redakcji Uranii za propagowanie w społeczeństwie nie tylko treści astronomicznych, ale też astronautycznych.

Gotowość startowa. Mateusz Harasymczuk trzyma kapsułę z podwieszoną Uranią. Klaudia Beściak i Wanda Kusiak powstrzymują przed ucieczką balon napompowany wodorem, a Agata Kołodziejczyk skupia uwagę na spadochronie.

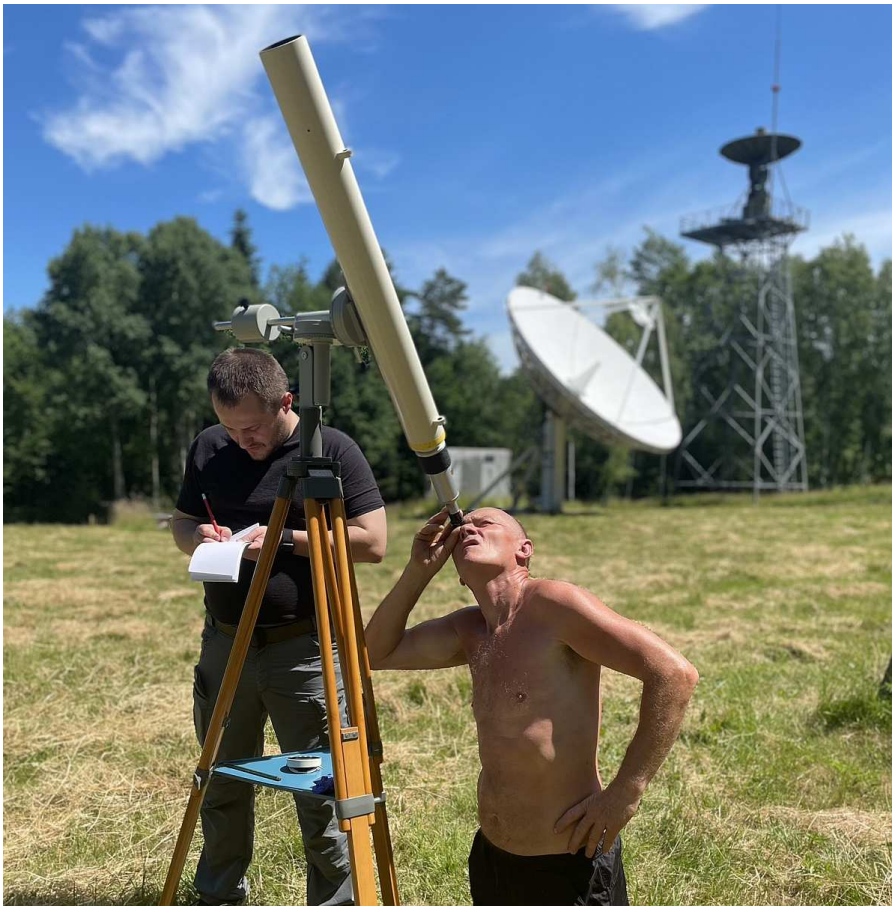


Urania 30 km ponad Ziemią.

STRATOS II

20 czerwca wypuszczono z OAKJ w Rzepienniku drugi balon stratosferyczny z serii STRATOS. Chodziło o wyniesienie dozymetrów pasywnych we współpracy z belgijskim Centrum Badań Jądrowych SCK-CEN. Przeźroczystość nieba tego dnia była taka, że przez lunetę udało się zobaczyć pęknięcie balonu w stratosferze i następujące po nim opadanie kapsuły na spadochronie. Lot odbył się przy idealnej przezroczystości powietrza i przy prawie zupełnym braku poziomych ruchów powietrza. Balon wzniósł się na wysokość ponad 27 km, a kapsuła wylądowała niecałe 20 km od miejsca startu. Wykorzystano te warunki do niezależnego (wobec współczesnych metod opartych o GPS) pomiaru czasowej zmiany

wektora prędkości dla balonu metodą klasyczną, stosowaną w meteorologii dla określania ruchów powietrza w górnych warstwach atmosfery. Niezależnie od eksperymentu naukowego dla SCK-CEN wykonano pomyślnie próby w zakresie skuteczności obrazowania powierzchni Ziemi z użyciem zdalnych kamer montowanych na kapsułach stratosferycznych.



Mateusz Harasymczuk i Bogdan Wszołek w akcji obserwacyjnej. Należy zgromadzić możliwie najwięcej danych pomiarowych (t, a, h), gdzie t – czas obserwacji, natomiast a i h to azymut i wysokość balonu.

Walne Zgromadzenie AN

26 czerwca odbyło się w OAKJ w Rzepienniku Walne Zgromadzenie AN. W towarzyszącej Zebraniu sesji naukowej referaty wygłosili: Agnieszka Pollo (Environmental dependence of galaxy evolution: lessons from z ∼0.7), Marian Soida ze Stanisławem Rysiem (Wariacje na temat masy), Marek Jamrozy (J0028+0035 – radiogalaktyka typu fidget spinner), Piotr Strzelczyk (Sound of Silence: Akustyczne obserwacje meteorów). Na Zebraniu poruszono trzy zasadnicze kwestie: 1) szlak „108 minut”, 2) konferencja i książka *Towards mysteries of the Cosmos with Johannes Kepler – on the 450th anniversary of his birth* oraz 3) zaprojektowanie

i wykonanie medalu dla honorowego wyróżniania osób z poziomu AN. Uchwalono też, że pierwszym medalem *Keplerus Ellipsis* zostanie wyróżniona prof. Virginia Trimble z Uniwersytetu Kalifornijskiego (Irvine).

Uczestnicy Walnego Zgromadzenia AN. Od lewej: Agnieszka Kuźmicz, Stanisław Ryś, Wojciech Kwitowski, Bożena Kwitowska, Elżbieta Ryś, Bogdan Wszołek, Marian Soida, Tomasz Kundera z synkiem Grzesiem, Dorota i Jerzy Walczykowie, Marek Jamrozy, Elżbieta Kuligowska, Piotr Strzelczyk i Agnieszka Pollo.

LUNARobots

2 lipca wystartowała w rzepiennickim habitacie pierwsza misja edukacyjna LUNARobots. Nauczyciel wraz ze swoimi uczniami z Technikum Robotycznego w Grudziądzu wykonywali projekty konkursowe. Wykonali podczas misji między innymi wirówkę do symulacji hipergrawitacji i model łazika księżycowego.

Uczestnicy i logo misji LUNARobots. Od lewej: Kacper Korzeniak, Patryk Wasilewski, Kacper Szczypior, Marcin Jabłoński i Paweł Laskowski.

Solaris

W dniach od 10 do 17 lipca odbyła się w Rzepienniku analogowa misja kosmiczna o nazwie „Solaris" i z ukłonem w stronę Stanisława Lema, w setną rocznicę jego urodzin. Uczestnikami misji byli kosmiczni profesjonaliści, nie studenci. W tym José David Villanueva Garcia, jeden z dyrektorów Europejskiej Agencji Kosmicznej, oraz Aidyl Gonzalez-Serricchio, z centrum Edukacji NASA. W czasie misji badano wpływ symulowanej mikrograwitacji na nicienie *Caenorhabditis elegans*. Badano też wpływ zmiennego pola magnetycznego na wzrost roślin i modelowano pracę urządzenia Random Positioning Machine.

Uczestnicy i logo misji SOLARIS. Od lewej: Simon Kalin (Szwajcaria), Aidyl Gonzalez-Serricchio (USA), José David Villanueva Garcia (Hiszpania) i Ghanim Alotaibi (Kuwejt).

STRATOS III

W dniu 11 lipca z OAKJ wypuszczono balon stratosferyczny. Wyniesiono dozymetry pasywne we współpracy z belgijskim Centrum Badań Jądrowych SCK-CEN.

Napełnianie balonu wodorem. Jeśli napompuje się za mało, balon zatrzyma się na pewnej wysokości i nie pęknie. Jeśli napompuje się za dużo, balon pęknie zanim doleci do stratosfery.

EDEN

Od 19 lipca odbywała się w Rzepienniku misja EDEN, zorganizowana również na cześć Stanisława Lema. W misji udział wzięło m.in. dwóch studentów-praktykantów. Andrzej Kwiatkowski rozpoczął w habitacie swoją pracę magisterską, którą kontynuuje w Instytucie Botaniki UJ.

Uczestnicy i logo misji EDEN. Od lewej: Dr Aidyl Gonzalez-Serricchio (USA), Magdalena Grzybek (Wielka Brytania), Andrzej Kwiatkowski (Polska) i Igor Jaworski (Polska).

Misja Da Vinci

Przez dwa tygodnie od 28 lipca odbyła się w Rzepienniku misja analogowa Da Vinci. Testowano Vinci Power Nap, rodzaj hamaka/huśtawki pomysłu Magdaleny Filcek z Wrocławia. Zabieg odpowiedniego huśtania się ma usprawniać procesy regeneracji sił fizycznych i psychicznych. W czasie misji wykonany został też prototyp układu hydroponiki oraz przeprowadzono badania wpływu udziału w analogowej misji na stany depresyjne. W tej misji po raz pierwszy wystąpiła osoba z okolic Rzepiennika, Monika Figas z Ciężkowic. Z kolei Klara Świątek to praktykantka, laureatka konkursu OMSA w Grudziądzu w 2021 roku.

Uczestnicy i logo misji DA VINCI. Od lewej: Klara Świątek, Monika Figas, Marcin Matczak, Igor Jaworski.

Dwukrotne warsztaty rakietowe

W pierwszych i w ostatnich dniach sierpnia odbyły się w Rzepienniku warsztaty rakietowe, tradycyjnie organizowane przez Agatę Kołodziejczyk, przy współpracy z Polskim Towarzystwem Rakietowym (PTR) i OAKJ. Poza frajdą w modelowaniu rakiet, możliwością spotkania ciekawych ambitnych ludzi, można było nocami delektować się rzepiennickim niebem i spadającym deszczem Perseidów. W tym roku Kacper Zieliński i Andrzej Chwastek z PTR wyszkolili 13 nowych modelarzy rakietowych.

Uczestnicy warsztatów rakietowych (Rzepiennik, 5-12 sierpnia). Pierwszy od lewej: prowadzący warsztaty Kacper Zieliński, pierwszy od prawej: instruktor Andrzej Chwastek.

Podczas warsztatów testowano nowy silnik rakietowy. Kacper Zieliński demonstruje tu własnoręcznie wykonany silnik hybrydowy. Test silnika wypadł pomyślnie.

Barwna relacja jednej z uczestniczek pierwszych warsztatów jest zamieszczona na str. 51 niniejszego tomu.

Podczas drugich warsztatów (koniec sierpnia). Pauline Sol, studentka z Paryża (IPSA), buduje rakietę pod fachowym okiem Andrzeja Chwastka.

Sterowanie anteną RFT-5.4

Antena z Komorowa, posadowiona na wieży w OAKJ, odzyskuje powoli swoje oryginalne sterowanie. Odtwarza je z dużym powodzeniem Janusz Wszołek – elektronik z Krakowa. Silniki i systemy zasilania wymagały wielu czasochłonnych i fachowych zabiegów regeneracyjnych. Wstępne testy są bardzo obiecujące i jest nadzieja, że w roku 2022 RFT-5.4 wróci do „tanecznej" formy sprzed 2010 roku.

Pierwsze testy elektronicznego manewrowania czaszą.

Junior Space Camp

W dniach od 15 do 22 sierpnia odbył się w Rzepienniku pierwszy w Polsce Junior Space Camp. Uczniowie klas ósmych wzięli udział w tygodniowej misji w habitacie. Misja była połączona z obserwacjami astronomicznymi oraz wejściem na wieżę w obserwatorium Królowej Jadwigi. Jedną z uczestniczek była Ida Tereszkiewicz – laureatka konkursu „W stronę gwiazd" organizowanego w 2021 roku przez Hevelianum w Gdańsku. Misja została laureatce zasponsorowana jako nagroda. W czasie obozu uczniowie nauczyli się rozpoznawać gwiazdozbiory i ciała niebieskie, wykonywali nocne wędrówki, nauczyli się modelować i drukować w technologii 3D oraz szyć na maszynie.

Uczestnicy i logo misji Junior Space Camp. Od lewej: Agata Kołodziejczyk, Tymon Sławiński, Filip Pytlik, Ida Tereszkiewicz, Stanisław Gazda.

Otwarcie odnowionego MOA

24 sierpnia otwarto zmodernizowane Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach. W uroczystości uczestniczyło sporo osób zrzeszonych w AN, deklarujących gotowość pomocy w merytorycznych aktywnościach MOA.

Przy cyfrowym projektorze planetaryjnym w odnowionym MOA. Od lewej: Bogdan Wszołek, Dominik Pasternak (dyrektor MOA), Janusz Nicewicz (szef planetarium w MOA), Igor Kudzej (dyrektor Obserwatorium Astronomicznego na Kolonickim Sedle w Słowacji).

EMMPOL 6

W dniach od 27 sierpnia do 2 września odbyła się w Rzepienniku kolejna misja z serii EMMPOL. Badano wpływ życia w izolacji na procesy starzenia i odporność organizmu.

Uczestnicy i logo misji EMMPOL 6. Od lewej: Tommaso Antonio Giacon (Włochy), Louis Carton (Francja), Nadia Mirza-Saadi (Wielka Brytania), Luke Vanhaelen (Francja), Joel Mura (Indie).

EMMPOL 7

W dniach 2 – 9 września odbyła się w Rzepienniku siódma misja z serii EMMPOL. Jej celem było porównanie pracy trzech par: znajomych ze

szkoły, osób, które zobaczyły się pierwszy raz oraz pary zakochanych. Każda z par miała do wykonania m.in. stetoskop z wykorzystaniem zasobów habitatu.

Logo i uczestnicy misji EMMPOL 7. W pierwszym rzędzie od lewej: Giulia Visona (Włochy), Pauline Sol (Francja), Micheline Ngue (Belgia). Z tyłu od lewej: Antonio Riccardi (Włochy), Damien Gomes (Portugalia), Rowan Brown (Wielka Brytania).

Otwarcie szlaku „108 minut”

9 września nastąpiło uroczyste otwarcie szlaku gagarinowskiego. Było to kulminacyjne wydarzenie w ramach obchodów, w kręgach AN oraz w OAKJ, 60-tej rocznicy lotu kosmicznego Jurija Aleksiejewicza Gagarina. Otwarcie było poprzedzone różnorakimi aktywnościami. Najbardziej czasochłonne okazało się opracowanie plansz dydaktycznych oraz ich usytuowanie w plenerze. Szczegóły o otwarciu zawarto w osobnym obszernym artykule (str. 89 tego tomu). Szlak jest jednokierunkowy i pomyślany o odbiorcach poważnych i pozytywnie nastawionych do przygody. W tym sensie ma on charakter elitarny. Uważne wczytanie się w treści na planszach jest tu kluczowe. Najłatwiej jest chłonąć przekaz z plansz przemierzając szlak, jak Gagarin, w pojedynkę. Wtedy nic nie zakłóci czytania, a wynikające z lektury treści idzie sobie „przetrawić” podczas samotnej wędrówki pomiędzy przystankami. Jeśli przemarsz grupowy, to najlepiej w odpowiednio dobranym składzie i z przewodnikiem, który zatroszczy się o stosowny ład zewnętrzny. Wycieczki szkolne w sposób szczególny wymagają przygotowania. Nauczyciel, który planuje zorganizować wycieczkę, powinien najpierw samotnie przemierzyć szlak, wczytać się w przekaz, i dopiero wtedy zaplanować wyjście z grupą lub zrezygnować.

Prof. Bernard Foing przemawiający do publiczności przed „startem”. Dominik Beściak w zaszczytnej roli Gagarina.

Jesienny dywan liści na szlaku „108 minut”.

EuroMoonMars workshop

9 września w OAKJ w Rzepienniku Biskupim odbył się kolejny workshop z serii EuroMoonMars, tym razem na styku misji EMMPOL 7 i 8. Prof. Bernard Foing wystąpił z wykładem o aktualnych projektach i możliwościach współpracy w ramach EuroMoonMars. Inni członkowie EuroMoonMars na świecie oraz promotorzy prac magisterskich analogowych astronautów występowali zdalnie. W dalszej części, po wprowadzeniu Agaty Kołodziejczyk, występowali kolejno studenci misji EMMPOL 6 i EMMPOL 7 podsumowując swoje zadania w czasie misji. Na koniec wystąpili studenci misji EMMPOL 8 prezentując projekty przewidziane do realizacji w habitacie. Po zakończeniu części referatowej niektórzy studenci przeszli jeszcze mini szkolenie praktyczne w zakresie terenowego użytkowania „łazika księżycowego” URSUS.

Prof. Bernard Foing i jego studenci (uczestnicy workshopu) na wieży w OAKJ.

EMMPOL 8

W dniach od 10 do 17 września odbyła się misja EMMPOL 8. Wyróżniała się głównie badaniami psychologicznymi. Studenci psychologii i architektury zakodowali 80 emocji w palecie kolorów, które emitowane były na ekranach komputerów i na rzutniku w habitacie. W ten sposób emocje załogi kreowały kolorystycznie przestrzeń, w której pracowali. Poza walorami kolorystycznymi zastosowano również iluzje przestrzenne celem optycznego powiększenia pomieszczeń bazy.

Uczestnicy i logo misji EMMPOL 8. Od lewej: Serena Crotti (Włochy), Abdelali Zyn (Maroko), Brent Reymen (Belgia), Leander Schlarmann (Austria), Jenne Dierckx (Belgia).

Test silnika rakietowego

12 września na hamowni w Rzepienniku testowano silnik rakietowy wykonany przez Koło Naukowe Studentów „AGH Space Systems". Silnik znacząco przewyższał gabarytami i siłą ciągu wszelkie wcześniejsze silniki rakietowe testowane na tej hamowni. Przygotowanie do testu trwało cały dzień. Zaangażowanych było kilkanaście osób. Mimo drobnych

komplikacji, silnik przetestowano pomyślnie. Bliżej o testach na str. 179 niniejszego tomu.

Chwila wytchnienia przed przystąpieniem do operacji tankowania utleniacza. Z tyłu od lewej: Wojciech Żebrowski, Radosław Korczyński, Jacek Zabiegło, Bartosz Wyciszkiewicz, Piotr Sławęcki, Barbara Szaflarska, Szymon Janaczek, Paweł Szczepaniak, Eryk Jamróz, Karol Głodek. Na przedzie od lewej: Wojciech Kłos, Eliza Marzec, Agata Zwolak, Piotr Duszkiewicz, Dawid Płaneta, Magda Król.

Misja Kepleria

W dniach od 26 września do 2 października odbyła się w Rzepienniku misja o nazwie Kepleria. Jej celem głównym było zaprojektowanie i wykonanie cubesata, który będzie wysłany do stratosfery w 2022 r. Poza konstrukcją cubesata grupa brała udział w konkursie Space Application Challenge organizowanym przez NASA. Misję dedykowano Janowi Keplerowi w 450-rocznicę jego urodzin.

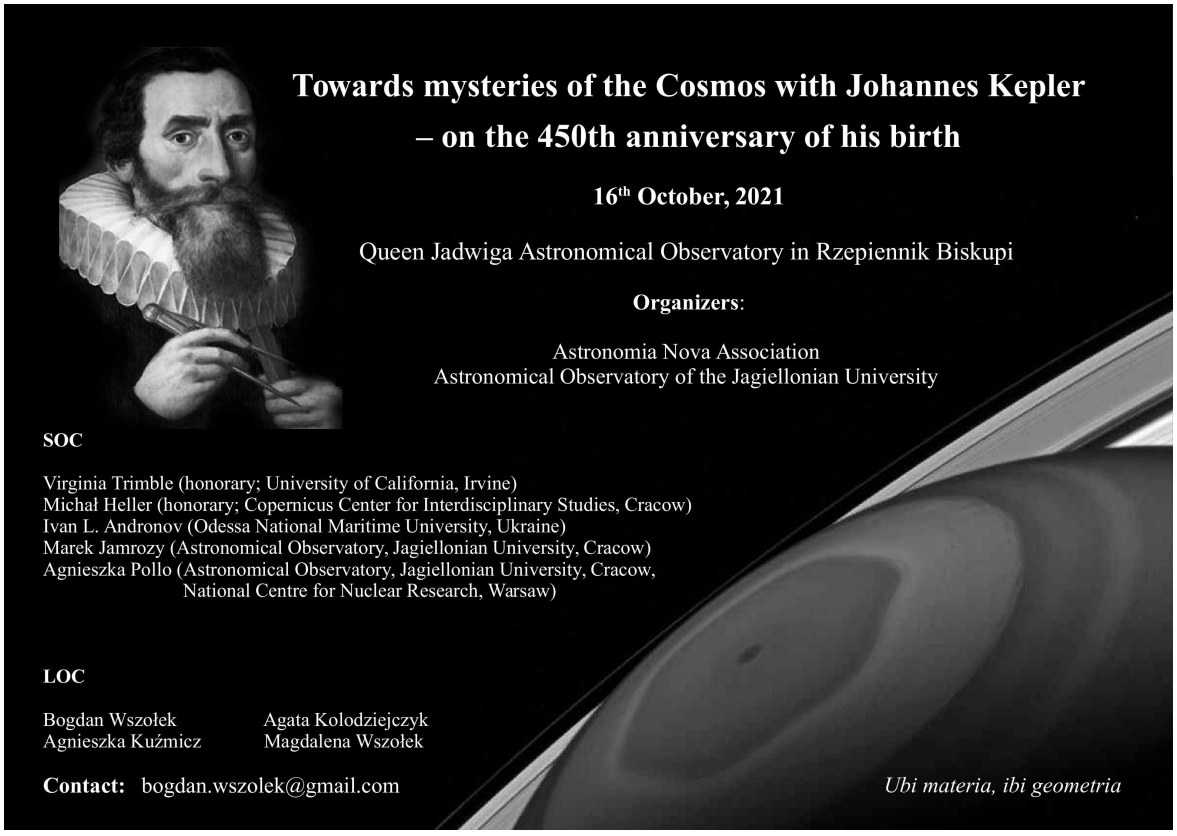
Uczestnicy i logo misji Kepleria. Od lewej u dołu: Justyna Średzińska (Polska), Rania Toukebri (Tunezja), Selene Cannelli (Włochy). Od lewej u góry: Grzegorz Marzec (Polska), Giovanna Ruiz (Kolumbia), Eryk Kopa (Polska).

Yurija EMMPOL 9

W dniach od 13 do 20 października odbyła się w Rzepienniku analogowa misja kosmiczna Yurija EMMPOL 9. Jej celem nadrzędnym było zaprojektowanie i wykonanie indywidualnych kabin analogowych astronautów oraz wstępne przeprowadzenie badań nad znaczeniem prywatności w izolacji.

Po dekoracji astronautów analogowych z misji Yurija EMMPOL 9.

Konferencja keplerowska



16 października w OAKJ odbyła się konferencja naukowa „Towards mysteries of the Cosmos with Johannes Kepler – on the 450th anniversary of his birth". Wykłady podczas konferencji wygłosili profesorowie z Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie: Agnieszka Pollo, Marek Jamrozy i Jerzy Krzesiński. Urodzinowym „upominkiem" dla Keplera ma być książka pod tym samym tytułem co konferencja. W książce zostaną opublikowane przyczynki uczestników konferencji jak również wielu innych autorów, którzy nie mogli przyjechać do Rzepiennika, ale chcą Keplerowi oddać hołd swoim artykułem w książce. Wydanie książki zaplanowano na pierwszą połowę 2022 roku. W niniejszym tomie zamieszczono informacje ogólne o Keplerze (str. 61). Wielka miłośniczka Keplera, prof. Virginia Trimble, nie zdołała przyjechać na konferencję, ale duchem była z jej uczestnikami. Napisała: I'm very sorry that it won't be possible for me to be there! One small thought: "Kepler in the Middle" because when Halley predicted the next return of "his" comet, he had confidence in the observations from 1682 because they were his own; in those of 1531 because Peter Apian had been sufficiently sharp-eyed to recognize that the tail always pointed away from the sun; and in those of 1607 because they were made by Kepler! All best wishes for a successful event!

Uczestnicy konferencji. Od lewej: Jerzy Krzesiński, Kamila Świda, Agnieszka Pollo, Kinga Kijańska, Marek Jamrozy, Michał Służalec, Artur Kuźmicz, Agata Kołodziejczyk, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena i Bogdan Wszołkowie.

Virginia poinformowała członków Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego (AAS) oraz Komisję Historii Nauki w Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU) o naborze przyczynków do książki o Keplerze. Kilkoro autorów zagranicznych zgłosiło dzięki temu chęć współtworzenia książki.

Sieć VWFOV, segment europejski

[Notkę sporządził Stanisław Kozłowski]

W listopadzie 2021 w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi (OAKJ) w Rzepienniku Biskupim zainstalowane zostały dwie stacje obserwacyjne pracujące w europejskim segmencie sieci VWFOV (Very Wide Field of View) budowanym dla Polskiej Agencji Kosmicznej przez firmę Cilium Engineering Sp. z o. o. z Torunia. Powstająca sieć sensorów optycznych przeznaczonych do obserwacji satelitów i śmieci kosmicznych na niskiej orbicie okołoziemskiej składa się z nieruchomych stacji obserwacyjnych rozmieszczonych wzdłuż południka, po cztery stacje na jeden segment. Sensory obserwują wspólną przestrzeń w zakresie wysokości od 200 do 2000 km. Za pomocą triangulacji możliwe jest wyznaczenie wektora stanu obiektu poruszającego się w tej przestrzeni. Cztery stacje wchodzące w skład segmentu europejskiego zostały rozmieszczone w trzech lokalizacjach: w Obserwatorium w Truszczynach (stacja A), w OAKJ w Rzepienniku Biskupim (stacje C oraz D) i w Obserwatorium Kryoneri w Grecji (stacja B). Pomiar triangulacyjny realizowany jest za pomocą trzech par stacji: A+B (wysokie orbity), A+C oraz D+B (niskie orbity). Stacja VWFOV jest urządzeniem autonomicznym, ważącym ok. 200 kg, z bardzo niewielką liczbą części ruchomych. Obserwuje statycznie wybrany fragment nieba (syntetyczne pole widzenia baterii kamer to 15×60 stopni), przetwarza dane na pokładzie, a wyniki przesyła do „chmury", gdzie następuje synteza danych z różnych stacji. Przy sprzyjających warunkach meteorologicznych sieć europejska może obserwować kilkaset obiektów w ciągu doby. Sieć jest operacyjna od grudnia 2021 roku. Ekipa instalacyjna z Cilium serdecznie dziękuje Panu dr. Bogdanowi Wszołowi za udostępnienie wspaniałej lokalizacji oraz ogromną pomoc i zaangażowanie podczas instalacji sprzętu.

Stanisław Kozłowski i Franciszek Sawicki podczas montażu stacji C i D w Rzepienniku.

Stacje EU-C oraz EU-D w OAKJ w Rzepienniku Biskupim zostały zainstalowane na 7-metrowej wieży. Dzięki temu możliwa jest obserwacja obiektów na niebie już od 10 stopni ponad horyzontem.

Obserwacje komety C/2021 A1 Leonard

4, 9 i 13 grudnia prof. Piotr Strzelczyk z Politechniki Rzeszowskiej, w towarzystwie Piotra Guzika i Mariusza Świętnickiego, wykonał wizualne i fotograficzne obserwacje komety C/2021 A1 Leonard. Kometa została odkryta przez Grega J. Leonarda w obserwatorium Mount Lemmon 3 stycznia 2021 roku w odległości 5 j.a. od Ziemi. Przez peryhelium przeszła 3 stycznia 2022 r. Okres obiegu komety wokół Słońca ocenia się na 79700 lat. Jej aphelium i peryhelium wynoszą odpowiednio 3700 i 0.6151 j.a.

Kometa C/2021 A1 Leonard (z lewej u dołu) w towarzystwie gromady kulistej M3, obserwowana 4 grudnia 2021 (ok. godz. 5:00 CET) w Woli Niżnej. [Canon 6D, ISO 2000, F 1:2.8, f=100 mm]. (*fot. P. Strzelczyk, obr. K. Strzelczyk*)

Odnowienie doktoratu prof. dr hab. Jerzego Machalskiego

[Notka sporządzona przez Marka Jamrozego, jednego z wychowanków prof. Machalskiego]

Prof. Jerzy Machalski podczas konferencji o Kazimierzu Kordylewskim (Rzepiennik Biskupi 2019).

14 grudnia 2021 roku o godzinie 11:00 odbyło się uroczyste posiedzenie Rady Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego poświęcone odnowieniu doktoratu Pana Profesora

Jerzego Machalskiego po 50 latach od dnia nadania Mu stopnia doktora nauk fizycznych. Uroczystość, której przewodniczyła Dziekan Wydziału prof. dr hab. Ewa Gudowska-Nowak, odbyła się w Auli Jagiellońskiej Collegium Maius. Profesor Machalski był dla wielu członków AN nauczycielem akademickim w UJ oraz dla niektórych promotorem prac magisterskich i doktorskich. Niech to przypomnienie kariery naukowej Profesora Machalskiego będzie wyrazem wdzięczności ze strony jego uczniów.

Profesor Jerzy Machalski tytuł magistra astronomii uzyskał na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w czerwcu 1962 roku, a już w lipcu został zatrudniony w Obserwatorium Astronomicznym UJ (OAUJ). Jego zainteresowania naukowe związane były z radioastronomią, a w szczególności – z radiowymi obserwacjami Słońca. W 1968 roku w Forcie Skała ukończono montaż sterowania 15 metrowego radioteleskopu, którego budowa zakończyła się kilka lat wcześniej. Wyniki pomiarów parametrów mechanicznych i aparatury odbiorczej nowego radioteleskopu oraz pierwsze krakowskie obserwacje promieniowania radiowego Galaktyki z obszaru źródła Cyg-X stanowiły podstawę rozprawy doktorskiej przyszłego Profesora. Stopień doktora Jerzy Machalski otrzymał na Uniwersytecie Jagiellońskim, a obrona Jego rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Możliwości obserwacyjne 15m radioteleskopu krakowskiego w paśmie 1300 MHz", której promotorem był profesor Karol Kozieł, odbyła się w piątek 4 czerwca 1971 roku. Trzy lata później doktor Jerzy Machalski otrzymał zaproszenie dyrektora National Radio Astronomical Observatory (NRAO) na 13-miesięczny staż naukowy. Po powrocie do kraju rozpoczął opracowanie przeprowadzonych w USA obserwacji dwóch obszarów nieba, oznaczonych jako GB2 i GB3. Doktor Jerzy Machalski habilitował się w marcu 1980 roku na podstawie wyników badań nad przestrzennym rozmieszczeniem i ewolucją radioźródeł pozagalaktycznych, otrzymanych na podstawie wykonanego przeglądu radiowego nieba. W 1981 roku dr hab. J. Machalski otrzymał tytuł docenta. Ponownie, kilkakrotnie wyjeżdżał do NRAO na kilkumiesięczne pobyty naukowe gdzie – we współpracy głównie z dr J. Condonem – podjął tematykę badań szczegółów struktury radiowej radioźródeł z przeglądów GB i GB2 przy użyciu interferometru Very Large Array (VLA). Umożliwiło to w kolejności precyzyjną lokalizację badanych radiogalaktyk i ich identyfikację optyczną oraz było podstawą do utworzenia bazy obserwacyjnej dla badania zarówno ewolucji indywidualnej, jak i kosmologicznej całej populacji radioźródeł. W 1992 roku Jerzy Machalski uzyskał

tytuł profesora nauk fizycznych. Już wtedy był znanym i wysoko cenionym specjalistą, współpracującym z wieloma ośrodkami zagranicznymi, m. in.: z NRAO w Green Bank (USA), z Obserwatorium Astrofizycznym w Asiago (Włochy), z Narodowym Obserwatorium Radiowym w Nobeyamie (Japonia), Obserwatorium Astronomicznym w Turku (Finlandia), z Obserwatorium McDonald w Teksasie (USA) czy z Narodowym Centrum Astrofizyki Radiowej w Pune (Indie). Od momentu objęcia profesury Jego zainteresowania naukowe i prowadzone prace koncentrowały się zarówno na komplementarnych badaniach własności optycznych i rentgenowskich aktywnych jąder galaktyk odpowiedzialnych za powstawanie potężnych radioźródeł pozagalaktycznych, jak i na badaniach własności radiowych tzw. „normalnych" galaktyk, których słabe promieniowanie radiowe pochodzi z procesów ewolucyjnych populacji gwiazd. W latach 90-tych minionego wieku, Jerzy Machalski podjął tematykę związaną z tzw. „gigantycznymi" radiogalaktykami, których rozmiary liniowe sięgają kilku megaparseków i odkrył, wraz ze swoimi współpracownikami, szereg bardzo rozległych obiektów, w tym największą rozpoznaną radiogalaktykę we Wszechświecie – J1420-0545. Ponadto jest zaangażowany w prace związane z modelowaniem ewolucji dynamicznej radiogalaktyk, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów wykazujących wielokrotną aktywność dżetów. Uzyskane wyniki naukowe prof. Machalskiego opublikowane zostały w ponad 110 recenzowanych pracach. Poza działalnością naukową i dydaktyczną profesor Machalski pełnił w Obserwatorium szereg funkcji administracyjno-naukowych. Był, m. in. przewodniczącym Rady OAUJ w latach 1984 – 2002, a od 1988 roku pełnił również funkcję kierownika Zakładu Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej. W 2007 roku profesor Jerzy Machalski przeszedł na emeryturę, jednak nadal jest aktywnym naukowcem.

„Keplerus Ellipsis" dla Virginii Trimble

W dniu 450-urodzin Keplera, 27 grudnia, po raz pierwszy AN oficjalnie nadała swoje najwyższe odznaczenie, medal *Keplerus Ellipsis*. Uhonorowano nim Panią Profesor Virginię Trimble, astronomkę z Uniwersytetu Kalifornijskiego. Virginia Trimble jest honorową członkinią AN i wchodzi w skład „Honorary Staff" Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Jest autorką wielu cennych artykułów na łamach książek wydawanych przez AN i mocno angażuje się we wszystkie kluczowe przedsięwzięcia AN. Dla przykładu, rozpowszechniła w świecie informacje dotyczące inicjatywy AN uszanowania okrągłej rocznicy

urodzin Johannesa Keplera. W rzeczy samej, zaplanowana i właśnie redagowana książka o Keplerze zaistniała głównie dzięki zaangażowaniu Virginii Trimble. Mając na uwadze te i różne wcześniejsze jej zasługi dla astronomii, w tym też serdeczną pamięć o astronomach w Polsce, Walne Zebranie AN uznało Virginię Trimble jako osobę w najwyższym stopniu godną uhonorowania medalem *Keplerus Ellipsis*, ustanowionym przez AN z okazji 450-rocznicy urodzin Johannesa Keplera, patrona AN.

Medal *Keplerus Ellipsis* został pomyślany jako materialny znak zaprzyjaźnienia z Keplerem. W każdej kulturze, w każdym miejscu na Ziemi i w każdych czasach, są astronomowie kierujący się najczystszymi intencjami i dogłębnym, przyjaznym i uczciwym, myśleniem na temat Kosmosu. Dla takich osób został stworzony ten medal.

Awers i rewers medalu Keplerus Ellipsis.
(*Pomysł bryły – Marek Jamrozy; projekt – Bogdan Wszołek*)

Centralny symbol graficzny na awersie to jedyny symetryczny rysunek zamieszczony przez Keplera w dziele *Astronomia Nova*. Jest to rysunek nr 56 i przedstawia Słońce i fragmenty orbit Ziemi i Marsa. Treść rysunku, przedstawiającego dwa położenia Ziemi, szybciej obiegającej Słońce niż Mars, oraz dwa położenia Marsa na jego orbicie, otoczonej dwoma bliskimi liniami pomocniczymi, służyła Keplerowi dla zilustrowania rozumowania dowodzącego praw ruchu planet. I i II prawo ruchu planet odkrył Kepler analizując dane obserwacyjne dotyczące właśnie Marsa. Odkrycie tych praw Kepler okupił nadludzkim wysiłkiem, które niemal doprowadziło go, jak pisze, do obłędu. Mógł jednak na koniec chlubić się, jak to nazwał, wygraniem wojny z Marsem.

Sformułowanie *Sol omnia regit* ma symbolizować Keplerowe olśnienie, że Wszechświat jest fizyczny, a nie matematyczny. Bryła medalu ma

kształt lekko ściętego stożka. Awers ma zatem kształt elipsy, a fizyczne Słońce znajduje się w jej ognisku. Kształt medalu ma symbolizować fakt, że do prawd o przyrodzie dochodzi się czasem na przestrzeni tysiącleci. Apoloniusz z Pergii (ok. 260 – ok. 190 p.n.e.) tnąc stożek płaszczyzną otrzymał elipsę, ale nie przeczuwał jaką ona kiedyś w przyszłości zrobi karierę. Aleksandryjska Hypatia (355/370 – 415 n.e.) rysując elipsę patykiem na piasku, nieśmiało przeczuwała, że jeśli Ziemia miałaby okrążać Słońce, jak chciał tego już Arystarch z Samos (ok. 310 – 230 p.n.e.), to raczej po elipsie niż po okręgu. Ostatecznie, Kepler w 1609 roku w swoim dziele *Astronomia Nova* podniósł elipsę do rangi kosmicznego sacrum. Elipsa króluje również na rewersie medalu, ale już w formie naśladującej jej szkice w dziele *Astronomia Nova*. Oryginalny Keplerowy zapis „prawa elips" oraz równanie Keplera są dostępne dopiero po odwróceniu medalu. Niech i to będzie odzwierciedleniem prawidłowości, że na drodze do prawdy często przychodzi myślicielowi postawić coś do „góry nogami"!

OAKJ-2021

Aktywność Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, podobnie jak w latach wcześniejszych, polegała głównie na rozbudowie infrastruktury oraz na organizacji wydarzeń naukowych i dydaktycznych. Odbyły się tu trzy sesje naukowe i dwa workshopy, podczas których wygłoszono w sumie 46 wykładów lub krótkich komunikatów naukowych. Uruchomiono szlak gagarinowski, który jest poszerzeniem dotychczasowej oferty dydaktycznej, przewidzianej do odbioru w trybie samoobsługowym. Dla wielu osób indywidualnych jak i dla zorganizowanych grup wycieczkowych przeprowadzono prezentację obserwatorium i w rozmowach i pogadankach przybliżano różne aspekty astronomii i astronautyki. Obserwatorium kontynuowało lub rozpoczęło współpracę z krajowymi i zagranicznymi podmiotami w zakresie testowania silników rakietowych (AGH Space Systems, Polskie Towarzystwo Rakietowe – PTR), budowania lotnych modeli rakiet (PTR i Analog Astronaut Training Center – AATC), badań stratosferycznych (AATC), organizacji analogowych misji kosmicznych (AATC) oraz w zakresie automatycznego monitoringu nieba dla wychwytu śmieci kosmicznych i dla uściślania parametrów orbit dla sztucznych satelitów (Europejska Agencja Kosmiczna, Polska Agencja Kosmiczna). Wychodząc na przeciw rosnącemu zainteresowaniu różnych podmiotów naukowych umieszczaniem w OAKJ zdalnych instrumentów obserwacyjnych, postanowiono

rozbudować obserwatorium o tzw. część C (na dwóch hektarach ziemi położonej na odsłoniętej grani, z bardzo niskim dookolnym horyzontem). Już zdołano wyposażyć to odludne miejsce w wodę źródlaną i w energię elektryczną.

Jedna z grup szkolnych odwiedzających obserwatorium w 2021 roku.

Uniwersytet Trzeciego Wieku z Niepołomic pod przewodnictwem Janusza Jagły, prezesa Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.

Stało się tradycją, że grupy analogowych astronautów są po odbytych misjach w habitacie dekorowani w OAKJ. Mają przy tym okazję przyjrzeć się z bliska prawdziwym naziemnym antenom, jakie zabezpieczają komunikację kosmiczną.

Uczestnicy wiosennego workshopu EuroMoonMars na wieży pod anteną RFT-5.4.

„Rzepiennicka droga do gwiazd", szlak astronomiczny otwarty przez władze gminy w 2014 roku, została zlikwidowana. Wytyczające szlak rzeźby drewniane planetarnych bóstw uległy zbutwieniu i zostały wyrzucone. Najlepiej zachowane rzeźby Wenus i Marsa zostały uratowane przez OAKJ i po ich zabezpieczeniu przed dalszą degradacją atmosferyczną trafiły pod dach.

Uratowane rzeźby Marsa (rzeźbiarz: Franciszek Pytel) i Wenus (rzeźbiarz: Edmund Szpanowski) pod niebem OAKJ.

Hołd dla Jurija Gagarina w Bremie

Anna Chrobry

Członek zarządu organizacji Yuri's Night Bremen

Yuri's Night Bremen

Brema to miasto w północnych Niemczech, w którym mieści się wiele prokosmicznych firm i instytucji, jak np. Ariane, Airbus, OHB i DLR. Brema to europejskie centrum kompetencji w zakresie lotów kosmicznych, pojazdów nośnych i robotyki kosmicznej, gdzie pracuje kilka tysięcy wysoko wykwalifikowanych ekspertów.

5 lutego 2013 roku zawiązało się formalnie stowarzyszenie o nazwie „Yuri's Night Bremen" (nieformalnie działało ono już od roku 2011). Stowarzyszenie postawiło sobie za cel promowanie w społeczeństwie kulturowych aspektów podróży kosmicznych i eksploracji kosmosu. Kiedy ZSSR w październiku 1957 roku wprowadził na orbitę Sputnika, pierwszego sztucznego satelitę Ziemi, w USA wybuchła panika. Amerykanie sądzili, że następnym krokiem ZSRR będzie wystrzelenie w kosmos platform orbitalnych, z których Sowieci zaczną zrzucać na przeciwników bomby wodorowe. Te amerykańskie obawy jeszcze się pogłębiły wraz z wysłaniem przez Związek Radziecki pierwszego człowieka w kosmos. Na szczęście dzisiaj jesteśmy, zwłaszcza w Europie, wolni od fałszywych politycznych stereotypów dotyczących eksploracji kosmosu i możemy nie tylko jawnie kibicować postępowi, ale też czynnie włączać się w ogólnoludzki wysiłek zdążający do pokojowego zagospodarowania wolnych przestrzeni Kosmosu.

Obchody w Bremie 60-rocznicy lotu kosmicznego Gagarina

Dziesięć lat wcześniej uczestniczyłam po raz pierwszy w obchodach Yuri's Night w Bremie, jeszcze jako doktorantka fizyki. Znalazłam na stole ulotkę Stowarzyszenia „Women in Aerospace". Skontaktowałam się z niektórymi członkami Stowarzyszenia i szybko zainteresowałam się ich

opowieściami o kosmicznych projektach. Jedna z członkiń poleciła mnie do pracy w swojej kosmicznej firmie. A ja potem, już jako pracownik przemysłu kosmicznego, nadal świętowałam lot pierwszego człowieka w kosmos. A teraz sama jestem członkiem zarządu „Yuri's Night Bremen" i organizuję to wydarzenie, mając nadzieję, że będzie ono naprawdę przełomowe i inspirujące dla innych, tak jak kiedyś było dla mnie. Przypadła mi zaszczytna rola współorganizacji obchodów w Bremie pamiętnego wydarzenia sprzed 60-ciu lat, jakim był lot pierwszego człowieka w kosmos.

W 2021 roku obchody Yuri's Night miały większy rozmach i znaczniejszą rangę niż w latach wcześniejszych. Zaangażowały się praktycznie wszystkie kosmicznie naznaczone instytucje i firmy w Bremie. W Muzeum Nauki Universum zorganizowano okolicznościową wystawę „up to space". Wyjątkowego charakteru nadały obchodom specjalistyczne wykłady publiczne na tematy kosmiczne, szeroko nagłośnione przez środki masowego przekazu. Czworo ekspertów z bremeńskiej sceny kosmicznej, z pasją i entuzjazmem relacjonowało misje kosmiczne i projekty badawcze.

Dr Charlotte Bewick (OHB SE w Bremie), w swoim wykładzie odpowiedziała na pytania: Co to jest kosmiczny śmieć? Skąd pochodzi? Co musimy zrobić, aby uniknąć eskalacji procesu zaśmiecania kosmosu? Oprócz typowych pomysłów na zmniejszenie ilości śmieci na orbicie, mówiła również o bardziej egzotycznych koncepcjach – od samo napełniających się lustrzanych balonów po lasery hamujące satelity.

Christian Eigenbrod (ZARM, Uniwersytet w Bremie) opowiadał z pasją o „psychologii" ognia. Podkreślał, że pożary są fascynujące, ponieważ są jednocześnie piękne i niebezpieczne oraz ponieważ, podobnie jak organizmy żywe i systemy społeczne, zachowują się w sposób trudno przewidywalny. W szczególności poruszył tematykę ognia w kontekście pojazdów kosmicznych.

Dr Anja Frost (DLR) w wykładzie „Nietoperze na orbicie: Jak działa satelita radarowy?" wyjaśniała, o co chodzi z tymi zwierzętami w kosmosie. Satelita radarowy TerraSAR-X okrąża Ziemię na wysokości 500 kilometrów z prędkością 7.6 kilometrów na sekundę. Jak nietoperz wysyła sygnały radarowe podczas lotu i odbiera echa od Ziemi. Tym sposobem udaje się wygenerować trójwymiarowy obraz powierzchni naszej planety.

Renato Avila (Airbus Defence & Space, Brema) wyjaśnił podczas

swojego wykładu „Tworzenie międzygalaktycznych autostrad", że ponieważ ludzkość posuwa się naprzód w kierunku podejmowania długotrwałych przedsięwzięć kosmicznych, należy zająć się infrastrukturą wsparcia, aby umożliwić opłacalność eksploracji. Dotyczy to w pierwszym rzędzie długotrwałych pobytów ludzi na Księżycu i na Marsie.

Christian Eigenbrod

Charlotte Bewick

Anja Frost

Renato Avila

Dla *Universum*, gdzie odbyły się wyszczególnione wykłady, Stowarzyszenie Yuri's Night przygotowało specjalny prezent upamiętniający, że Brema to kosmiczne miasto oraz że odbywają się tu regularne upamiętnienia lotu Gagarina. Okrągła tablica pamiątkowa przedstawia sylwetkę pierwszego kosmonauty wraz z jego podpisem.

Kobieta i kosmos

Rozmyślając o początkach załogowych lotów kosmicznych, nie sposób pominąć kwestii kobiet w kosmosie. W 1962 roku spośród 400 kandydatów Walentina Tierieszkowa została wybrana do kobiecej korporacji kosmonautów. 16 czerwca 1963 roku na pokładzie Vostok 6 Walentina została pierwszą kobietą, która samotnie podróżowała w kosmos. Pierwsi

Autorka oraz Bastian Bullwinkel z Universum Science Center z pamiątkową tablicą gagarinowską.

organizatorzy lotów kosmicznych dobrze rozumieli, że w kosmos powinny latać zarówno kobiety jak i mężczyźni. Dwa lata po locie Gagarina udowodniono, że organizm kobiecy równie dobrze jak męski sprawdza się w kosmosie.

Walentina Tierieszkowa (1963).

W 2021 roku ESA otworzyła proces rekrutacji przyszłych astronautów. Ile kobiet w Europie może liczyć na zakwalifikowanie? Jeszcze żadna Niemka ani Polka nie została astronautką. Na razie jest tylko jedna czynna astronautka z Europy, Samantha Cristoforetti – Włoszka, która będzie Komandorem Expedycji 68 na ISS w 2022. Mam nadzieję, że ta nominacja zainspiruje wiele kobiet do prokosmicznych działań.

CDK500: nowoczesny zdalny teleskop w Obserwatorium Astronomicznym UJ

Elżbieta Kuligowska

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Nowy teleskop *PlaneWave* CDK500, o średnicy zwierciadła 51 cm, stanął niedawno na dachu Fortu 38 „Skała" w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Jego charakterystyka optyczna i duże możliwości w zakresie śledzenia obiektów na niebie czynią go cennym narzędziem zarówno dla astrofotografii, jak i profesjonalnych obserwacji naukowych.

Teleskop serii *PlaneWave* CDK500.

Budowa teleskopów z serii *PlaneWave* CDK500 oparta jest na odpowiednio zmodyfikowanym systemie optycznym Dall-Kirkham. W podstawowej wersji takiego systemu zwierciadło główne ma kształt eliptyczny, a wtórne sferyczny, co łatwo prowadzi do pojawiania się różnych błędów w działaniu optyki, w tym komy czy krzywizny pola ogniskowej. Te wady optyczne skutkują widocznym spadkiem jakości obrazu

obserwowanego przez taki teleskop w miarę oddalania się od jego centralnej osi optycznej. Celem poprawienia jakości obserwacji do oryginalnego systemu Dall-Kirkham wprowadzono dodatkowe ulepszenia, w tym układ soczewek pomocniczych umieszczonych w pobliżu ogniska teleskopu, który z powodzeniem koryguje większość typowych wad optycznych systemu. W efekcie obserwator ma do dyspozycji całkowite pole widzenia (w płaszczyźnie ogniskowej) o średnicy 52 mm, wolne od komy, astygmatyzmu, krzywizny pola i aberracji chromatycznej. Dodatkowo CDK500 cechuje się wysoką światłosiłą (f/6.8), dzięki czemu doskonale nadaje się do fotografowania obiektów astronomicznych przy krótkim czasie ekspozycji. Teleskop współpracuje z dwoma kamerami CCD: Apogee Alta U47 (chip liczący 1024 × 1024 13-mikronowych pikseli) i Apogee Alta F42 (chip z 2048 × 2048 pikselami o takim samym rozmiarze). Krakowski CDK500 wyposażony jest też w system filtrów barwnych w standardzie Johnsona-Cousinsa, umożliwiający osobne fotografowanie ciał niebieskich w różnych pasmach (UBVRI), a następnie tworzenie na ich bazie efektownych kompozycji barwnych.

Dużą zaletą automatycznego teleskopu jest jego napęd. Silniki z napędem bezpośrednim (*direct drive*) i enkodery osiowe eliminują konieczność stosowania kół zębatych, a dzięki temu również efekt „luzu" i okresowe błędy. Dokładność ustawiania jest więc bardzo wysoka. Teleskop ma montaż w systemie horyzontalnym, wyposażony jest w rotator pola. Może poruszać się z prędkością do 50 stopni na sekundę. To dużo – prędkość taka pozwala między innymi na śledzenie w czasie rzeczywistym satelitów i śmieci kosmicznych.

W praktyce oznacza to, że teleskop może efektywnie śledzić na niebie na przykład planetoidy, w tym intensywnie badane na całym świecie obiekty NEO. Nadaje się też doskonale do planowania obserwacji różnej klasy gwiazd zmiennych oraz zmienności galaktyk czy blazarów. Teleskop tej klasy jest w ogólności przydatny we wszystkich projektach naukowych, w których istotna jest analiza długookresowych krzywych zmian blasku ciał niebieskich. W szczególności w przypadku, gdy chcemy obserwować wiele różnych, często bardzo odległych od siebie na niebie obiektów, w krótkim czasie po sobie, a jednocześnie zminimalizować czas przestawiania teleskopu z jednej pozycji na kolejną. Przykładem takich obserwacji jest prowadzony w OAUJ od ponad dziesięciu lat monitoring zmienności optycznej kwazarów.

Obecnie obserwacje prowadzone przy pomocy krakowskiego CDK500

są przede wszystkim podstawą publikacji naukowych dotyczących zmienności obiektów zwartych: gwiazd i kwazarów. Jednym z przykładów jest propozycja projektu CoBiToM (Contact Binaries Towards Merging, który koncentruje się na kontaktowych układach gwiazd (podwójnych i wielokrotnych), które są kluczowe dla zrozumienia szeroko rozumianej natury gwiazd. Celem projektu jest dokładne zbadanie procesów koalescencji i łączenia się gwiazd w kontaktowych układach podwójnych o niskiej masie, włączając w to zjawiska grawitacyjne zachodzące w tych układach wielokrotnych i powiązane z ewolucją gwiazd. Ta kompleksowa analiza ma także na celu zbadanie możliwości występowania planet w kontaktowych układach podwójnych, w tym związków między rozdętymi gorącymi Jowiszami a procesami łączenia się gwiazd.

Teleskop OAUJ-CDK500 należy przy tym do światowej sieci automatycznych teleskopów *Skynet* (The Skynet Robotic Telescope Network). Zalogowani do niej użytkownicy mają dostęp do prostego, intuicyjnego, pełnego możliwości interfejsu przeznaczonego do obserwacji nieba i pozyskiwania wykonanych za pomocą teleskopu zdjęć obiektów astronomicznych. Po wejściu na stronę *Skynet* widzimy dokładną lokalizację danego teleskopu, jego stan (kopuła zamknięta lub otwarta, obserwacje w toku bądź nie), oraz lokalne warunki pogodowe. Dostępne są również informacje o ostatnio wykonanych teleskopem zdjęciach. Wszytko to jest cenne dla zawodowych astronomów, ale przydaje się również w edukacji.

Astronomia to dziedzina wiedzy, która w naturalny sposób wzbudza zainteresowanie dzieci i młodzieży. Jednym z zadań nauczyciela przedmiotów ścisłych jest kierowanie zainteresowanych astronomią uczniów na właściwą ścieżkę rozwoju. Ścieżka ta wygląda nieco inaczej w przypadku dzieci najmłodszych i uczniów starszych klas czy szkół średnich, ale, niezależnie od wieku ucznia, klasyczna astronomia – od której każdy powinien w zasadzie zaczynać swoją kosmiczną przygodę – jest nauką obserwacyjną. Nauka astronomii powinna więc opierać się nie tylko na czytaniu literatury i oglądaniu filmów popularnonaukowych, ale przede wszystkim na ćwiczeniach praktycznych. Mogą one być realizowane jako zabawa (w przypadku dzieci młodszych) lub doświadczenie zdobywane na podstawie własnych obserwacji (uczniowie starsi). W tym drugim przypadku warto uczyć planowania, efektywnego przeprowadzania oraz dokumentowania obserwacji różnych obiektów na niebie. Może być to wstęp do późniejszego zaangażowania najzdolniejszych uczniów w prawdziwe obserwacje i badania o wartości naukowej.

Jeszcze do niedawna takie obserwacje mogły odbywać się tylko lokalnie, na miejscu – w obserwatorium. Obserwatoria należące do ośrodków akademickich są w stanie zapewnić nie tylko wysokiej klasy sprzęt obserwacyjny, ale i wsparcie ze strony zawodowych naukowców, kierowane zarówno do uczniów, jak i nauczycieli. Uczelnie mogą też udostępniać szkołom specjalistyczne oprogramowanie do analizy danych astronomicznych. Wizyta uczniów w obserwatorium, szczególnie w porze nocnej, nie zawsze jest jednak możliwa. Z drugiej strony na całym świecie powstaje coraz więcej teleskopów obsługiwanych zdalnie. Oznacza to, że każdy uczeń, podłączony do Internetu i posiadający niedrogi nawet komputer, może dziś uczestniczyć w obserwacjach realizowanych z użyciem dużego, profesjonalnego teleskopu. Jeden z takich teleskopów automatycznych pozwalających na zdalny dostęp z zewnątrz to właśnie krakowski *PlaneWave* CDK500.

Na szkolne projekty przeznaczona jest pewna (niewielka) ilość czasu obserwacyjnego teleskopu. Dzięki sieci *Skynet* już teraz korzystają z niego uczniowie. Mogą na przykład, we współpracy z nauczycielem prowadzącym, monitorować zmiany jasności obiektów astronomicznych, a także wykonywać piękne zdjęcia galaktyk, planet, gwiazd i komet. Zapraszamy uczniów szkół średnich na zdalne obserwacje. Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego zapewnia wsparcie merytoryczne.

Zdjęcie galaktyki M51 (filtry BRV) wykonane teleskopem *PlaneWave* CDK500.

Warsztaty rakietowe okiem laika

Aleksandra Strońska

Rzepiennik Biskupi – mała miejscowość Pogórza Ciężkowickiego, to propozycja na ciekawe i nietypowe spędzenie wakacyjnego czasu, w gronie niesamowitych ludzi i w otoczeniu dziewiczej przyrody. Wykonanie w ciągu siedmiu dni rakiety i jej wystrzelenie! Brzmi to co najmniej intrygująco. Z dużym zaciekawieniem i niedowierzaniem udałam się tam, na przełomie lipca i sierpnia, by zasmakować niesamowitej przygody i ...być po stokroć zaskoczoną!

No ale zacznijmy od początku. Przemęczona, przeciążona tempem życia, miastem w którym mieszkam, marzyłam o odpoczynku na łonie przyrody, jak to się mówi „na głuchej wsi". Miałam wyobrażenie sielanki „nic nie robienia", leżenia na kocyku i zagłębiania się w odmęty literackiej fikcji lektur odkładanych przez cały rok właśnie na wakacyjny czas. Stąd propozycja wyjazdu do Rzepiennika, przedstawiona przez jednego z przyjaciół, została przeze mnie z entuzjazmem przyjęta.

Moi znajomi mieli prowadzić warsztaty rakietowe (nieważne jak dziwacznie by to brzmiało), a ja miałam korzystać z uroków wsi i spokoju jako osoba towarzysząca, a nie uczestnik. Perspektywa ta, ku memu zaskoczeniu, dynamicznie się jednak zmieniła, a czas pokazał, że na szczęście na moją korzyść.

Pierwsze pozytywne zaskoczenie to przejazd i przyjazd. Cudowne widoki, szeroka perspektywa, mnóstwo zieleni w czasie dwugodzinnego dojazdu i zwieńczenie w postaci małego drewnianego domku otoczonego wianuszkiem starych drzew, odmian jabłoni już niespotykanych, i tabliczką oznajmiającą, że w tym miejscu mieszkają szerszenie (sic!) Jak to? Przecież szerszenie się usuwa, likwiduje a nie chroni i zaznacza, że jest się na ich terenie?! Gospodyni całej imprezy, Pani Agata, ciepło witająca kolejnych przybyłych, w skrajnie różnym wieku – od szkoły podstawowej przez studentów i 30 latków (gdzie tu ja ze swoją 50-tką na karku?) – uczestnicy rozbijający namioty przed domkiem. Czy to się

może udać? Zaskoczenie za zaskoczeniem. Jako osoba praktyczna, mająca do czynienia z prowadzeniem i uczestnictwem w wielu warsztatach, byłam pełna obaw jak to się może udać, no ale przecież to nie ja jestem odpowiedzialna i nie ja biorę udział. Jak wspomniałam wcześniej – perspektywa szybko się zmieniła.

Po powitaniach, rozbiciu namiotu, poznaniu kolejnych przybywających uczestników, wieczorową porą w dniu przyjazdu dostałam propozycję by zbudować własną rakietę. Pomysł wydawał mi się wówczas karkołomny bo nie miałam najmniejszego pojęcia o budowie rakiet, ich rodzajach, dopiero co dowiedziałam się, że w Polsce istnieje PTR (Polskie Towarzystwo Rakietowe), jestem anty-techniczna jako humanistyczne zwierzę i mam zbudować własną rakietę, którą na dodatek mam jeszcze wystrzelić?

Ponieważ propozycja padła od samej organizatorki, nie bardzo wypadało mi odmówić. Poza tym lubię nowe wyzwania (żegnaj spokoju!). Wyraziłam zgodę z zastrzeżeniem, że mogę spróbować licząc na pomoc bardziej obeznanych, jednocześnie nie ręcząc za efekty końcowe.

Szlifowanie, malowanie, klejenie, wycinanie piłą elementów potrzebnych do całości konstrukcji, słuchanie instrukcji prowadzących, dopytywanie innych uczestników jak coś skleić, przełożyć, umocować, zamontować to codzienność kolejnych siedmiu dni. Współpraca, wzajemna nauka, praca indywidualna i zbiorowa, cierpliwość prowadzących Andrzeja i Kacpra we współpracy z Wojtkiem to fascynujący czas budowania mojej własnej rakiety. Wysiłek? Tak, lecz jakże owocny i przynoszący ogromną satysfakcję.

W duszy dziękowałam moim nauczycielom ze szkoły podstawowej, że nauczyli mnie posługiwania się narzędziami i chociaż trochę rozróżniałam ich rodzaje, typy klejów czy farb stosowanych do naszych rakietowych konstrukcji. Minęło sporo czasu bo prawie czterdzieści lat a jednak „czego się człowiek za młodu nauczy..." Praca, nauka i wspólna zabawa, zwłaszcza na wieczornych ogniskach integrujących nas ze sobą, zwiedzanie okolicy (mile zaskoczył mnie stary Biecz i Skalne Miasto w Ciężkowicach), zbiór grzybów i obserwacja roślinności, długie rozmowy i chyba największe zaskoczenie wsi Rzepiennik – prywatne Obserwatorium Astronomiczne państwa Wszołków.

Czy warto było niedosypiać, zmęczyć się, być użądloną przez szerszenia, przeżyć pod namiotem burzę, a na koniec wystrzelić rakietę, która ze względu na warunki pogodowe utknęła na szczycie ogromnego dęba i zdawało się, że nie była do odzyskania? Ależ oczywiście!

„Zakład produkcji rakiet" w Rzepienniku. Żegnaj spokoju, sielanko odpoczynku w ciszy, pośród huku maszyn czy dźwięku pilników.

Czas warsztatów rakietowych w Rzepienniku na długo zostanie w mojej pamięci a nawiązane kontakty i zaszczepiona żyłka „rakietowca" poskutkowały chęcią dalszego angażowania się w sprawy rakietowe. Życzę Rzepiennikowi żeby wyrósł na potęgę krajowego rakietnictwa!

A co ze świętym spokojem, odpoczynkiem, nieprzeczytanymi lekturami? I na to przyjdzie czas.

Rakiety w poczekalni startowej. Środkowa rakieta to dzieło autorki.

Brakło odrobinę, a lądowanie byłoby na polanie. Niestety rakieta zawisła na największym drzewie w okolicy i pierwsze próby jej ściągnięcia okazały się daremne. Trzeba się było pogodzić z bolesną stratą! Jednak, po kilku dniach, miejscowy „kaskader", Piotr Beściak, wspiął się, ot tak dla sportu, i odzyskał rakietę. Zdobi ona teraz pokój autorki i przypomina wakacyjne emocje z nią związane.

Autorka z instruktorem Andrzejem Chwastkiem.

Stało się źle.

Część druga

(popularno-naukowa)

Prof. Virginia Trimble
(In Queen Jadwiga Astronomical Observatory, June 8 – 2015)

Prof. Virginia Trimble is a native Californian and graduate of Hollywood High School, University of California at Los Angeles (BA astronomy&physics 1964), and the California Institute of Technology (MS 1965, PhD 1968 astronomy), with honorary degrees from the University of Cambridge, England (MA 1969) and the University of Valencia, Spain (doct. h.c. 2010).

Was Johannes Kepler a Great Astronomer?

Keplerus Ellipsis Presentation

Virginia Trimble[1,2]

[1]Department of Physics and Astronomy, University of California, Irvine, USA, vtrimble@uci.edu

[2]Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

What sort of silly question is that, you may ask? It is not, I think, silly or pointless if it leads us to ask ourselves what is meant by "a great astronomer", or, indeed, pretty much "a great anything else". This is where the question has led me, to the thought that "greatness" is a function of there being some community of people who can say with confidence: (a) what the person did that we should remember, (b) approximately where and when, (c) why, that is, what was the situation before the crucial work, and (d) why it matters, that is, what came after that could not have happened without the crucial contributions. Two other traits that seem likely to be part of greatness: (1) we, of that admiring community, tend to forget or not mention other work of the person that was later recognized as not contributing to the progress of the field, and (2) the person was, accidentally or deliberately, the founder of a "school" of followers who worked later along the same lines and developed the crucial contribution(s).

From this point of view, Kepler then unquestionably belongs to a chronological Pantheon beginning with Copernicus and continuing to Tycho, Kepler, Newton, Halley, Herschel, and perhaps onward to Shapley and Hubble. And if we include "history of science" in what we teach at all, it is generally this stepping-stone pattern. Astronomers are not unique in doing things this way. A sketched history of Western music is quite likely to have as its stepping stones Mozart, Bethoven, um, maybe Stravinsky. Let's make sure we can check all the boxes for Kepler before looking further afield.

(a) What: Laws of planetary motion; (b) When: Well his supernova was 1604, so early 17^{th} century. Where: well, somewhere where they spoke German (and indeed his life was a bit peripatetic); (c) Why: At least partly because he wanted more accurate predictions of just where the planets would be visible in the sky in order to improve his astrological predictions, and, strangely, his weather forecasts (this is one of the items that we tend to forget, along perhaps with his views on musical aspects of the motions of the planets); (d) What came after: The recognition that elliptical orbits, sweeping out of equal areas in equal times, and $P^2 = a^3$ would happen only if there was a central, $1/r^2$, force, and we are in such a hurry to get to Newton, that we may not ask whether anyone else contributed to that recognition.

Is, or was, there "a school"? Certainly in at least the sense that up until the development of electronic computers, the method of actually finding orbital elements from observation of, for instance, a new comet or asteroid, followed the methods Kepler had developed and was computationally very intensive. Improvements were introduced, for instance, by Jacobus Kapteyn (who was "great" to his contemporaries, but is now remembered, if at all, for putting the solar system too close to the center of the Milky Way). Kapteyn himself emphasized that he tried to work as nearly as possible after the fashion of Kepler, giving primacy to the observations. This attitude, in turn, influenced that of Jan Oort, whom we remember for all the things that carry his name, and surely counts at least as "near great".

Now, what about the issue of "a community"? In these days of instant e-everything, one can ask distant colleagues what they think and expect an answer in hours. So, I asked a friend in India who did he think had been the greatest astronomers. And winging back came the answer, Newton and Aryabhata. And, of course, at this point I had to cheat and look him up! Born in 476 CE, he accepted the possibility that the Earth might rotate, devised a system of epicycles different from those of Ptolemy, and perhaps discovered the precession of the equinoxes.

A Chinese colleague provided Guo Shoujing (Kuo Shou-ching in earlier spelling convention), who flourished around 1300 CE and contributed to calendric reform, a driver for astronomical investigations nearly everywhere and everywhen. For the Arabic-speaking and Moslem community, the obvious choice seems to be al-Haytham (Alhazen, 965 – c. 1040 CE), a true polymath, though my own private favorite is Nasir al-Din al-Tusi (1201 – 1274 CE), who recognized that you can use a point

on one circle rotating inside another to trace out a straight line (the Tusi couple, also used by Copernicus). And with a combination of pieces of circles and straight lines, you can come pretty close to an ellipse.

Have there (we must ask in these days of equal whatever) been any great women astronomers? There have "always" been women astronomers – indeed the European Southern Observatory recently launched its Hypatia Project, an opportunity for early-career researchers to present their work to a varied audience. About half the applicants were young women (a larger fraction than in the current student-postdoc pools). Names we remember are of women who worked with husbands, brothers, or fathers (Caroline Herschel, Elizabeth Hevelius, Maria Mitchell), and still closer to the present, a small number of independent scholars, or nearly so – Henrietta Swan Leavitt, Cecilia Helena Payne Gaposchkin, Beatrice Muriel Hill Tinsley, Vera Florence Cooper Rubin ... And if we cannot all quite answer those what, where, when, why etc. questions, perhaps this means that the relevant community has yet to be assembled!

So, yes, of course, Kepler was a great astronomer, but thinking about just what we might mean by the phrase might enlighten our general thinking about the history of astronomy and other sciences. As for the rest of us, let me quote from yet another tradition, in which a wise man said to a worrier, that, when you come to the last judgment, God will not ask you why you were not Moses or not Maimonides. He will ask you why you were not Mendel Kirschbaum, that is, your own best.

If there is to be such a reckoning (most probably only in our own minds), we need not ask ourselves, "Why was I not Kepler? Or Why was I not Mozart?" but only "Why was I not the best astronomer, or musician, or ... . that I knew how to be?".

And, of course, I would not be the best colleague I know how to be if I failed to thank heartily my friends at Astronomia Nova for the great honor of their first *Keplerus Ellipsis* Medal!

Eugeniusz Rybka (1898 – 1988)

Życiorys naukowy Jana Keplera

Eugeniusz Rybka

[Artykuł napisany przez Autora pół wieku temu]

Jan Kepler urodził się 27 grudnia 1571 r. w wolnym mieście cesarskim Wyl (obecnie Weil der Stadt) jako syn żołnierza Henryka Keplera, pochodzącego z zubożałej rodziny mieszczańskiej. Dobre przygotowanie do studiów uniwersyteckich Jan Kepler uzyskał przez ukończenie łacińskiej szkoły w Leonbergu, która nauczyła go formułować myśli w języku łacińskim. Słaba konstytucja fizyczna chłopca sprawiła, że rodzice postanowili przygotować go do stanu duchownego. Po nauce w szkole klasztornej w Adelbergu i w seminarium wyższym w Maulbronn rozpoczął on we wrześniu 1589 r. studia na wydziale sztuk wyzwolonych uniwersytetu w Tübingen, traktując je jako wstęp do studiów teologicznych. Studiował pisma Arystotelesa, zaznajamiał się również z poglądami Mikołaja z Kuzy, którego mistycyzm odpowiadał mistycznym skłonnościom młodego adepta teologii protestanckiej. Najistotniejszy jednakże dla przyszłości naukowej Jana Keplera był fakt, że znalazł się pod wpływem Michała Mästlina, profesora matematyki i astronomii uniwersytetu w Tübingen, ukrytego zwolennika nauki Kopernika. Mästlin zdołał wpoić swemu utalentowanemu uczniowi przekonanie o przewadze heliocentrycznej teorii budowy świata nad teorią geocentryczną Ptolemeusza, stanowiącą przedmiot oficjalnych wykładów uniwersyteckich. Już w tych wczesnych latach studenckich Kepler ujrzał w koncepcji kopernikowskiej harmonijny obraz budowy świata, a dążenie do poznania istoty tej harmonii stało się później przewodnią ideą całej jego twórczości naukowej.

Po ukończeniu wydziału sztuk wyzwolonych w 1593 r. Kepler rozpoczął studia teologiczne, których wszakże nie ukończył, bo władze uniwersyteckie zaproponowały mu objęcie stanowiska nauczyciela matematyki w protestanckiej szkole w Grazu. Kepler propozycję przyjął i w kwietniu 1594 r. wyjechał do Austrii. Od tego czasu datuje się jego samodzielna twórczość naukowa.

Kepler objął ponadto funkcję okręgowego matematyka w Grazu, co

sprawiło, że do jego obowiązków, poza uczeniem matematyki i astronomii w szkole, należało układanie kalendarzy, które opracowywał corocznie, począwszy od 1595 r. Miały one charakter astrologiczny, zawierały prognostyki, które dotyczyły wpływu ciał niebieskich na działalność ludzką. W kalendarzach umieszczano również konfiguracje planet, sprzyjające poczynaniom ludzkim lub grożące chorobami i nieszczęściami. Odpowiadało to umysłowi Keplera skłonnemu do mistycyzmu, jak również jego poważaniu dla swoiście pojętej astrologii.

W pierwszych latach swej pracy w Austrii Kepler zaznajomił się z pełnym tekstem dzieła Kopernika *De revolutionibus* oraz z *Narratio prima* Retyka, bowiem w Tübingen otrzymywał od Mästlina jedynie wyjątki z tych dzieł. Studiowanie dzieła Kopernika natchnęło Keplera do opracowania geometrycznej konstrukcji budowy świata, wyłożonej w *Mysterium Cosmographicum*. Oryginalność tej konstrukcji wynikła z przekonania Keplera, że Bóg stworzył świat według harmonijnych norm geometrycznych, w szczególności w oparciu o właściwości foremnych wielościanów. Takich wielościanów może być tylko pięć, a planet poza Ziemią, która jako siedziba człowieka zajmuje osobliwe miejsce, jest też pięć, więc Kepler, przyjmując orbitę Ziemi za miarę innych orbit planetarnych, scharakteryzował je przez sfery opisane na wielościanach foremnych, położonych w następującej kolejności od Słońca: ośmiościan, dwudziestościan, dwunastościan, czworościan i sześcian. Jeżeli dwudziestościan wpiszemy w sferę Ziemi, a na sferze tej opiszemy dwunastościan, to przy wyliczonej kolejności otrzymamy dość dobrą zgodność względnych rozmiarów kręgów poszczególnych planet.

Kepler był zachwycony, że udało mu się uchylić rąbek zasłony kryjącej majestat boży, który nadał światu właśnie taką harmonijną budowę. Dzieło *Mysterium Cosmographicum* wydrukowane zostało w Tübingen w 1597 r. i spotkało się z zainteresowaniem w kołach naukowych. Kepler przesłał je wielu astronomom i matematykom, w szczególności również Tychonowi Brahe, z którym pragnął nawiązać bliższy kontakt, aby móc skorzystać z jego długich serii obserwacji położenia planet. Było to potrzebne Keplerowi dla sprawdzenia liczbowego jego koncepcji budowy świata. Tycho Brahe nie zganił pracy Keplera, nie podobało mu się jednak, że założeniem jej był system heliocentryczny Kopernika, zwalczany przez Tychona. Wybitny ten astronom zwrócił od razu uwagę na wielkie zdolności matematyczne młodego nauczyciela z Grazu i sam zaczął dążyć do wykorzystania jego uzdolnień przy opracowywaniu olbrzymiego zbioru obserwacji, wykonanych na wyspie Hven. Tycho Brahe właśnie dopiero co opuścił Danię, nie znajdując w niej możliwości kontynuowania

swej blisko dwudziestoletniej działalności obserwacyjnej, i na zaproszenie cesarza Rudolfa II przybył w 1599 r. do Pragi, gdzie objął stanowisko matematyka cesarskiego.

W grudniu 1599 r. Brahe zaprosił Keplera, aby przybył do Pragi. Kepler przyjął zaproszenie tym bardziej, że w 1598 r. kazano wszystkim protestantom opuścić Grazu. Wprawdzie Kepler jako okręgowy matematyk mógł po miesiącu wrócić do Grazu, sytuacja jego była jednak niepewna. Najbardziej wszakże nęciła Keplera możność korzystania z bogatego dorobku obserwacyjnego Tychona. W zbiorze tych obserwacji Kepler widział materiał czekający na architekta koncepcji geometrycznej budowy świata, a takim architektem, który mógłby na podstawie tego materiału zbudować gmach nowej astronomii, pragnął zostać Kepler. Wiemy, że udało się to mu w zupełności.

Po raz pierwszy obaj astronomowie spotkali się w zamku Benatky pod Pragą w lutym 1600 r. Spędził tam Kepler blisko cztery miesiące biorąc udział na zlecenie Tychona w opracowywaniu teorii ruchu Marsa. Między obu astronomami współpraca nie układała się harmonijnie, zacieśniała się jednak, bo obaj wzajemnie się potrzebowali. W czerwcu 1600 roku Kepler wyjechał do Grazu, który jednak już w następnym miesiącu musiał opuścić, bo wydano tam dekret nakazujący wszystkim protestantom albo opuścić Graz, albo przyjąć katolicyzm. Kepler nie zgodził się na zmianę wyznania, wyjechał więc z Grazu i z rodziną przybył w październiku 1600 r. do Pragi, z czego Tycho Brahe był zadowolony i wszczął zabiegi o zapewnienie Keplerowi należytej pozycji.

Kepler pracował pod kierunkiem Tychona, który w sierpniu 1601 r. przedstawił go cesarzowi Rudolfowi II. Uzyskał wtedy zlecenie od cesarza, aby Kepler we współpracy z Tychonem ułożył nowe tablice planetarne, oparte na obserwacjach zebranych na wyspie Hven. Tablice otrzymały już wtedy nazwę Rudolfińskich. Jednakże w dwa miesiące później Tycho Brahe nieoczekiwanie zmarł, a jego następcą na stanowisku matematyka cesarskiego został Jan Kepler.

Rozpoczął się jedenastoletni bardzo pracowity i wydajny okres twórczości, w którym dokonane zostały przez Keplera najwybitniejsze prace naukowe. Po pokonaniu trudności, stawianych przez spadkobierców Tychona Brahe, Kepler uzyskał wreszcie nieskrępowany dostęp do całego materiału obserwacyjnego zawierającego położenia planet wyznaczone przez Tychona i rozpoczął obliczenia. Skoncentrował się początkowo na

teorii ruchu Marsa. Po wielu kolejnych przybliżeniach, opracowując matematycznie kilkadziesiąt razy serie obserwacji, doszedł wreszcie do pożądanych wyników i ujął je w dziele zatytułowanym *Astronomia nova*. W teorii szukał nie tylko najwłaściwszego przedstawienia geometrycznego ruchu planet, lecz i wyjaśnienia fizycznego, dla niego bowiem Słońce było nie tyle geometrycznym środkiem ruchu planet ile środkiem fizycznym, skąd wychodzić miały siły utrzymujące planety w ruchu. W dziele *Astronomia nova* Kepler sformułował swe dwa słynne prawa. Historycznie biorąc, najpierw doszedł do sformułowania prawa pól, nazywanego zwykle drugim prawem Keplera. W początkowej fazie obliczeń Kepler zakładał, że Ziemia biegnie dokoła Słońca po kołowym ekscentryku, poruszając się po nim z niejednostajną prędkością. Podobne założenie przyjmował dla ruchu innych planet. Obliczał pola jakie prosta, prowadzona ze Słońca jako fizycznego środka ruchu planet, zakreśla w różnych częściach orbity. Obliczenia te doprowadziły go do wniosku, że pola takie, zakreślone w równych odstępach czasu, są równe i to właśnie stało się treścią drugiego prawa Keplera.

Następnie przystąpił do obliczenia drogi Marsa przy założeniu, że jest ona kołem. Wystąpiły tu wszakże istotne odchylenia w stosunku do wyników obserwacji Tychona Brahe, wynoszące w odległościach 45° od linii apsyd około $8'$. Kepler słusznie uważał różnice takie za niedopuszczalne wobec dokładności obserwacji Tychona Brahe rzędu $1'$. Odstąpił więc od założenia ruchu kołowego i po nieudanych próbach z owalem stwierdził w 1605 r., że wspomniane odchylenia znikają, jeżeli założymy, że droga Marsa dokoła Słońca jest elipsą, a Słońce znajduje się w jednym z jej ognisk. Dało to możność Keplerowi sformułowania podstawowego prawa ruchu planet, głoszącego, że planety biegną dokoła Słońca po elipsach, zawierających Słońce w jednym z ich ognisk. Zniknęły z teorii ruchu planet bezpowrotnie epicykle, występujące jeszcze w teorii Kopernika, niejednostajny zaś ruch po orbitach znalazł pełne wytłumaczenie w prawie pól.

W 1605 r. rękopis dzieła *Astronomia nova* został ukończony. Druk dzieła napotkał na trudności ze strony spadkobierców Tychona Brahe, roszczących sobie pretensje finansowe, gdyż badania Kepiera były oparte na obserwacjach Tychona, stanowiących ich własność. Cesarz pretensje te częściowo zaspokoił, do pokonania pozostała jednak jeszcze inna trudność, wynikająca stąd, że Kepler opracował obserwacje Marsa w duchu heliocentrycznej teorii Kopernika, a nie geocentrycznej teorii Tychona.

Wreszcie w 1609 r. *Astronomia nova* została wydrukowana na koszt cesarza Rudolfa II. Dzieło to należy uważać za pierwszy nowożytny podręcznik astronomii, wolny od aksjomatu jednostajnego ruchu planet po kołach.

Równolegle z pracą nad *Astronomia nova* Kepler wykonywał wstępne obliczenia do *Tablic* Rudolfińskich i opracował dwa mniejsze dzieła *Astronomiae Pars Optica* (1604) i *De Stella nova in Pede Serpentarii* (1606). Pracę *De Stella nova* uzupełnił dodatkiem, w którym rozpatrywał zagadnienie początku ery chrześcijańskiej. Nawiązał tu do rozprawki jezuity polskiego, Wawrzyńca Susligi, który dowodził, że początek tej ery ustalony został przez Dionizjusza o 4 lata za późno. Kepler w ustaleniu daty narodzin Chrystusa szukał powiązań astrologicznych, upatrując je w rzekomym pojawieniu się gwiazdy nowej podczas koniunkcji trzech planet górnych. Sądził, że Gwiazda Betlejemska była taką gwiazdą nową, która właśnie zabłysnęła na niebie w czasie tego rodzaju koniunkcji. Zgadzał się wszakże z Susligą, że początek ery chrześcijańskiej należałoby przesunąć o 4 lata.

Mimo trudnych warunków życiowych Kepler podczas pobytu w Pradze bardzo intensywnie pracował. Miał wielu przyjaciół, szczególnie zaś serdeczne stosunki łączyły go z mechanikiem cesarskim, Jostem Bürgi, który pierwszy zastosował w praktyce rachunek logarytmiczny. Rachunek ten był pomocny Keplerowi w jego obliczeniach, w szczególności w pracach prowadzonych nad *Tablicami* Rudolfińskimi. Kepler opracowywał corocznie efemerydy astronomiczne dla potrzeb żeglarzy, autorów kalendarzy i astrologów. Zaplanował również napisanie wielkiego dzieła dotyczącego harmonii świata, co zrealizował po przeniesieniu się do Linzu. W dyskusji z lekarzem Feseliusem, który całkowicie odrzucał astrologię, wydał w języku niemieckim książkę, znaną pod skróconym tytułem *Tertius Interveniens* (1610), w której zwalczał ataki na astrologię. Kepler sądził bowiem, że horoskop daje charakterystykę osoby, gdy zaś planety przechodzą przez określone miejsca na niebie, to dusza instynktownie reaguje.

W 1610 r. odkrycia Galileusza, dokonane przy pomocy lunety, wprowadziły istotne zmiany do wyobrażeń o planetach i gwiazdach. Kepler od razu zareagował na te odkrycia w postaci listu otwartego do Galileusza pt. *Dissertatio cum Nuncio Sidereo - Galilei* (1610). W tej 35-cio stronicowej książeczce powitał z uznaniem odkrycie Galileusza. Zainteresowała go konstrukcja lunety Galileusza, zwrócił wszakże uwagę na to, że należałoby okularową soczewkę rozpraszającą zastąpić soczewką

zbierającą, co znalazło zastosowanie w ugrupowaniu soczewek, noszącym w optyce astronomicznej nazwę układu Keplera.

Nowe fakty odkryte przez Galileusza skłoniły Keplera w *Dissertatio...* do zastanowienia się, dlaczego tylko Jowisz miał być otoczony czterema satelitami (nazwę „satelita" na określenie księżyca planety wprowadził Kepler), dla zachowania bowiem symetrii należałoby przypuszczać, że Mars ma dwa księżyce, a Saturn – od sześciu do ośmiu. Co się tyczy gwiazd, to choć wiele jest dowodów na ich niezliczoność, przeciwstawił się on poglądom Giordana Bruna, że gwiazdy są słońcami i otoczone są planetami. Uważał on, że w środku świata jest nasze Słońce jako serce Wszechświata, źródło światła i ciepła, nie ma zaś znaczniejszego ciała niebieskiego niż Słońce, a dla ludzi bardziej odpowiedniej siedziby niż Ziemia.

Obserwacje Galileusza pobudziły Keplera do napisania w 1610 r. niedużej rozprawy, zatytułowanej *Dioptrice*. Przedstawił w niej teorię biegu promieni świetlnych w układach soczewek oraz wskazał zasady, na których powinna opierać się budowa teleskopów astronomicznych. Dzieło *Dioptrice* ma znaczenie epokowe w rozwoju optyki geometrycznej, a Kepler uważany może być za ojca nowoczesnej optyki.

Po abdykacji cesarza Rudolfa II, który opiekował się Keplerem, dalszy pobyt Keplera w Pradze nie był możliwy z przyczyn wyznaniowych. Wyjechał on w 1612 roku do Linzu, gdzie objął stanowisko matematyka okręgowego i nauczyciela, analogicznie do stanowiska zajmowanego wcześniej w Grazu. Następca Rudolfa II, cesarz Maciej, uznał Keplera jako matematyka cesarskiego i wyznaczył mu uposażenie w wysokości 300 guldenów rocznie.

W Linzu Kepler mieszkał przez 14 lat (1612-1626). Oddał się przede wszystkim opracowaniu dzieła o harmonii świata, które uważał za najważniejsze zadanie swego życia. Kontynuował również obliczenia do *Tablic* Rudolfińskich. Zajmował się jednak i innymi zagadnieniami, jak np. pracami chronologicznymi i ustalaniem daty narodzin Chrystusa. Popierał reformę gregoriańską kalendarza, choć protestanci byli na ogół jej przeciwni, wskutek czego w krajach podległych książętom protestanckim kalendarz gregoriański wprowadzono dopiero w 1700 r.

Przy okazji pomyślnego winobrania w 1613 r. Kepler napisał obszerne dzieło *Stereometria Daliorum Vinariorum*, w którym rozwiązał wiele problemów matematycznych, rozszerzając badania na bryły, utworzone przez obrót przecięć stożkowych. Torowało to drogę rachunkowi całkowemu. Dwa wydania dzieła *Stereometria ...*, w języku łacińskim

i niemieckim, ukazały się w 1615 r.

W toku obliczeń do *Tablic* Rudolfińskich Kepler pracował nad teorią ruchu obu planet dolnych, Merkurego i Wenery. Przebywając w 1617 roku na dworze cesarskim w Pradze obliczył efemerydy położeń planet na 1617 r., a po powrocie do Linzu – na rok 1618. Te ostatnie, wydrukowane od razu, były pierwszymi efemerydami opartymi na nie ukończonych jeszcze *Tablicach* Rudolfińskich. Wreszcie na pierwsze lata pracy Keplera w Linzu przypadł plan opracowania podręcznika astronomii, który zawierałby wykład astronomii w ujęciu heliocentrycznym. Podręcznikowi temu Kepler dał tytuł *Epitome astronomiae Copernicanae*.

W 1618 r. Kepler ukończył swe ogromne dzieło *Harmanices Mundi libri V*, które dojrzewało w jego umyśle długo podczas przebywania w Pradze i Linzu. U podstaw dzieła leżało założenie, że ruchy planet są wynikiem myśli Boga, powziętej przy stwarzaniu świata. W budowie Wszechświata powinna więc występować pełna harmonia, której Kepler poszukiwał. Teorię harmonii rozwinął on szczegółowo w trzech dziedzinach: w geometrii, muzyce i astronomii. Słońce, Księżyc i planety wędrując na tle gwiazd zachowują wieczyście symetrię ruchów, które mają wpływ na dusze ludzkie. Szczególnie duże znaczenie Kepler przypisywał duszy Ziemi. W duszy tej bowiem, opromieniowywanej przez Boga, według Keplera „odbija się istota Zodiaku i całego firmamentu".

Kepler wykazywał, że wszystko co ma duszę otrzymuje impuls od ruchu nieba, a to rzutuje na bieg historii. Zgodnie z poglądami Keplera boski plan świata oparty jest na dwóch filarach: (l) pięciu bryłach foremnych, które określają liczbę planet i ich odległości od Słońca, (2) pierwotnej harmonii współdźwiękowej, przez którą są wyjaśnione przyczynowo mimośrody orbit planetarnych i okresy obiegu planet dokoła Słońca.

Po rozważaniach dotyczących muzyki niebiańskiej Kepler wszczął poszukiwania harmonii w prędkościach poszczególnych planet. W maju 1618 r. przyszło na niego olśnienie, że „proporcje między okresami jakichkolwiek dwóch planet są równe półtorej proporcji średnich odległości", co obecnie wyrażamy zdaniem: kwadraty okresów obiegów planet dokoła Słońca są proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od Słońca. To trzecie prawo Keplera, wraz z opublikowanym w 1609 r. w *Astronomia nova* pierwszym i drugim prawem, stało się fundamentem, na którym zbudowana została nowoczesna teoria ruchu planet.

Dzieło *Harmanices Mundi libri V* wydrukowane zostało w 1619 roku. Było ono owocem trudu dwudziestoletnich przemyśleń Keplera, który

uważał je za najważniejsze dzieło swego życia, i powodem do dumy, co wyraził słowami: „Dzieło może czekać 100 lat na czytelnika, a i sam Bóg czekał 6000 lat na tego, kto przeniknął Jego dzieło".

W latach 1617-1621 Kepler wydrukował swe najobszerniejsze objętościowo dzieło *Epitome astronomiae Copernicanae*. Zaletą jego było to, że Kepler starał się w nim szukać fizycznych wyjaśnień ruchu planet. Z tego więc powodu wykład zawarty w podręczniku był czymś w rodzaju mechaniki nieba. Wbrew tytułowi dzieło nie było streszczeniem nauki Kopernika, bo z nauki tej pozostał w nim jedynie ruch Ziemi i planet dokoła Słońca, a zawierało syntezę wiedzy astronomicznej taką, jaką widział Kepler w świetle zarówno odkrytych przez siebie praw jak i swych mistycznych rozważań. Epicykle, które występowały jeszcze u Kopernika i Tychona Brahe, całkowicie zniknęły w *Epitome ...*: zarzucono też w nim aksjomat jednostajnych ruchów kołowych oraz ruchy dokoła matematycznie pojętych fikcyjnych środków. Ruchy planet odnosił bowiem Kepler do rzeczywistego materialnego Słońca jako środka. Słońce, według Keplera, zajmować miało środek świata, podstawowym zaś prawem rządzącym systemem słonecznym było III prawo Keplera, wyrażające zależność między okresami obiegów planet i ich średnimi odległościami od Słońca.

W 1623 r. Kepler ukończył opracowywanie *Tablic* Rudolfińskich, zlecone mu przez Rudolfa II na wniosek Tychona Brahe. Nie mógł ich jednak drukować jak inne swe dzieła, bo znów wystąpili z pretensjami spadkobiercy Tychona Brahe. Domagali się oni, aby tablice były wydrukowane zgodnie z życzeniem Tychona, nie w układzie Kopernika. Kepler temu się podporządkował, nie wspominając w tablicach o ruchu Ziemi dokoła Słońca. Na skutek zaburzeń wojennych musiał opuścić Linz, po trudnej wędrówce przybył do miasta Ulm z rękopisem tablic i tam w 1627 r. druk *Tablic* Rudolfińskich został ukończony.

Tablice Rudolfińskie stanowiły wielki postęp w porównaniu z *Tablicami pruskimi* Reinholda, opartymi na danych zaczerpniętych z dzieła Kopernika *De revolutionibus*. Były one stosowane ponad 100 lat, przy obliczaniu zaś położeń planet korzystali z nich zarówno astronomowie jak i astrologowie. Rozpoczynały się od dopiero co wynalezionych logarytmów, a kończyły katalogiem około 100 gwiazd. Umieszczono również tablice chronologiczne i obszerny wykaz miejscowości z długościami geograficznymi, odniesionymi do południka przechodzącego przez wyspę Hven.

Po wydrukowaniu *Tablic* Rudolfińskich Kepler poszukiwał miejscowości, w której mógłby osiąść na stałe. W planach jego pracy było przygotowanie do druku obserwacji Tychona Brahe. Przybył na przełomie 1627 i 1628 r. do Pragi, aby osobiście wręczyć cesarzowi egzemplarz wydrukowanych *Tablic*. Nastąpiło wtedy zbliżenie Keplera z Wallensteinem, który od dawna interesował się astrologią, bo już w 1608 r. Kepler sporządził dla niego horoskop. Wallenstein postanowił zaopiekować się Keplerem, proponując mu, aby zamieszkał na Śląsku, w Żaganiu, stolicy lennego księstwa, nadanego Wallensteinowi przez cesarza. Kepler przyjął propozycję i w lipcu 1628 r. przybył wraz z rodziną do Żagania, gdzie przygotowano mu wygodne mieszkanie.

Po przybyciu do Żagania Kepler przystąpił do zorganizowania sobie warsztatu pracy. Zamierzając wydrukować obserwacje Tychona Brahe wystarał się o drukarnię, którą zainstalowano w domu, gdzie mieszkał. Przekonał się wkrótce jednak, że druk tych obserwacji przekraczał jego możliwości, zajął się więc opracowywaniem i drukiem efemeryd, drukując najpierw ich trzecią część obejmującą lata 1629-1639, a potem drugą na lata 1621-1628. Była to kontynuacja pierwszej części efemeryd ogłoszonych dawniej na lata 1617-1620.

W przerwach druku poszczególnych części efemeryd Kepler pracował nad ukończeniem drukiem niewielkiego dzieła *Somnium seu Astronomia Lunaris*. Pierwsza koncepcja tego działa powstawała już w czasach studenckich Keplera w Tübingen, gdy powziął on plan napisania dziełka, opisującego, jak wyglądałyby dla mieszkańca Księżyca ruchy różnych ciał niebieskich. Pierwsza redakcja *Somnium* powstała w 1609 r., następnie w 1620 r. rękopis był ponownie opracowany, a w 1630 r. Kepler nadał mu postać ostateczną. Wtedy to zdecydował się drukować dziełko, nad którym myślał całe życie. Jeden z celów książeczki wyraził w słowach: „Gdy opuścimy Ziemię, książka będzie użyteczna w naszej podróży na Księżyc". Proroczo więc Kepler przewidywał, że człowiek uda się na Księżyc.

Somnium ma oczywiście fantastyczny podkład literacki, zawiera jednak wiele informacji z zakresu księżycowej astronomii sferycznej. Są tam również opisy ruchu Słońca, Ziemi i planet widzianych z Księżyca.

Keplerowi pomagał w Żaganiu przy obliczeniach i druku jego zięć, Jakub Bartsch z Lubania. Studiował on astronomię w Lipsku i Strasburgu, a z Keplerem zetknął się w Ulm w 1625 r. W 1630 roku Bartsch ożenił się z córką Keplera.

Jesienią 1630 r. Kepler wybrał się na krótko do Ratyzbony (Regensburg), gdzie obradował wtedy kongres elektorów Rzeszy. Pragnął przypuszczalnie załatwić swe sprawy finansowe, które stale były w niezadowalającym stanie. Wyjechał z Żagania w niezbyt dobrym stanie zdrowia i w pierwszych dniach listopada przybył do Ratyzbony już poważnie chory. 15 listopada 1630 r. zmarł w Ratyzbonie i został pochowany na miejscowym cmentarzu. Zawierucha wojny trzydziestoletniej wkrótce zniszczyła grób Keplera.

Jakub Bartsch zatroszczył się o uporządkowanie dziedzictwa naukowego swego teścia oraz o kontynuowanie druku *Somnium*. Sam jednak zmarł w 1633 r., a druk *Somnium* ukończony został przez syna Keplera, Ludwika, w 1634 r. w Frankfurcie nad Menem.

Rękopisy Keplera nabył od jego spadkobierców Heweliusz, a w 1773 r. zakupione zostały one przez cesarzową rosyjską Katarzynę II i są przechowywane obecnie w archiwum Akademii Nauk ZSRR w Leningradzie.

Trudno w paru zdaniach scharakteryzować ogrom różnorodnej twórczości naukowej Jana Keplera, należy tylko zaznaczyć, że wkład jego był bardzo duży nie tylko w astronomii, ale również w matematyce, optyce i fizyce. Nie był on należycie doceniany przez współczesnych mu, w szczególności nie wspomina o nim Galileusz w *Dialogu*, choć prace Keplera były mu niewątpliwie znane. Należytej percepcji zdobyczy naukowych Keplera przeszkadzał zawiły, pełen mistycyzmu bieg jego myśli. Dopiero następne pokolenia zrozumiały należycie wielkość zasług Keplera dla nauki, a sformułowane przez niego prawa ruchu planet stały się podwaliną rozwoju nowożytnej astronomii.

Vivere est cogitare ... jak u Keplera

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Czy jest we Wszechświecie coś wspanialszego niż myślenie? W tym fascynującym procesie rodzi się coś jakby z niczego. Myślenie prowadzi też do zrozumienia spraw już istniejących, zastanych, doświadczanych. Pośród tych spraw dominują przyroda i dorobek kulturowy (właściwie myślowy) ludzkości. Sam fenomen myślenia, wraz z szerokimi możliwościami jego sztucznego wzmacniania i ograniczania, jest od lat przedmiotem profesjonalnych dociekań i nie tu miejsce na ich przywoływanie. Wystarczy sobie uzmysłowić, że istnieje szerokie spektrum jakości i wydajności myślenia. W szczególności myślenie może jednego człowieka radośnie „uskrzydlać", drugiego zaś może dokuczliwie „boleć". Mówi się, że jest dobrze jeśli statystyczny uczony w ciągu doby przeznaczy na efektywne myślenie choćby 5 minut! Reszta jego aktywności miałaby być tylko działaniem rutynowym. Skądinąd, można podać przykłady osób podejmujących nieprzymuszenie długotrwałe intensywne rozmyślania na określony temat. Często staje mi przed oczyma obraz dwóch moich dawnych kolegów, studentów fizyki w Uniwersytecie Jagiellońskim, którzy potrafili w głębokim zamyśleniu nad zagadnieniami, np. teorii pola czy ogólnej teorii względności, dreptać godzinami po ścieżkach Parku Jordana. Spacerowali niczym lunatycy w idealnym milczeniu. Jak któryś uznał, że chce podzielić się wynikiem swoich przemyśleń, powoli przystawał. Drugi czynił to samo, stawali naprzeciw siebie i przez dłuższą chwilę tak trwali w milczeniu. Napięcie rosło. Jeden był ciekaw pomysłu drugiego, drugi zaś zbierał jeszcze myśli jak się wysłowić. Czas zdawał się zatrzymywać. Padało słowo, czasem krótki równoważnik zdania. Znowu nastawało długotrwałe milczenie i powolny spacer jakby ku jakiejś wieczności. I chociaż ci dwaj młodzi „dziwacy" drastycznie odstawali zachowaniem od całej reszty „normalnych" spacerowiczów, to można było odnieść wrażenie, że w całym tym parku liczyli się tylko oni i że

cały Wszechświat jakby łaknął najdoskonalej oszlifowanego owocu ich przemyśleń. Swoją skruszoną do granic wyobraźni postawą odzwierciedlali oni relację, jaka zachodzi pomiędzy pojedynczym bytem ludzkim i Universum. To byli Jurek Szczęsny i Bohdan Stachurski. W latach siedemdziesiątych jeszcze takich Jurków i Bohdanów można było czasem spotkać.

Johannes Kepler wcześnie wstąpił na rzadko uczęszczaną „ścieżkę ludzi myślących" i nie opuścił jej do końca swoich dni. Powiemy, dobrze wziął sobie do serca zasadę ewangeliczną „Jakże ciasna brama i wąska droga wiodąca do życia!" [Ew. Mt. 7,6. 13-14]. Niech zewnętrzna brzydota i fizyczna cherlawość, także trudności bytowania i przeciwności życia, będą błogosławione, jeśli sprzyjają wzrostowi ludzkiej sprawności myślenia, tak jak to się urzeczywistniło u Keplera. Kontemplacyjne usposobienie i owoce głębokich rozmyślań mogą człowieka uczynić nieśmiertelnym. Szlachetne skądinąd starania o wypracowanie nieśmiertelności fizycznej dla człowieka bledną wobec perspektywy nieśmiertelności owoców ludzkich przemyśleń. Dlatego każdy, komu życie wieczne zda się być atrakcją, niech dołączy do tej wiekuistej wspólnoty ducha, z której czerpali i którą ubogacali Johannes Kepler oraz jego wielcy poprzednicy i następcy.

A bodźców do rozmyślań jest dostatek. Najczęściej myślenie jest uaktywniane na okoliczność potrzeby, np. usprawnienia jakiegoś procesu technologicznego. Ta potrzeba sama z siebie przymusza do myślenia. Myślicielem „praktycznym", w mniejszym lub większym stopniu, jest właściwie każdy. Są jednak pobudki mniej się narzucające. Do takich można zaliczyć dla przykładu rozgwieżdżone niebo czy postrzegane prawidłowości świata liczb i kształtów geometrycznych. Im bardziej zaawansowany myśliciel, tym bardziej subtelne podejmuje problemy. Wbrew pozorom, rozstrzygnięcia myślowe w zakresie pozornie zupełnie niepraktycznych spraw mają zawsze praktyczne konsekwencje i często nadają nowy bieg cywilizacyjnego rozwoju.

Johannes Kepler jest pięknym wzorem dogłębnego myśliciela. Jak przystało na urodzonego pod znakiem Koziorożca, nie miał on wielu przyjaciół, ani wśród jemu współczesnych ani wśród potomnych. Bo nie ważna tu ilość tylko jakość. Ludzie na miarę Keplera rodzą się na Ziemi ponoć nie częściej niż gwiazdy supernowe na niebie. Dlatego osoby zdolne pojąć i docenić kolosalny i bezprecedensowy dorobek myślowy Keplera też należą do unikatów w każdym pokoleniu i w każdym miejscu na świecie. Był szczęściarzem Mikołaj Kopernik, że zrozumiał go Kepler i wydobył najszlachetniejsze zdobycze jego myśli na światło dzienne i po

mistrzowsku je „oszlifował". Miał też szczęście Izaak Newton, że przeczytał dzieła Keplera. Mógł w oparciu o nie stworzyć swoje *Principia*, w których zamieścił już całkiem praktyczne „przepisy" do wykorzystania dla postępu technologicznego ludzkości. Szczęściarzami są dziś wszyscy ludzie na Ziemi, bo doświadczają wielu dobrodziejstw, których źródła należy szukać u Keplera.

W roku 1572 Tycho de Brahe obserwował jasną gwiazdę supernową (wcześniejsza wybuchła przeszło 500 lat wcześniej). Kepler miał wtedy zaledwie 10 miesięcy. Ani Brahe, ani tym bardziej Kepler nie mogli uznawać tego znaku jako zapowiedzi czegoś ważnego dla świata. Niemniej, w kilka lat później, Brahe zgromadził pierwszorzędne, nie mające sobie równych w ówczesnym świecie, obserwacje położeń i ruchów planet. W roku 1604, 33-letni Kepler był świadkiem kolejnej supernowej. W tym czasie już w większości wykorzystał dziedzictwo obserwacyjne Tychona de Brahe i właśnie odkrywał prawa ruchu planet. W modelu heliocentrycznym Keplera zniknęły Kopernikowe epicykle i orbity planet okazały się eliptyczne (nie kołowe). W dodatku w Keplerowym Wszechświecie planety okrążały prawdziwe materialne Słońce, a nie, jak u Kopernika, jakiś „pusty" punkt geometryczny, nazywany słońcem średnim. Kto rozumie ciężar gatunkowy tych przełomowych dokonań Keplera, tego nie zdziwi „akcent" położony przez supernową! A co z dziedzictwem myślowym Keplera? Czy zostało już przez potomnych w pełni zagospodarowane? Załóżmy, że gdy to się stanie, kolejna jasna supernowa pojawi się na niebie. Tymczasem pozostaje uważnie wczytywać się w lekturę dzieł Keplera i kontynuować, niczym w sztafecie, każdy niedokończony przez niego obiecujący bieg myśli.

Nie sposób chyba dociec w jakim stopniu Kepler był „Keplerem" tak sam z siebie, a na ile w wyniku dydaktycznych i wychowawczych wpływów środowiska. Skąd u niego, młodzieńca rozkochanego w matematyce i ledwie tylko wprowadzonego przez swoich nauczycieli w zagadnienia matematyki najwyższej, czyli tej odnoszącej się do spraw na niebie, wzięła się taka dojrzałość, żeby zapragnąć wglądu w najlepsze w świecie dane obserwacyjne dla weryfikacji swoich pierwszych poglądów kosmologicznych? I taki jeszcze całkiem młody Kepler adresuje i wysyła swój list do „wielkiego" Tychona de Brahe, a w liście zamieszcza swoje *Mysterium Cosmographicum.* Żywi przy tym nadzieję, że zmiękczy Tychona tym swoim dziełkiem na tyle, że zechce się on podzielić swoimi obserwacjami z jakimś nie znanym mu nauczycielem z Grazu. Tycho de Brahe, ćwierć wieku starszy od Keplera, wykaże dużo wyrozumienia dla nowicjusza i nawet nie poczyta mu za złe tego, że naiwnie traktuje jeszcze

w swojej rozprawie kopernikański układ świata (tj. heliocentryczny) jako prawdziwy. [Autorytety ówczesnej astronomii nie akceptowały teorii heliocentrycznej Kopernika, bo nie wytrzymywała ona konfrontacji z obserwacjami. Sam Tycho de Brache miał swoją koncepcję kosmologiczną i dla jej udowodnienia przedsięwziął pierwszorzędne obserwacje]. Brahe uznał, że Kepler bredzi bo bredzi, ale jest dobrym matematykiem i jak nim odpowiednio pokierować, to może on wykazać słuszność jego kosmologicznej koncepcji. [Koncepcja ta głosiła, że Ziemia znajduje się w centrum Wszechświata. Wokół niej krąży Księżyc i Słońce. Wokół zaś Słońca krążą Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn].

Kilka lat później Kepler był już zatrudniony przez Brahego i miał dostęp do upragnionych danych. I tu znowu rzecz dziwna. Kepler oficjalnie pracuje nad dowodem słuszności modelu Tychona, ale do tej pracy zupełnie nie ma serca. W konspiracji czyni obliczenia dla wykazania słuszności modelu Kopernika. Model ten przypadł mu do serca od pierwszego wspomnienia o nim przez wykładowcę na studiach. Tym wykładowcą, cichym zwolennikiem teorii Kopernika, był Michael Mästlin, z którym Kepler przyjaźnił się do końca życia. Bardzo wiele znaczyła ta zażyłość intelektualna Keplera ze swoim Mistrzem. Przy nadzwyczaj intensywnej pracy umysłu dobrze jest mieć kogoś, z kim od czasu do czasu można szczerze wymienić poglądy. Para myślicieli może znaczyć więcej niż ich dwóch, ale z osobna. Nawet „kamień na kamieniu" więcej znaczy niż dwa kamienie osobno. Ileż więcej znaczyła para Brahe-Kepler od ich obu, ale działających w izolacji od siebie? A co dopiero ponadpokoleniowa para Kopernik-Kepler. Był Kepler szczęściarzem w zakresie odpowiedniego dobierania się w pary. Powołaniem „pary" jest bowiem znaczyć więcej niż dwójka „singli".

Ogromna wdzięczność potomnych należy się Keplerowi za to, że odsłaniał w swoich dziełach nie tylko esencję swoich przemyśleń ale, czasem jakby przede wszystkim, zawiłe i zwodnicze ścieżki rozumowania, których musi się popróbować, zanim okażą się chybione. Płynie stąd przekaz, że myślenia nie trzeba się bać, że nie należy z niego rezygnować przy pierwszych niepowodzeniach. Trzeba myślicielowi „dociskać" tajemnicę ze wszystkich stron, aż ulegnie. Do tego trzeba wiedzieć, że tajemnica często ustępuje pod naporem stosownych obserwacji. Trud ludzki, indywidualny i zbiorowy, jest zatem konieczny dla przenikania prawd o przyrodzie. Wiele prawd o człowieku i otaczającym go świecie czeka na rozpoznanie, ale nie da się tego uczynić na skróty. Dotarcie do nich wymaga zawsze uczciwości i ogromnego wysiłku intelektualnego.

Najtrudniej jest porzucić myślicielowi różnego rodzaju dobrze uleżałe dogmaty czy stereotypy. Mało kto dochodzi (myślowo) do takiego stopnia rozwoju, żeby mieć śmiałość i odwagę jawnie poddawać weryfikacji to co „święte" i z definicji żadnej weryfikacji nie potrzebujące. I tam gdzie śmiałość i odwaga takiego Kopernika czy Galileusza okazały się bezsilne wobec powagi problemu, tam trzeba było Keplera, który w imię prawdy był zdolny powalić, i to w mistrzowskim stylu, najwyższe autorytety. Pokazał Kepler, że pod naporem zdrowego logicznego myślenia nawet pojedynczego człowieka, jeśli jest ono poparte rzetelną empirią, mogą jak bańki mydlane pękać „Platony, Arystotelesy, Pitagorasy, ...".

Współczesny czytelnik może nie od razu i nie w pełni dostrzegać wagę Keplerowego odejścia od idealnych figur geometrycznych w stronę kształtu elipsy. Czy od idealnych proporcji liczbowych w stronę jakichś mniej doskonałych. A za taką elipsę od razu można było Keplerowi spłonąć na stosie. Jeśli uznajemy Gagarina za bohatera, bo z narażeniem życia odważył się zakosztować eliptycznej orbity okołoziemskiej, to za jakiego bohatera należy uznać Keplera, który z o wiele większym narażeniem życia ogłosił światu elipsę, jako typowy kształt orbity dla niebiańskich wędrowców? Kiedy młodzieńczy pomysł Keplera na idealne figury platońskie, mające wyjaśniać proporcje odległości poszczególnych planet od Słońca, nie wytrzymał weryfikacji empirycznej, przyszła kolej na rewizję utartych poglądów nt. okręgu, jako jedynie słusznego kształtu drogi po jakiej mogły poruszać się ciała niebieskie. Szykował się bezprecedensowy „zamach stanu", nie mający sobie równych przez tysiące lat. A racją tego stanu był dogmat, że wszystko co się tyczy nieba (siedziby Boga, jako najwyższego ideału) nie może odbiegać od ideału. Okręgi, koła, sfery i kule traktowano jako jedyne figury geometryczne, którymi wolno było się posługiwać myślicielom w ich matematycznych rozważaniach tego co rozgrywa się na niebie. Zamach na te kształty był w opinii najwyższych światowych autorytetów równoważny z zamachem na samego Boga. Dopuszczenie bowiem niedoskonałości Dzieła Stworzenia oznaczało poddawanie w wątpliwość doskonałości samego Stwórcy. I tu już nikt nie musiał sobie zdawać sprawy z tego, że same idee istnienia Boga i jego atrybutów wymyślono przecież przed tysiącami lat w oparciu o bardzo prymitywne, jakościowe tylko, obserwacje nieba. A jakość materiału obserwacyjnego ma przecież decydujące znaczenie, jak udowodnił Kepler, dla jakości wyprowadzanych z nich twierdzeń i idei.

Innym dogmatem, który przyszło Keplerowi obalić, to niezmienność spraw na niebie. Tę niezmienność wyprowadzono w przeszłości z pozornie niezmiennych układów gwiazd. Z tego wywiedziono ideę wieczności

i przypisano ją Bogu. Stwierdzenie, że obiekty niebieskie mogą ulegać zmianom, że np. może jakaś gwiazda zmieniać blask, powstać lub zniknąć, było traktowane jako herezja. Jeśli gwiazdy wędrujące (planety) wyróżniały się spośród gwiazd stałych, to tylko dlatego, że były jakby telefonem w rękach Boga do komunikowania się z ludźmi na Ziemi (stąd astrologia). Ich obserwowany, udziwniony, ruch na sferze niebieskiej składano z szeregu ruchów po okręgach (deferensy, epicykle, epicykle drugiego rzędu ...). I nie wolno było naruszyć innego ważnego dogmatu, że na niebie dopuszczalne są tylko ruchy jednostajne (doskonałe). Kepler dowiódł, że ruchy planet odbywają się po (niedoskonałych) elipsach i ze zmieniającą się wzdłuż orbity prędkością. Na takie „herezje" mógł sobie pozwolić tylko ktoś, nad kim był ciągle rozpostarty parasol ochronny samego Cesarza.

Kepler, matematyk z pełną głową pięknych matematycznych reguł, bardzo pragnął odnaleźć „odcisk" tych reguł w Dziele Stworzenia. Kiedy żaden z wielu wymyślonych idealnych wzorców nie znajdował odzwierciedlenia w obserwacjach Kosmosu, zrozumiał, że trzeba zmienić podejście. Trzeba z największą uwagą przyglądać się Wszechświatowi, ujmować obserwacje w liczby i potem je analizować z pełną matematyczną ścisłością. Metoda „rozkazywania", czy to Wszechświatowi czy jego Stwórcy, w jakie ornaty mają się „przyodziewać" i jak mają „tańczyć", nie licuje z postawą prawdziwego badacza czy filozofa przyrody. Dopiero Kartezjuszowe „Cogito ergo sum" w harmonii z „Observo ergo sum" Banachiewicza, stwarza pełnię ładu zewnętrznego dla prowadzenia owocnych rozmyślań naukowych. Kepler udowodnił to po mistrzowsku i pozostanie na zawsze godnym naśladowania dla próbujących przenikać tajniki przyrody.

Jednak, nie wystarczy o Keplerze coś tam tylko poczytać w lepszych lub gorszych opracowaniach. Nie wystarczy też tylko pobieżnie przeczytać wybrane jego dzieła, albo z przymusu szkolnego nauczyć się na pamięć Praw Keplera. Trzeba czytać i trawić, do czasu aż się zrozumie. Aż się osiągnie stan jedności ducha z Keplerem. I wtedy dopiero jest się gotowym do podjęcia dalszego biegu sztafetowego, rozpoczętego przez Keplera. W tym biegu wystąpili kiedyś Newton i Einstein. Nie wiadomo komu jeszcze przyjdzie się włączyć ...

Mówi się o Keplerze że ufizycznił astronomię. On ufizycznił też samą fizykę. Nadał jej właściwy ton i zabezpieczył kierunki jej dalszego rozwoju. Od zastanej fizyki wziął niewiele, ale dał jej bardzo dużo. Kepler do fizyki podchodził z wyżyn intelektualnych. Keplerowe odgórne

podejście musiało doprowadzić do wielkich rzeczy dla fizyki. Ileż wniosła do niej choćby tylko, stworzona przez Keplera, optyka geometryczna. Uniwersalne zasady zachowania w przyrodzie, prawo powszechnego ciążenia, wyznaczenie prędkości światła, to tylko niektóre pochodne dorobku Keplera. On od fizyki nie brał, on fizyce dawał. Jest ojcem fizyki współczesnej. Fizyki się nie musiał uczyć, on ją tworzył. A do tego tworzenia nowej fizyki przymuszał go Wszechświat. Sama matematyka, choć przez tysiące lat wystarczała do rozstrzygania o sprawach na niebie, okazała się dla Keplera niewystarczająca. W tym sensie fizyka została przez Keplera podniesiona nad matematykę. Dotarło w którymś momencie do matematycznego Keplera, że Wszechświat jest fizyczny (nie matematyczny) i podejście fizyczne jest konieczne dla jego zrozumienia. Jeśli nawet gdzieś materia zda się naocznie stosować do reguł geometrii (sześciokątne gwiazdki śniegu, kwiatostany, plastry pszczele, regularne wzorce krystalizacji, kuliste planety i gwiazdy, itd.), pod wpływem czego Kepler wypowie swoje „Ubi materia, ibi geometria" (gdzie materia, tam geometria), to taka zewnętrzna geometria jest dla dojrzałego Keplera już tylko skutkiem jakiejś przyczyny fizycznej; przyczyny którą trzeba znaleźć, a nie tłumaczyć ją „leniwie" jakąś metafizyką. Samą matematykę należy więc postrzegać raczej jako pierwszorzędne narzędzie, wspaniały owoc ludzkiego rozumowania, zrodzone pod naporem potrzeby ilościowego ujmowania procesów przyrodniczych. Jeśli chcieć nadal traktować matematykę, jako jakąś „koronę" czy „sacrum" to nie dlatego, że jest ona „Bogiem" tylko dlatego, że jest wspaniałym owocem pracy myślowej ludzkości. Wszechświat z kolei może być postrzegany jako harmonijny układ materii, mającej wrodzoną zdolność do najrozmaitszych przeobrażeń w zgodzie z fundamentalnymi prawami rządzącymi tą materią. Materia jest pewnie źródłem tych praw i sama zachowuje się w zgodzie z nimi. Można sobie wyobrazić jak bardzo Kepler narażał się, chcąc (idealny) matematyczny opis (idealnego) Wszechświata zastąpić (przyziemnym, ułomnym – tak się wtedy myślało) opisem fizycznym. Przecież dla wielu było wtedy oczywiste, że Kepler wyobraża sobie, jak kompletny profan, że wszystko co znajduje się we Wszechświecie jest w istocie podobne do tego co jest na Ziemi i rządzi się tymi samymi prawami.

Kepler bardzo chciał zrozumieć Wszechświat. Przekonał się, że nie podjął się łatwego zadania. Wygrał wiele „wojen", w tym wojnę z samym Marsem! [Kiedy Kepler dowiódł, że Mars porusza się po orbicie eliptycznej, co prawie doprowadziło go do obłędu, stwierdził z satysfakcją, że „wygrał wojnę z samym Marsem" – tj. z „bogiem wojny"]. Wcześnie

zauważył bowiem, że choć Wszechświat jest bardzo wymagający, to jest też ogromnie inspirujący. Jest „wielką odpowiedzią" na wszelkie możliwe do pomyślenia pytania. Byle tylko człowiek miał chęć i śmiałość pytać i był tych odpowiedzi „Staruszka-Wszechświata" ciekaw.

Trudno nie zapytać skąd u Keplera wzięła się tak nieodparta wiara w słuszność kopernikańskiego obrazu świata. Wielu uważa pewnie, że Kepler dogłębnie zrozumiał *De revolutionibus* i to już wystarczyło. Samo jednak zrozumienie mogło i powinno poskutkować wręcz odwrotnie, jak u Tychona. Oryginalna koncepcja Kopernika nie była do obronienia ani w tamtym czasie ani kiedykolwiek później! [Najbardziej systemowi heliocentrycznemu sprzeciwiał się fakt, że dla gwiazd nie dawało się zaobserwować efektu paralaksy rocznej. Odkryte w 1728 roku przez Jamesa Bradleya zjawisko aberracji światła było pierwszym dowodem obserwacyjnym na ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca. Pierwsze paralaksy gwiazd zmierzono dopiero w roku 1839 (Wilhelm Struve, Friedrich Bessel, Thomas James Henderson). Postulowany przez Kopernika ruch wirowy Ziemi został udowodniony dopiero w eksperymencie z wahadłem Foucaulta w roku 1851]. Matematyczna poprawność teorii Kopernika miała się w wieku XVI i XVII nijak do wyników obserwacji. Na dodatek zbyt wielkie było powszechne przywiązanie do obrazu świata kręcącego się wokół „diabła", króla piekieł (mieszkającego we wnętrzu Ziemi). Dlaczego Kepler uległ tak łatwo i tak nieodparcie, wręcz obsesyjnie, prowokacyjnemu i spekulatywnemu dziełu Kopernika? Ktoś powie, że względy natury teologicznej zdecydowały. Przecież Kepler, w ślad za Kopernikiem, pragnął Wszechświata z Bogiem w centrum. Czy tylko to? Może jakaś silna intuicja owładnęła Keplera? Jakaś wyższa forma świadomości, osiągana na drodze intensywnego i często się powtarzającego, konkretnego myślenia na jakiś określony temat. Nie chodzi tu o „puste" myślenie, ale o myślenie w działaniu, w zderzeniu z rzeczywistością, poddawane bieżącej weryfikacji empirycznej. Przy częstym powtarzaniu czegoś myślowego (głęboko przeżywanego) dochodzi pewnie w mózgu do swego rodzaju „przejścia fazowego" i wchodzi się na wyższy poziom wtajemniczenia. Rodzaj jasnowidzenia, automatycznego trafnego oceniania zawiłych informacji, nadwrażliwości na fałsz i podwyższonej zdolności rozpoznawania prawdy. Jest wielce prawdopodobne, że Kepler dopracował się takiej intuicji nt. ruchów planet mając dogłębnie przestudiowany *Almagest i De revolutionibus*. Konfrontacja empiryczna modeli następowała u Keplera w ramach uprawianej przez niego astrologii oraz w zderzeniu z pierwszorzędnymi obserwacjami Tychona. Kto osobiście

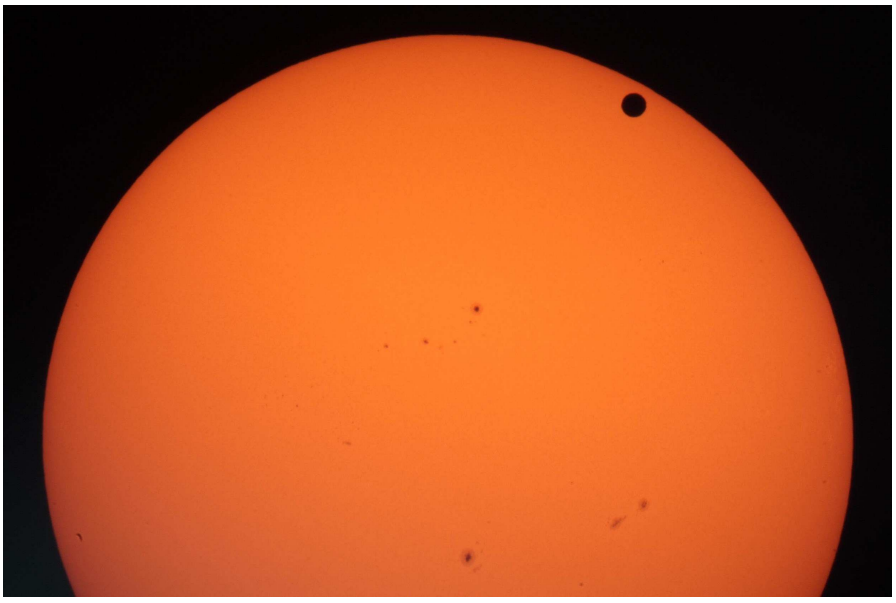
doświadczył w swoim życiu choćby drobnych przebłysków takiej „nadświadomości", wie o czym mowa. Najprawdopodobniej intuicja kazała Keplerowi podjąć się obrony heliocentryzmu. I nie chodziło tu o zwykłe retoryki w stylu Galileusza, ale o rzeczowe badania i wynikające z nich niezbite dowody.

Trzeba było Keplerowi stawić czoła całemu światu. Narazić się wszystkim. Wstrząsnąć światem w jego najmocniejszych posadach. Stanąć po stronie prawdy, której świat wcale nie pragnął. Światopogląd zbudowany na Arystotelesie był właściwie nie do ruszenia. Trzeba było Keplerowi toczyć bój o każdy skrawek prawdy. Trzeba mu było także toczyć bój z samym sobą! Był przecież z tej Ziemi, i wszystko czego cywilizacja się na niej dorobiła, uleżało się w jego świadomości przez lata intelektualnego rozwoju. Trzeba było to wszystko brać pod dojrzały osąd i albo odrzucać albo ulepszać. W czasach kiedy nie gasły stosy i bardzo łatwo było stać się męczennikiem za niekonwencjonalne poglądy czy zachowania.

Kepler równolegle doskonalił się w zakresie astronomii, matematyki, fizyki i filozofii. Jego rozprawy, oprócz rozważań stricte naukowych, zawierają przemyślenia o charakterze filozoficznym, teologicznym i estetycznym. Zadziwiająca śmiałość myśli Keplera i towarzysząca jej uporczywa praca rachunkowa często skutkowały odkrywaniem zupełnie nowych prawd o przyrodzie. Kepler wszystko poddawał obliczeniom i nie zostawił idei, dopóki nie wykazał jej słuszności albo błędności. W ten sposób doszedł do swoich nieśmiertelnych odkryć. Dociekał istoty rzeczy zadając śmiało pytania „dlaczego?", a nie tylko „jak?", jeśli chodzi o procesy zachodzące w przyrodzie.

I pomyśleć, że wiekopomne i ciągle użyteczne rozstrzygnięcia Keplera zostały wyprowadzone bez znajomości jakichkolwiek odległości pomiędzy Słońcem i planetami. Kepler żył we Wszechświecie o promieniu 20000 promieni Ziemi, co wynosi ok. 0.85 j.a. W czasach Keplera obowiązywały (bo pewniejszych nie było) ustalenia zawarte w *Almageście*. Zarówno Kopernik jak i Kepler byli w mało komfortowej sytuacji nie mając sposobu na uściślenie wiedzy odnośnie faktycznej odległości Ziemi od Słońca, a w konsekwencji również wszystkich innych interesujących ich odległości. W szczególności było istotne wiedzieć jak odległe są gwiazdy stałe. Pozwalałoby to zweryfikować słuszną hipotezę Keplera (za Kopernikiem) twierdzącą, że dlatego nie obserwuje się ruchów paralaktycznych gwiazd stałych bo gwiazdy te są zbyt odległe, żeby móc potwierdzić ich

paralaksy przyrządami pozwalającymi mierzyć kąty na niebie z dokładnością 1 minuty łuku (szczyt możliwości astronomicznych instrumentów przeziernikowych). Nie był Kepler bezczynny w temacie uściślania rozmiarów Wszechświata. Próbował wykorzystać zjawisko tranzytu Merkurego i Wenus na tle tarczy Słońca dla wyznaczenia wartości jednostki astronomicznej. Kepler dużo sobie obiecywał po tranzycie Wenus w przewidywanym przez siebie terminie na grudzień 1639 roku. Kepler niestety tego zjawiska już nie dożył. Kepler opracował też model lunety astronomicznej, która posłużyła do pomiaru kątów na niebie z oszałamiającą precyzją, nawet ponad 100-krotnie przewyższającą precyzję uzyskiwaną z pomocą przyrządów przeziernikowych Tychona. W oparciu o tranzyty Wenus potomni określili precyzyjnie wartość jednostki astronomicznej, a lunety Keplera posłużyły nie tylko do obserwacji tranzytów, lecz także do wyznaczania pierwszych paralaks (odległości) gwiazd stałych. Okazało się, że najbliższe z tych gwiazd znajdują się 300 tysięcy razy dalej niż przypuszczał Kepler.



Ileż dałby Kepler za takie zdjęcie tranzytu Wenus! Skądinąd, gdyby nie Kepler, to pewnie do dziś nikt na świecie nie zdołałby jeszcze takiego obrazka otrzymać. Kepler przewidział występowanie zjawiska tranzytu Wenus na tle tarczy Słońca, zaobserwowanie którego pozwoliłoby wyznaczyć odległość Ziemia – Słońce i tym samym poznać faktyczne rozmiary Układu Słonecznego (rozumianego w tamtych czasach jako cały Wszechświat). Po tym jak Jeremiah Horrocks (1618-1641) w roku 1639 zaobserwował tranzyt Wenus, faktycznie trzeba było drastycznie zrewidować poglądy na temat odległości planet od Słońca. Na zdjęciu zarejestrowany ostatni tranzyt Wenus (z 6 czerwca 2012 roku) [Najbliższy tranzyt Wenus nastąpi 11 grudnia 2117, a widoczny w Europie dopiero 11 czerwca 2247 roku]. (*fot. A. Leśniczek i B. Wszołek*)

Można zaryzykować stwierdzenie, że każde sensowne uprawianie filozofii przyrody należałoby koniecznie rozpoczynać od wnikliwego studium dzieł Keplera, który stał się postacią nadzwyczaj ważną nie tylko dla rozwoju astronomii, ale dla całej światowej nauki oraz cywilizacji jako takiej. Wizja świata jaką stworzył i rozwijał Kepler, należy do najbardziej niezwykłych w dziejach. Zawiera elementy, które stały się z czasem powszechną własnością intelektualną ludzkości. Dla przykładu, prawa ruchu planet odkryte przez Keplera zaowocowały setki lat później nastaniem ery kosmicznej i urzeczywistnieniem, roztoczonej przez Keplera w jego dziele *Somnium*, wizji lądowania człowieka na Księżycu. Wszyscy współcześni ludzie na Ziemi mają w sobie po trosze z Keplera. Nawet jeśli nie w sposobie widzenia świata i zaangażowania się dla jego lepszego zrozumienia, to przynajmniej jako konsumenci dobrodziejstw cywilizacyjnych uzyskanych w oparciu o dokonania Keplera. Prawdziwy badacz przyrody ma świadomość, że rezultaty jego pracy nie muszą prędko znaleźć zrozumienia czy zastosowania. Kepler pisał swoje dzieła z myślą o czytelnikach, którzy będą żyć nawet setki lat po nim. Raz przeniknione i wydobyte na światło wiedzy fakty dotyczące natury, wcześniej czy później przełożą się na cywilizacyjny postęp ludzkości.

Kepler długo pozostawał uczonym słabo rozumianym i mało znanym. Wybrane dokonania naukowe Keplera zostały wcześnie przywłaszczone przez Izaaka Newtona i opublikowane m. in. w jego słynnych *Principiach*. Dorobek Keplera jest jednak wielokroć bogatszy niż był to w stanie zrozumieć Newton. Jeśli fizyka współczesna ma kiedyś wyjść z kłopotliwego dziś stanu stagnacji to chyba nie da się tego zrobić inaczej, jak tylko przez pozostawienie na boku newtonowskiej metodologii uprawiania nauki i cofnięcia się do źródeł wypracowanych i opublikowanych przez Keplera. Wiele bardzo podstawowych rozważań przyrodniczych zostało przez Keplera rozpoczętych, lecz nigdy i przez nikogo nie zakończonych. Od Keplera można się ciągle uczyć metod skutecznego przenikania tajników przyrody.

Filozoficzno-przyrodnicze postrzeganie świata przez Keplera znajduje wyraz w jego licznych dziełach naukowych i korespondencjach. Nic nie jest w stanie zastąpić studiowania u źródeł, ale pozwolę sobie tutaj przytoczyć niektóre poglądy Keplera na temat przyrody. Przywołuję je dla wzbudzenia aktywności kontemplacyjnej czytelnika, zwłaszcza tego, który planuje albo już prowadzi zaawansowane badania przyrodnicze. W dodatku pozwalam sobie tu przy okazji przemycić moje własne przemyślenia, pod którymi, taką żywię nadzieję, Kepler by się podpisał.

Dla Keplera cała przyroda jest obrazem Stwórcy. Jej kontemplowanie, idące w parze z usilnym dociekaniem jej najgłębszych tajników, daje człowiekowi szansę na bliższe poznanie Stwórcy Wszechświata. Może jest to nawet jedyna pewna szansa. Uznanie Wszechświata jako Boskiego dzieła było wspólną prawdą wiary wielu wyznań – i stąd też możliwość poznawania Boga nie tylko w oparciu o *Księgi Objawienia*, ale również w oparciu o *Księgę Natury*. Człowiek, zgodnie ze starym sposobem myślenia, przez poznawanie natury, jako Dzieła Bożego, mógłby z powrotem odzyskać podobieństwo Boże, które utracił przez gnuśność i samodegradację, zwłaszcza w sferze intelektualnej. Świat przyrody został powołany do istnienia przez Boga i lepiej niż jakiekolwiek pisma święte świadczy o Bogu. Treści biblijne domagają się usprawiedliwienia empirycznego. Treści przyrodnicze domagają się zrozumienia. To wymaga pracy umysłowej człowieka. Jeśli dzięki tej pracy człowiek lepiej zrozumie przyrodę, to będzie bliższy poznania jej Stwórcy. Bezmyślne życie w żadnym razie nie przybliża człowieka do Boga.

Pojęcia „Bóg" czy „Stwórca" mogą być mętne (niedookreślone) dla wielu współczesnych. Kepler, jako człowiek religijny i religijnie wykształcony, najprawdopodobniej rozumiał je w pierwszym przybliżeniu tak, jak nauczał Kościół. Niemniej, był gotów odpuścić każdy dogmat, jeśli stał on w sprzeczności z faktami obserwacyjnymi lub argumentami rozumowymi. W każdym razie argument, z przyrodą rozumianą jako obraz Stwórcy, pozostaje w mocy, nawet jeśli Stwórcę czy „Wyższą Instancję" rozumieć, jako Materię.

Kepler głosił, że przyroda lubi prostotę i jedność. Tym samym poddaje się ona łatwiej badaniom. Badacz nie musi używać nadludzkich sztuczek, by odnieść sukcesy w poznawaniu przyrody. Fundamentalne prawa natury daje się często ująć w bardzo proste formuły matematyczne. Podstawowe prawa przyrody, odkryte w lokalnym środowisku badacza, odnoszą się także do odległych badaczowi części Wszechświata. I odwrotnie, prawa odkrywane drogą obserwacji odległych części Wszechświata, są ważne również lokalnie. Dla przykładu pierwiastki, które najpierw odkryto na Ziemi, później znaleziono je również w gwiazdach. Inne pierwiastki, jak hel, najpierw zauważono w gwiazdach, a potem znaleziono je na Ziemi. To samo odnosi się do związków chemicznych. Zasada zachowania momentu pędu przyszła na świat jako drugie prawo Keplera. Powszechnie odczuwane na Ziemi prawo ciążenia ujęto w ryzy matematyczne dopiero w oparciu o obserwacje ruchów planet. Podobnie, problem prędkości rozchodzenia się światła, rozwiązano w oparciu o obserwacje zjawisk na niebie. Nawet kształt i rozmiary Ziemi ustalono w oparciu

o obserwacje astronomiczne. Mapy geograficzne i geodezyjne, kalendarze, pomiar czasu – że nie wspomnę o GPS, to wszystko jest dzięki obserwacjom gwiazd. A to tylko niektóre przykłady dobrodziejstw, wywodzących się ze zrozumienia spraw dotyczących nieba. Znane sformułowanie „co rozwiążecie na Ziemi, będzie rozwiązane w niebie" [Biblia, Ew. Mt. 18, 15-25] wypada zatem, w imię Keplerowej „jedności", poszerzyć o „cokolwiek rozwiążecie na niebie, będzie rozwiązane na Ziemi".

Według Keplera wszystko w przyrodzie jest aktywne i potrzebne. W przyrodzie nie ma rzeczy zbędnych. Natura nie toleruje „śmieci". Przyroda nie jest martwa. Cała natura jest aktywna i podlega ciągłym harmonijnym przeobrażeniom. Zatem i sam człowiek, wraz z jego aktywnością i kreatywnością, ma z natury rzeczy pozostawać w harmonii z przyrodą. Człowiek potrzebuje przyrody i jest przyrodzie potrzebny. Dodałbym tu jeszcze od siebie, że wszystko w przyrodzie występuje w nadmiarze. Ten nadmiar też ma sens i wiele zabezpiecza, w tym pewnie i samo życie.

Wszechświat Keplera nie jest chaosem, ani nie zdąża do chaosu. Przeciwnie, funkcjonuje w sposób harmonijny i podąża ku wyższym formom swego zorganizowania. Jeśli gdzieś w przyrodzie zostanie naruszona harmonia, jest ona na powrót odzyskiwana. W tym kontekście warto wspomnieć, że współcześni astrofizycy mają oficjalnie odmienny pogląd w tym względzie. Twierdzą, że entropia (miara dezorganizacji, nieładu, nieuporządkowania, chaosu) ciągle we Wszechświecie wzrasta. Można dyskutować po czyjej stronie jest racja. Kepler dopuszcza zatem odejścia natury od ideału, od ustawicznego trwania w harmonii. Wszechświat Keplera jest żywy, nie skamieniały. Jest przez to jakby „bardziej niż doskonały", bo ma zdolność „regeneracji" traconej doskonałości. Jeśli Kepler za Pitagorasem miałby go przyrównać do liczby, to nie tyle do 8, co raczej do 9. Według Keplera, przyroda choć podporządkowuje się posłusznie prawom fundamentalnym, to jednak pozostawia sobie pewien margines swobody, pozwalający jej na bieżąco się dostrajać i korygować odstępstwa od idealnej harmonii. Gdyby nie ta własność przyrody, to zdaniem Keplera np. Układ Słoneczny by się bardzo szybko rozpadł. Ten margines swobody występuje realnie i nie wynika z niedoskonałości metod pomiarowych. Grubą ilustracją takiego marginesu swobody niech będzie kierownica roweru. Każda próba jazdy rowerem z zablokowaną kierownicą natychmiast zakończyłaby się wywrotką. Możliwość wykonania drobnych ruchów kierownicą podczas jazdy pozwala utrzymywać równowagę i uzyskać harmonię pomiędzy ruchami rowerzysty i roweru. Układy N-ciał, których jeszcze dziś nie potrafimy analitycznie opisać

w przypadku N>3, według Keplera wykorzystują postulowany margines swobody dla zachowania stabilności. Zdaje się być bardzo prawdopodobnym, że dalszy postęp fizyki nie odbędzie się inaczej jak tylko poprzez ujęcie w matematyczne formuły tej fizycznej realności, którą Kepler nazwał marginesem swobody. Każdy mechanik, nie tylko kwantowy, wie czemu służą odpowiednie luzy w układach wielu współpracujących ze sobą elementów. Czy zatem da się taki „margines swobody", jakiś dodatkowy więz na układy N ciał, spożytkować na potrzeby mechaniki nieba i mechaniki kwantowej? Ruchy planet wokół Słońca można próbować porównywać do tańca grupowego, jak zorba czy kankan, w którym jest coś więcej niż tylko rytmiczne ruchy poszczególnych tancerzy. Coś jest w natarciu, coś innego w odwrocie. Nie ma mowy o kolizji lub wypadnięciu z szyku. Zwolnione miejsce przez jednego zostaje zajęte przez drugiego.

Kepler postrzega też, że procesy przyrodnicze realizują się minimalnym wysiłkiem. W kontekście tego twierdzenia warto przywołać doświadczenie, o jakie łatwo podczas współczesnych obserwacji skoków narciarskich. Jeśli usiąść na trybunach tak, żeby wyraźnie słyszeć poświst towarzyszący lotom skoczków, to można być świadkiem niezwykłego zjawiska przyrodniczego. Może się bowiem zdarzyć, że któremuś spośród kilkudziesięciu skaczących zawodników nie towarzyszy żaden szum podczas lotu. Widzimy skoczka w powietrzu i nic nie słyszymy. Porusza się bezszelestnie! Zawodnik tak się wpasował w środowisko przyrodnicze, że jego skok odbył się w sposób niemalże idealny. Proces rozegrał się przy minimalnych stratach energii. Takie skoki są na miarę złotych medali i rekordów skoczni. W podobny sposób, bo bezszelestnie, lata sowa i nietoperz. Kepler poszukiwał harmonii w ruchach planet obiegających Słońce i przeczuwał, że ruchy te nie mogą odbywać się inaczej jak tylko minimalnym wysiłkiem. I tu znowu pomyślmy o tańcu. Może on być cudownie lekki, jeśli tancerze osiągną pełną harmonię ruchów. Może być też potwornie męczący, jeśli ta harmonia zostanie zaburzona.

Kepler przez całe życie dociekał, dlaczego planety znajdują się w takich, a nie innych, odległościach od Słońca. *Mysterium Cosmographicum* wspaniale dokumentuje początek tych dociekań. W drugiej połowie XVIII wieku, Titius i Bode, działając w duchu Keplera, zauważyli ciekawe prawo rządzące odległościami planet. U podstaw obserwowanego układu odległości planet znajduje się według nich następujący ciąg liczb:

0 3 6 12 24 48 96 192

Po powiększeniu każdej z tych liczb o 4 (zgodnie z algorytmem znalezionym przez Titiusa i Bodego) i po podzieleniu przez 10 (przejście na współcześnie używane astronomiczne jednostki odległości) dostajemy z dużą dokładnością współczesne wyznaczenia średnich odległości planet.

Chociaż zgodności faktycznych średnich odległości poszczególnych planet od Słońca z prostymi formułami geometrycznymi (u Keplera) i arytmetycznymi (u Titiusa i Bodego) nie są idealnie ścisłe, to mogą dawać wiele do myślenia współczesnym badaczom przyrody. Dziś jesteśmy bogatsi np. o elementarną wiedzę z zakresu mechaniki kwantowej, która każe lekkim elektronom w atomach pozostawać w ściśle określonych odległościach od ciężkiego jądra, dających się wyznaczyć według prostych reguł arytmetycznych. Precyzyjne wyznaczenia średnich odległości poszczególnych planetoid od Słońca pokazują, że nie wszystkie odległości są równouprawnione. Wewnątrz pasa planetoid są strefy unikania i strefy licznego występowania tych drobnych ciał. Zupełnie podobnie przedstawia się rzecz z ciałami w obrębie pierścienia Saturna. Pewne odległości od Saturna są niedopuszczalne dla drobnych ciał, a inne z kolei są dozwolone i przez to licznie przyjmowane. W rzeczywistości, pierścień Saturna składa się z wielkiej ilości bardzo wąskich koncentrycznych pierścieni z praktycznie pustymi przestrzeniami między nimi. Czy to tylko czysty zbieg okoliczności, że wycinki radialne bardzo dokładnych fotografii pierścienia Saturna, zawierające mnóstwo czarnych (pustych) i białych (wypełnionych bryłami materii) linii, do złudzenia przypominają zdjęcia widm gwiazdowych? A może naturalna dążność przyrody do tego by procesy odbywały się minimalnym wysiłkiem i pozostawały w harmonii z otoczeniem prowadzi do „kwantyzacji" niektórych wielkości fizycznych, w tym wypadku odległości od ciała centralnego.

Osiągnięcia naukowe według Keplera są wspólnym dziedzictwem całej ludzkości. Uczony docieka prawd o przyrodzie nie tylko dla siebie, ale przede wszystkim dla ogółu. Jego sprawności intelektualne kształtują się w oparciu o zastane zasoby kulturowe i mają wpływać na dalszy rozwój kultury. Sprawiedliwość domaga się, aby naukowiec dzielił się darmo ze społeczeństwem wynikami swoich dociekań, a społeczeństwo zabezpieczyło mu niezbędne warunki funkcjonowania. Wyniki dociekań naukowych są wspólnym dziedzictwem ludzkości, nie tylko w zakresie zastosowań praktycznych i czerpania dochodów, ale również dla zachowania światowego pokoju i dla lepszego rozumienia przyrody. Rozwój nauki powinien być wolny od presji ekonomicznych, politycznych, filozoficznych i religijnych, a zdobycze nauki nie powinny być przedmiotem

handlu. Jak słuszne są te stwierdzenia, postrzegamy najlepiej w czasach obecnych, które najbardziej niedomagają właśnie z powodu nie stosowania się do tych postulatów Keplera.

Kepler zauważył, że siły kształtujące w przyrodzie działają nie tylko ze względu na cel, ale także „dla ozdoby". Można zbudować dom, który doskonale spełni swój podstawowy cel. Można jednakże zbudować go jednocześnie tak, aby był piękny i swoim pięknem oddziaływał na mieszkańców i otoczenie. Można stworzyć człowieka, który nie tylko będzie sprawny do realizacji swego powołania, ale będzie też urodziwy. Rośliny mogłyby tylko spełniać przypisane sobie cele, a jednak występują w najrozmaitszych pięknych formach, korzystnie oddziałując swoim wyglądem i zapachem na otoczenie. Wolny człowiek, jeśli żyje w harmonii z przyrodą, też stara się tworzyć rzeczy piękne, nie tylko funkcjonalne czy opłacalne. Takie działanie sprawia mu największą radość. I taki człowiek zajęty pracą (również myślową), jak trafnie to ujął Jurij Aleksiejewicz Gagarin po swoim locie w kosmos, to najpiękniejszy widok na Ziemi.

Kepler stwierdził, że dociekanie prawd o przyrodzie odbywa się dużym wysiłkiem. Już samo wypracowanie potencjalnych zdolności badawczych wymaga od człowieka ogromnego trudu. Przyroda nie sprzeciwia się poznaniu, ale zawsze wymaga od badacza olbrzymiego wysiłku zanim odsłoni przed nim swoje tajemnice. Dobrowolnie podejmowana praca naukowa była dla Keplera formą oddawania czci Bogu – Stwórcy i Królowi Wszechświata.

Filozofia przyrody nie może bazować na opisach zjawisk przyrodniczych, ale na przyczynach tych zjawisk. Nie może też znajdować oparcia w Biblii czy innych świętych księgach, gdyż te nie są autorytetem w zakresie wiedzy przyrodniczej. Zarówno badacz przyrody jak i filozof przyrody (najlepiej, żeby też był badaczem), jeśli chcą czegoś istotnego dokonać w swoich dziedzinach, muszą opierać się na konkretnych informacjach, pochodzących z doświadczenia. Doświadczenie jest pierwszym i koniecznym etapem na drodze do poznania. Rozmyślanie nad przebiegiem i rezultatem doświadczenia ma prowokować pytanie o przyczynę obserwowanych zjawisk. W poszukiwaniu odpowiedzi na takie pytanie trzeba zawsze wykonać poważną pracę myślową, a często zaplanować jeszcze nowe obserwacje i eksperymenty. Prawdziwy przyrodnik, wzorem Keplera, zawsze pyta o przyczynę zjawisk przyrodniczych (np. co rozgrywa się pomiędzy Słońcem i Ziemią, że ciała te się przyciągają?). Pseudo przyrodnik zatrzyma się w poznawczych dociekaniach na etapie

zwykłego opisu zachowania się ciał (np. Newtonowi wystarczyło stwierdzić, że Księżyc obiega Ziemię w taki sposób jakby ta przyciągała go z siłą proporcjonalną do masy Ziemi i masy Księżyca, a odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości pomiędzy środkami tych ciał). Aby uprawiać fizykę po newtonowsku nie potrzebujemy wiedzy o tym, czym jest masa, czym jest grawitacja albo czym jest światło. Wręcz w złym tonie byłoby o te sprawy pytać. Dlatego przyrodnik powinien działać po keplerowsku, jeśli ma się on dowiedzieć czegoś istotnego o przyrodzie. Fakt dziwnych ruchów planet, w porównaniu z gwiazdami stałymi, był znany uczonym od tysięcy lat. Do czasów Keplera stworzono wiele modeli opisujących te ruchy, w tym model geocentryczny podany przez Ptolemeusza, model heliocentryczny opracowany przez Kopernika oraz model geocentryczno-heliocentryczny Tychona de Brahe. Kepler zadał przyrodzie pytanie: dlaczego planety poruszają się właśnie tak, a nie inaczej? Nie szukał odpowiedzi u filozofów i w świętych pismach tylko zabrał się konkretnie za analizę danych obserwacyjnych i w odpowiedni sposób dociekał głębszej istoty ruchów planetarnych.

Wiele pytań stawianych przez Keplera nie doczekało się jeszcze odpowiedzi. Dla przykładu, Kepler nie zdążył rozwikłać istoty oddziaływań grawitacyjnych i do dziś nikt tego nie uczynił. Grawitacja ma obecnie opis newtonowski i einsteinowski ale dalej nikt nie wie, czym ona w istocie jest. Jeśli przyrodnik konsekwentnie i uczciwie poszukuje odpowiedzi na pytanie „dlaczego?", zajdzie znacznie dalej w swoich dociekaniach niż gdyby stawiał tylko pytanie „jak?". Jeśli filozofowie przyrody chcą dochodzić prawdziwych przyczyn zjawisk przyrodniczych to postawa reprezentowana przez Keplera jest dla nich godnym wzorem do naśladowania. Tę postawę charakteryzuje bowiem nastawienie mentalne badacza na odbiór subtelnych sygnałów przyrody, nie zaś na wmawianie jej jaką ona jest.

Na drodze rozumowania sprzężonego z doświadczaniem realnego świata człowiek jest potencjalnie zdolny do coraz głębszego świadomego zespolenia się z przyrodą i wpływania twórczo na jej przeobrażenia. Jeśli istnieją już gdzieś byty bardziej rozwinięte od człowieka, to oznacza, że wyprzedziły nas pod względem jakości i intensywności rozumowania. Jeśli przyroda zdołała wygenerować jednego Keplera, to bez wątpienia zdolna jest mnożyć ich więcej i więcej. Uczmy się zatem podążać za sprawdzonymi przewodnikami!

Kepler mocno wierzył, że człowiek kiedyś poleci na Księżyc. Kiedy

już to się stało, niektórzy „nowomędrcy” zaprzeczają, że to się wydarzyło! A wśród nich nie brakuje profesorów wyższych uczelni, polityków, generałów, prawników, lekarzy i nauczycieli. Pamiętajmy, za Einsteinem, że trzeba było aż wymyślić w matematyce nieskończoność, żeby było czym mierzyć ludzką głupotę! Do człowieka, który nie myśli, mają swobodny dostęp wszelkie fałszywe treści i niszczą go od środka. W takim świecie dziś żyjemy. Dlatego „być albo nie być” dla gatunku ludzkiego, jak pewnie nigdy wcześniej, zależy od myślenia. I przykre, że Sokratesowe „bezmyślnym życiem żyć człowiekowi nie warto” dla wielu jest większą zachętą ku rezygnacji z życia niż ku podjęciu zdrowego myślenia!

Polecana literatura

[1] Johannes Kepler, 2004, Sen, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa
[2] Johannes Kepler, 2006, *Noworoczny podarek*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa
[3] Jerzy Kierul, 2007, *Kepler*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa
[4] Artthur Koestler, 2002, *Lunatycy*, Poznań, Zysk i S-ka
[5] Michał Heller, 2011, *Podglądanie Wszechświata*, Wydawnictwo Znak, Kraków
[6] Film pt. Agora

W 60-tą rocznicę lotu kosmicznego Gagarina

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

12 kwietnia 2021 w Obserwatorium Królowej Jadwigi

Jubileuszowy Dzień Kosmonautyki miał u „Królowej" charakter bardziej odświętny niż zwyczajowo. Poza najbliższą rodziną właścicieli obserwatorium uczestniczyli w nim gościnnie prof. Piotr Strzelczyk z Politechniki Rzeszowskiej, artysta Władimir Borysowicz Nikolin oraz Piotr Firlej – przewodnik turystyczny. Strzelczyk w swoim wykładzie przybliżył zebranym szczegóły dotyczące „Siemiorki" – rakiety, która wyniosła Gagarina na orbitę. Władimir Borysowicz przyniósł z sobą świeżo namalowany (na zamówienie gospodarzy obserwatorium) portret Jurija Aleksiejewicza.

W klimacie głębokiej refleksji nad wydarzeniem sprzed 60-ciu lat, uczestnicy spotkania żywo dyskutowali różne kwestie związane z lotem kosmicznym Gagarina. Kompetencja i szeroka wiedza Piotra Strzelczyka i Władimira Borysowicza, a także ich dyskusyjny zapał, nadały spotkaniu stosowny ton. Odsłaniały się różne istotne fakty, technologiczne i polityczne, mające związek z radzieckim podbojem kosmosu i jego konsekwencjami na rozwój wydarzeń w świecie.

Szlak turystyczno-edukacyjny „108 minut"

Okrągły jubileusz lotu Gagarina w kosmos obchodzono w 2021 roku, mniej lub bardziej uroczyście, właściwie na całym świecie. Pamięć o wyczynie z 12 kwietnia 1961 roku została odświeżona również w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Przedstawiłem wtedy wstępny projekt zorganizowania pieszego szlaku, niczym wzdłuż orbity, o nazwie „108 minut". Tyle bowiem trwał lot kosmiczny Gagarina. Pomysł się spodobał i dojrzewał do swej realizacji przez kolejne miesiące.

Oficjalne otwarcie szlaku odbyło się 9 września 2021 roku. Uczestniczyło w nim kilkadziesiąt osób, głównie młodzieży szkolnej z Rzepiennika Suchego i z Turzy. Liczną grupę (12 osób) stanowili „analogowi astronauci", przebywający w Rzepienniku. Byli to studenci różnych uniwersytetów europejskich (Francja, Holandia, Włochy, Wielka Brytania, Belgia, Niemcy). Był też obecny prof. Bernard Foing, reprezentujący Europejską Agencję Kosmiczną oraz dr Agata Kołodziejczyk, specjalistka w organizacji analogowych misji kosmicznych. Zamieszczone dalej fotografie upamiętniają otwarcie szlaku i przybliżają czytelnikowi klimat wydarzenia. Otwarcie szlaku zostało zauważone między innymi przez polskiego kosmonautę – Mirosława Hermaszewskiego. Data otwarcia szlaku zbiegła się z 80-tą rocznicą jego urodzin. Mirosław Hermaszewski był mile zaskoczony tym urodzinowym „prezentem". Prof. Virginia Trimble z Uniwersytetu Kalifornijskiego nadesłała gratulacje i w swoim przekazie do młodzieży stwierdziła: "The achievements of Yuri Gagarin and those who followed him into space from the USSR, the USA, and eventually other countries inspired in many young people (often young women) the desire to become astronauts! While most of them did not, many instead became outstanding members of the astronomical and other scientific communities. (I was not one of them, but I'm currently editing a volume of autobiographies by women astronomers, and quite a few mention wanting in childhood to become astronauts.)". Prof. Ivan L. Andronov, z Narodowego Uniwersytetu Morskiego w Odessie, zadedykował otwierającym szlak piękny wiersz Władimira Siemionowicza Wysockiego o locie Jurija Gagarina.

"Я первый смерил жизнь обратным счётом"

Я первый смерил жизнь обратным счётом.
Я буду беспристрастен и правдив:
Сначала кожа выстрелила потом
И задымилась, поры разрядив.
Я затаился и затих, и замер,
Мне показалось – я вернулся вдруг
В бездушье безвоздушных барокамер
И в замкнутые петли центрифуг.
Сейчас я стану недвижим и грузен
И погружён в молчанье, а пока
Горн и меха земных газетных кузен
Раздуют это дело на века.
Хлестнула память мне кнутом по нервам,
В ней каждый образ был неповторим:
Вот мой дублёр, который мог быть первым,
Который смог впервые стать вторым.
Пока что на него не тратят шрифта:
Запас заглавных букв – на одного.
Мы с ним вдвоём прошли весь путь до лифта,
Но дальше я поднялся без него.
Вот – тот, который прочертил орбиту,
При мне его в лицо не знал никто.
Всё мыслимое было им открыто
И брошено горстями в решето.
И словно из-за дымовой завесы,
Друзей явились лица и семьи:
Они все скоро на страницах прессы
Расскажут биографии свои.
Их – всех, с кем вёл я доброе соседство, –
Свидетелями выведут на суд.
Обычное моё босое детство
Обуют и в скрижали занесут.
Чудное слово "Пуск!" – подобье вопля –
Возникло и нависло надо мной.

Недобро, глухо заворчали сопла
И сплюнули расплавленной слюной.
И вихрем чувств пожар души задую,
И я не смел или забыл дышать.
Планета напоследок притянула,
Прижала, не желая отпускать.
Она вцепилась удесятерённо,
Глаза, казалось, вышли из орбит,
И правый глаз впервые удивлённо
Взглянул на левый, веком не прикрыт.
Мне рот заткнул – не помню, – крик ли, кляп ли,
Я рос из кресла, как с корнями пень.
Вот сожрала всё топливо до капли
И отвалилась первая ступень.
Там, подо мной, сирены голосили,
Не знаю – хороня или храня.
А здесь надсадно двигатели взвыли
И из объятий вырвали меня.
Приборы на земле угомонились,
Вновь чередом своим пошла весна.
Глаза мои на место возвратились,
Исчезли перегрузки – тишина.
Эксперимент вошёл в другую фазу.
Пульс начал реже в датчики стучать.
Я в ночь влетел, минуя вечер, сразу –
И получил команду отдыхать.
И неуютно сделалось в эфире,
Но Левитан ворвался в тесный зал –
Он отчеканил громко: "Первый в мире!"
Он про меня хорошее сказал.
Я шлем скафандра положил на локоть,
Изрёк про самочувствие своё...
Пришла такая приторная лёгкость,
Что даже затошнило от неё.
Шнур микрофона словно в петлю свился,
Стучали в рёбра лёгкие, звеня.
Я на мгновенье сердцем подавился –
Оно застряло в горле у меня.
Я отдал рапорт весело, на совесть,
Разборчиво и очень делово.
Я думал: вот она и невесомость,
Я вешу нуль, так мало – ничего!
Но я не ведал в этот час полёта,
Шутя над невесомостью чудной,
Что от неё кровавой будет рвота
И костный кальций вымоет с мочой.

Uczestnicy wydarzenia jeden za drugim podążyli na “miejsce startowe”. Na czele rakieta, następnie dziewczynka w odświętnym stroju ludowym, dalej “Gagarin” w odpowiednim stroju. W dalszej kolejności szli analogowi astronauci i pozostali uczestnicy oraz przedstawiciele mediów. Wszyscy utworzyli szeroki krąg wokół stanowiska startowego rakiety, specjalnie wykonanej na otwarcie szlaku podczas wakacyjnych warsztatów rakietowych. Rakieta miała symbolizować legendarną „Siemiorkę”, najbardziej niezawodną rakietę w historii kosmonautyki, wyposażoną w silniki konstrukcji Walentego Głuszki RD-107 i RD-108. To ta technika otworzyła Erę Kosmosu. Po udanym i widowiskowym starcie rakiety, uczestnicy imprezy wyruszyli na szlak. Treści zamieszczone na poszczególnych planszach były głośno odczytane (po polsku i angielsku) przez Agatę Kołodziejczyk. „Gagarin”, którego rolę pięknie odegrał Dominik Beściak – dziewięciolatek z Rzepiennika Suchego, szedł jako pierwszy. Wydarzenie rozgrywało się przy wspaniałej słonecznej pogodzie. Z lekkim opóźnieniem wędrowcy „wylądowali” na powrót w obserwatorium, gdzie powitała ich ulubiona pieśń Gagarina autorstwa Dymitra Szostakowicza – „Rodina słyszit, Rodina znajet”. Potem odbyła się dekoracja, autografy składane przez “Gagarina”, fotografie, końcowe przemówienia, zwiedzanie okolicznościowej wystawy, poczęstunek. Tak w skrócie można rzecz opowiedzieć. Poniższe fotografie ilustrują wydarzenie z 9 września.

Piotr Firlej, przewodnik turystyczny, maluje znaczek początku szlaku.

Michał i Rafał Kuźmiczowie z rakietą na czele orszaku podążającego w stronę miejsca startu.

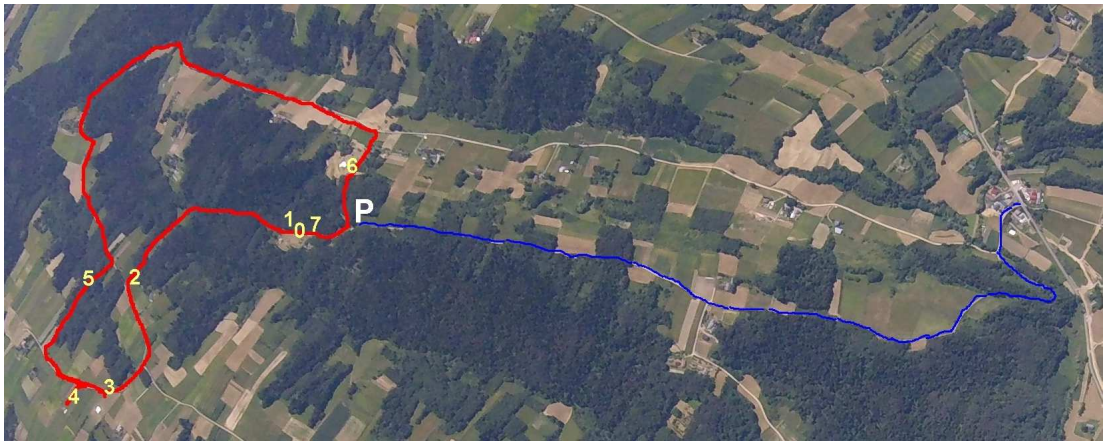
Odpoczynek przy przystanku nr 3, koło budowanego tam habitatu „Grań”.

W drodze ku przystankowi nr 4, w najbardziej oddalonym od środka Ziemi punkcie „orbity". W czołówce od lewej: Prof. Piotr Strzelczyk z Politechniki Rzeszowskiej, Bogdan Wszołek (udający na otwarciu Siergieja Pawłowicza Korolowa), Prof. Bernard Foing z ESA oraz artysta malarz Władimir Borysowicz Nikolin.

Dr Agata Kołodziejczyk na czwartym przystanku. Z tego miejsca przy dobrej przezroczystości atmosfery wspaniale widać Tatry. W tle budowany habitat „Grań".

Dominik Beściak coraz bardziej wczuwa się w rolę Jurija. Tu wskazuje na plansze z instruktażem ćwiczeń błędnika i odporności na przeciążenia.

Po oficjalnym otwarciu szlaku, zapewne dzięki nagłośnieniu medialnemu oraz sprzyjającej aurze, pojawili się pierwsi turyści. Najczęściej w nieformalnych grupkach rodzinnych i koleżeńskich.



Szlak „108 minut” ze stratosfery. Wycinek kadru z filmu wykonanego przez kamerkę podwieszoną do balonu stratosferycznego. Linią niebieską oznaczono na obrazku trasę od przystanku autobusowego „Turza Młynek” na parking przy „Domku Gwiezdnym”. Linia czerwona znaczy trasę szlaku. Przystanki 0, 1 i 7 znajdują się na terenie Obserwatorium Królowej Jadwigi. Przystanki 2, 3, 4 i 5 znajdują się w Rzepienniku Suchym, a przystanek 6 w Turzy.

Pamiętny lot Gagarina – w wybranych cytatach

Jak łatwo się domyślić, reakcje świata na lot kosmiczny Gagarina były powszechne i różnorakie. Spisano na ten temat tomy i tłumaczono je na wszystkie języki świata, żeby do każdego mieszkańca Ziemi dotarła wiadomość o niezwykłym wydarzeniu z dnia 12 kwietnia 1961 roku. Poniżej zamieszczono trochę ważniejszych cytowań, z zamiarem przybliżenia reakcji świata, jak i samego Gagarina, na to co się wtedy wydarzyło.

(Z wypowiedzi samego Gagarina):

„Wskazówki zegara pokazywały 9:07. Usłyszałem świst i narastający huk, poczułem jak gigantyczny statek zadrżał całym swoim korpusem i pomału, bardzo pomału, oderwał się od platformy startowej. Zaczęła się walka rakiety z siłą przyciągania ziemskiego. Huk nie był większy niż ten, który się słyszy w kabinie startującego odrzutowca, ale w nim dało się wyróżnić mnóstwo nowych tonów muzycznych, jakich żaden kompozytor nigdy nie zapisał i jakich nie jest w stanie oddać żaden instrument muzyczny, ani żaden ludzki głos. Potężne silniki rakiety grały muzykę przyszłości, z pewnością jeszcze bardziej wzruszającą i piękną niż najwspanialsze utwory klasyczne."

„Nieważkość – to zjawisko dla nas wszystkich mieszkańców Ziemi, raczej obce. Ale organizm szybko się do niej przystosowuje. Uniosłem się nad fotel, zawisłem swobodnie pomiędzy sufitem i podłogą kabiny, doświadczając wyjątkowej lekkości w całym ciele. Przejście do tego stanu odbywało się łagodnie w sposób płynny. W stanie nieważkości ręce, nogi i całe ciało stały się jakby nie moje. One nic nie ważyły. Nie siedzisz, nie leżysz tylko unosisz się, jakby wisisz w kabinie. To samo dotyczy przedmiotów, których nie przymocowano. Pływają swobodnie w przestrzeni, czasem odbijają się od ścian. Człowiek w stanie nieważkości zachowuje sprawność myślenia, działania i odczuwania. Cały czas przebywania w nieważkości pracowałem: obserwowałem wskazania przyrządów, obserwowałem przez iluminatory, wypełniałem dziennik pokładowy. Pisałem zwykłym ołówkiem grafitowym."

„Orbitując wokół Ziemi w statku kosmicznym, zobaczyłem jaka piękna jest nasza planeta. Ludzie! Będziemy chronić i pomnażać to piękno, a nie niszczyć je!"

„Ziemię z wysokości 175 – 300 km widać bardzo dobrze. Jej powierzchnia wygląda mniej więcej tak jak wtedy, gdy się ją obserwuje z odrzutowca lecącego na dużej wysokości. Bardzo wyraźnie widać łańcuchy górskie, wielkie rzeki, wyspy, jeziora, linię brzegową, bez trudu można konfrontować mapę z przesuwającym się na dole obszarem. Niebo wcale nie

jest niebieskie, lecz zupełnie czarne. Gwiazdy świecą na nim jaskrawiej i wyraziściej niż na niebie oglądanym z Ziemi. Cała Ziemia ma bardzo charakterystyczną i piękną błękitną aureolę. Widać ją bardzo dobrze, gdy się obserwuje horyzont ze statku kosmicznego. Jasnobłękitny pas przy widnokręgu przechodzi stopniowo w ciemny błękit i fiolet, wreszcie w zupełną czerń. Jest to widok niezapomnienie piękny."
Na pytanie dziennikarza (Ile pan zarabia? Czy za swój lot otrzymał pan specjalne wynagrodzenie?) „Moja pensja starcza na pokrycie wszystkich moich potrzeb. Co się tyczy specjalnego wynagrodzenia, to jak wiadomo, otrzymałem tytuł Bohatera Związku Radzieckiego. W naszym kraju jest to najwyższa nagroda."
Na pytanie duchownego (Juriju Aleksiejewiczu, czy tam wysoko w górze zobaczyliście Chrystusa?) „Świątobliwy ojcze, wiecie lepiej ode mnie, czy mogłem go tam zobaczyć."
„Najpiękniejszy widok na Ziemi – człowiek zajęty pracą."

(Z innych wypowiedzi):

„Cokolwiek powiedziałby prezydent (Kennedy – przyp. Red.) i jakąkolwiek wymyśliłby kontrstrategię, nie da się ukryć faktu, że w wyścigu człowieka do przestrzeni kosmicznej wygrał ZSRR. Mimo iż za granicą wytworzyło się wrażenie, że Ameryka jest najbardziej technologicznie rozwiniętym krajem, znalazła się ona teraz na drugim miejscu." (*New York Herald Tribune*).

„Z zapartym tchem, jak cała ludzkość, a przede wszystkim ludzie nauki na całym świecie, uczeni polscy słuchali dumnych meldunków o wystrzeleniu przez Związek Radziecki po orbicie okołoziemskiej sputnika z człowiekiem na pokładzie i jego lądowaniu. Długie pasmo osiągnięć radzieckiej nauki i techniki w opanowaniu przestrzeni kosmicznej zostało uwieńczone sukcesem o niezwykłej wprost doniosłości. Lot majora Gagarina otwiera drogę do dalszych triumfów w opanowaniu przestrzeni międzyplanetarnej, do podjęcia bezpośrednich obserwacji z pokładu statków okołoziemskich i międzyplanetarnych, a tym samym do lepszego poznania istotnych dla rozwoju nauki problemów astronomicznych, geofizycznych, biologicznych i medycznych." (*Z listu Polskiej Akademii Nauk do uczonych z Akademii Nauk ZSSR*).

„[...] piękne kwiaty złożyliśmy pod pomnikiem pioniera kosmosu, Jurija Gagarina, w dowód wielkiej wdzięczności za to, że nam wszystkim przetarł drogę w Kosmos, a zawsze po przetartej ścieżce postępuje się łatwiej. Każdy kosmonauta składa Gagarinowi hołd. Jura jest zawsze obecny na

pokładzie. Każda załoga zabiera ze sobą jego portret. Jest Jura honorowym członkiem załogi. Jura Gagarin zrobił to, do czego upoważnił go naród i do czego upoważniła go radziecka nauka. Siergiej Korolow był twórcą radzieckiej potęgi kosmicznej, którą zbudował w oparciu o teorię Ciołkowskiego. Oddał on całe swoje umiejętności, swoje najlepsze zdolności i energię swojego życia po to, żeby Jura mógł wzlecieć pierwszy. Był także pilotem i marzył o locie w Kosmos, jednakże swoje młodzieńcze marzenia oddał Gagarinowi. I ten ich wspólny sukces uczynił z nich nierozerwalną parę. To on dał Jurze sygnał do startu w Kosmos. Cóż wtedy myślał? Cóż myślał jako człowiek i jako konstruktor? Cóż myślał o tym pierwszym. Wówczas, kiedy 108 minut owładnęło światem. My jesteśmy kontynuatorami tych pionierskich wydarzeń, a kto wie, a może jesteśmy jeszcze pionierami? Do dnia dzisiejszego uczyniono wiele. A co będzie za kilkadziesiąt lat? Gdzie, jak daleko, w jakim składzie i na jakiej technice polecą nasi następcy?" (*Mirosław Hermaszewski w filmie „Polak w kosmosie"*).

Mniej znane fakty dotyczące Gagarina

Jurij Gagarin, jeszcze jako podchorąży w szkole lotniczej, długo miał problemy z poprawnym lądowaniem. Zachodziła nawet obawa, że z tego tytułu nigdy nie zostanie pilotem wojskowym. Podczas jednego z lotów szkoleniowych z instruktorem, po wzorowym zaliczeniu wszystkich ćwiczeń w powietrzu, przyszło do lądowania. Ku ogromnemu zaskoczeniu instruktora, Jurij wylądował celująco. Zapytany, kto go tak wspaniale nauczył lądować, odparł, że sam znalazł rozwiązanie problemu; po prostu podłożył sobie na fotelu poduszkę, która rekompensowała jego mały wzrost (157 cm) i dzięki której mógł lepiej widzieć pas lądowiska. Karierę lotniczą i kosmiczną zawdzięczał Gagarin – poduszce!

Do ostatniej chwili nie było wiadomo kto poleci w kosmos pierwszy; Gagarin czy jego dubler Titow. Służby medyczne postanowiły przeprowadzić badania jakości snu u kandydatów w noc bezpośrednio poprzedzającą lot. W łóżkach zainstalowano czujniki rejestrujące każde poruszenie. Ten, który mniej się będzie wiercił podczas snu, miał polecieć. W rezultacie, ani Gagarin ani Titow nie zasnęli nawet na moment tej nocy, w skupieniu unikając choćby najmniejszego poruszenia. Tortura ta nie przeważyła szali na korzyść żadnego z kandydatów.

O wyborze Jurija Gagarina na pierwszego kosmonautę miał ponoć zdecydować tak naprawdę sam Siergiej Korolow, Naczelny Konstruktor, któremu wtedy nikt nie miał odwagi narzucić czegokolwiek i u którego

Gagarin miał szczególne poważanie. Według jednych Jurij Aleksiejewicz wcześnie przypadł Siergiejowi Pawłowiczowi do gustu. Podczas pobytu w gabinecie Korolowa Jurij Gagarin wywarł na nim bardzo dobre wrażenie, gdyż uważnie słuchał i zadawał celne pytania dotyczące kosmosu i rakiet. Wbrew ogólnym oczekiwaniom współobecnych tam kandydatów, Naczelny Konstruktor, przy swoim wybitnie autorytarnym stylu bycia, nie zrugał Gagarina za bezpośredniość, przeciwnie, było widać, że jest zadowolony. Powiedział Jurijowi żeby wstał, po czym rzekł: „Opowiedz mi, Orzełku, o swoim życiu i rodzinie". Przez kilkanaście minut Gagarin opowiadał, a Naczelny zamienił się w słuch. Wyglądało, że polubił Jurija. Inni zeznają, że drugie zdarzenie mogło bardziej przekonać Korolowa do Gagarina. Naczelny Konstruktor zaprosił kandydatów na kosmonautów, aby zajrzeli do wnętrza testowego statku Wostok. Trzeba było wejść po drabinie do otwartego włazu kabiny. Gagarin ochoczo wysunął się naprzód. „Pozwolicie, Siergieju Pawłowiczu?" Zrzucił buty i szybko wdrapał się na górę. Dlaczego tak zrobił? W Rosji na wsi ludzie zdejmują buty przed wejściem do czyjegoś domu, to oznaka szacunku. Według świadków zdarzenia, właśnie ten moment zdjęcia butów, zadecydował o tym, kto zostanie tym pierwszym.

Lot kosmiczny Gagarina miał się odbywać całkiem automatycznie, bez angażowania się pilota-kosmonauty w sterowanie statkiem. Jednak, na wszelki wypadek, istniała też konsola sterownicza, żeby kosmonauta mógł w razie potrzeby przejść na sterowanie ręczne. Służby medyczne doszukały się w tym rozwiązaniu niebezpieczeństwa i apelowały do organizatorów lotu o pozbawienie kosmonauty możliwości decydowania o tym, czy przejść na sterowanie ręczne. Argumentowały, że kosmonauta w warunkach skrajnych może postradać zmysły i bezzasadnie wziąć sterowanie w swoje ręce i doprowadzić do katastrofy. Politycy zaś mieli obawy, czy aby Kosmonauta nie zechce wylądować w Ameryce. Doszło do takiego kompromisu, że klawiatura konsoli będzie zablokowana podczas lotu. Jeśli zaistnieje potrzeba, wtedy naziemna obsługa lotu przekaże kosmonaucie drogą radiową kod do odblokowania konsoli. Mimo uszu puszczono istotny argument merytoryczny, że przejście na sterowanie ręczne najpewniej będzie potrzebne w przypadku awarii łączności radiowej ze statkiem, a wtedy kodu nie da się dostarczyć. Na szczęście, zdradzono Gagarinowi przed startem, bodajże największą wtedy tajemnicę państwową, kod odblokowujący konsolę: *325*. Wiadomo, że Jurij dostał ten kod niezależnie od przynajmniej czterech osób, podzielających jego resentyment do lekarzy. Siergiej Korolow zrobił to jako pierwszy. Spokojniejszy o przebieg lotu mógł dać Jurze sygnał do startu – „Nu,

pojechali!”

Jurij Gagarin, w Akademii im. Żukowskiego w Moskwie, pisał pracę dyplomową o samolotach kosmicznych. Wiele z tej pracy Gagarina wykorzystano przy budowie wahadłowców amerykańskich.

Uwagi końcowe

Lot kosmiczny Gagarina wymagał od niego samego dużej i wielorakiej wiedzy, a także sprawności szybkiego podejmowania optymalnych decyzji. Nigdy by tego nie osiągnął bez odpowiednich studiów w najlepszych lotniczych uczelniach Związku Radzieckiego. Jurij też musiał być odważny, jak wszyscy piloci wojskowi na świecie. Prawdziwy żołnierz jest w każdej chwili gotowy dać z siebie wszystko, łącznie z życiem, w imię słusznej sprawy. Wszystkie te ważne cechy indywidualne pilota-kosmonauty należy jednak traktować jako czynnik mało istotny dla odbycia szczęśliwego lotu. Sam Gagarin ciągle powtarzał, że chwała za ten sukces nie należy się jemu, ale społeczności ludzi pracy i nauki; tak w Związku Radzieckim jak i poza jego granicami.

Czy Polacy w jakiś sposób też przyczynili się do uskutecznienia lotu Gagarina? Ależ oczywiście! Weźmy choćby sprawę wykorzystanego w tym locie paliwa rakietowego, nafta i ciekły tlen. Zygmunt Wróblewski i Karol Olszewski, profesorowie Uniwersytetu Jagiellońskiego, jako pierwsi w świecie skroplili tlen i inne gazy. Z kolei Ignacy Łukasiewicz, pionier światowego przemysłu naftowego, istotnie przysłużył się do rozwoju kopalnictwa naftowego i technik wytwarzania nafty na skalę przemysłową.

W sam tylko program księżycowy Apollo było zaangażowanych bezpośrednio około 500 tysięcy naukowców i inżynierów z całego świata. Były wśród nich również osoby o polskich korzeniach. Przykładowo Patrycja Wszołek, wtedy doktorantka w Uniwersytecie Kalifornijskim (Berkeley), analizowała spektroskopowo materiał sprowadzony z Księżyca.

Wielkie wydarzenia w historii dziejów ludzkich biorą się z wysiłku zbiorowego. Ta zbiorowość obejmuje zarówno ludzi na Ziemi żyjących w danym czasie, jak i cały ciąg poprzedzających pokoleń. Do takich wydarzeń z pewnością należy lot Gagarina. Każda zatem uczciwa praca, fizyczna czy umysłowa, ma głęboki sens i wcześniej czy później zaowocuje czymś dobrym.

Nawet tak drobne przedsięwzięcie, jak opracowanie i oddanie do użytku szlaku “108 minut” w Rzepienniku, wymagało zaangażowania się

wielu osób spoza wąskiego kręgu merytorycznego. Należy się wdzięczność rodzinom Kusiaków, Beściaków, Kucharskich i Wachowiczów za udostępnienie swoich gruntów prywatnych na potrzeby szlaku. Wanda i Stanisław Kusiakowie nie tylko oddali pod stopy turystów swoją łąkę i las na długości 250 metrów, ale jeszcze własnym sumptem wykonali przecinkę leśną i mostek nad strumykiem. Przez trzy dni we dwójkę doprowadzali naturalną dzicz leśną wzdłuż szlaku do standardów turystycznych. Treści przewidziane na plansze dydaktyczne zostały grzecznościowo przetłumaczone na język angielski przez Barbarę Ołpińską (Amerykankę). Marian i Barbara Ołpińscy dokonali także korekty tekstu w języku polskim. Wielka wdzięczność należy się również Piotrowi Firlejowi, który oznaczył na biało-czerwono szlak w terenie i na wiele sposobów, jako przewodnik turystyczny, kompetentnie angażował się w jego przygotowanie do użytkowania i o nagłośnienie medialne o jego zaistnieniu. Ceremonia otwarcia szlaku nie miałaby tak dostojnej oprawy i nie byłaby tak atrakcyjna medialnie, gdyby nie oddane zaangażowanie wielu osób. Tu znowu wdzięczność należy się rodzinom Beściaków, Kusiaków i Bajorków, za wykazaną troskę o stronę estetyczną i symboliczną uroczystości. Start modelu rakiety przed wyruszeniem na szlak zabezpieczył Andrzej Chwastek z Polskiego Towarzystwa Rakietowego przy pomocy ze strony rodziny Kuźmiczów. Nie sposób przemilczeć gromadnego udziału w otwarciu szlaku młodzieży szkolnej. Tu chwała tym nauczycielom, którzy się zatroszczyli o to. Specjalny ukłon należy się w stronę Agaty Kołodziejczyk, która nie tylko zadbała, żeby otwarcie miało wymiar międzynarodowy, ale też pięknie odczytała na głos teksty na tablicach wzdłuż szlaku. System nagłaśniający tych czytań kompetentnie obsługiwala siostra zakonna Anna Wszołek.

Polecana literatura

[1] Doran J., Bizony P., 1998, (oryg.) *Starman*, (przekład na język Polski) „*Gwiezdny bohater*", Prószyński i S-ka

[2] Gagarin J. A., 1963, *Droga w kosmos*, Państwowe Wydawnictwo Literatury Dziecięcej, Moskwa (w języku rosyjskim)

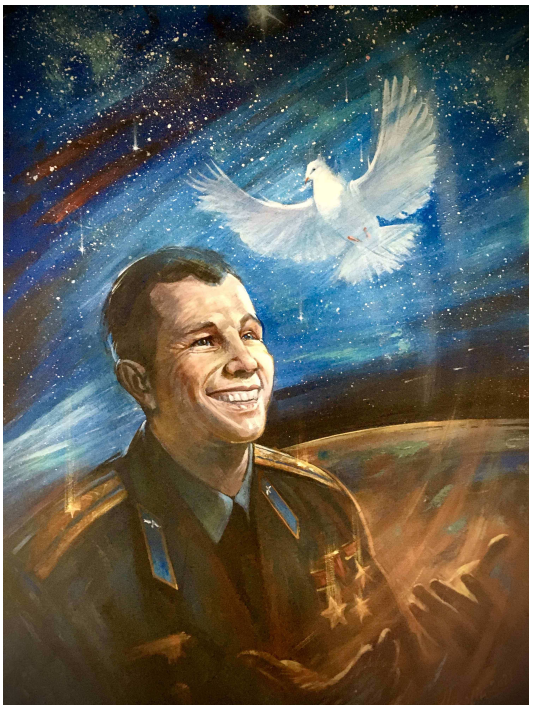
[3] Hermaszewski M., 2009, *Ciężar nieważkości*, wyd. Universitas, Kraków

[4] Kulicki W., Markiewicz R., 1961, *Pierwszy Kosmonauta*, Wiedza Powszechna

Kosmiczny cud?

Władimir Borysowicz Nikolin

Wolny artysta – między Krymem, Lwowem, Krakowem i Turzą



To płótno zadedykowałem człowiekowi najwspanialszej epoki, twórcy i budowniczemu wspólnego dobra, człowiekowi, który wziął na siebie wiele pracy i wykazał wiele odwagi, który wchłonął wszystkie osiągnięcia ludzi żyjących w nowym młodym państwie. Ludzi, którzy pokonali trudności wojny domowej i światowej, ludzi, którzy stworzyli nowy system wartości na przełomie cywilizacyjnym, ludzi, którzy wchłonęli i zachowali historyczne tradycje minionych pokoleń, ich idee i marzenia, związane z korzeniami rosyjskiego oświecenia i klasycznych nauk przyrodniczych, przeplatane mityczną świadomością wspólnotowej wiary prawosławnej, wedyjskiej kultury ludowej – znanej jako „Rosyjski Kosmizm" lub „Sobornost".

12 kwietnia 1961 Jurij Aleksiejewicz Gagarin wykonał pierwszy w historii lot kosmiczny, otwierając drzwi do nowego świata i kolejnego etapu rozwoju całej ludzkości. Stary świat przyjął to wydarzenie jako CUD!

Malując portret Gagarina i lepiej pojmując wielkie wydarzenie tamtych lat, dostrzegłem naturalność i nieuchronność tego „cudu". Zdarzył się on pod wpływem nowo narodzonej siły, która po raz pierwszy radykalnie zmieniła system wytwórczych wartości na korzyść większości ludzi i uwolniła ogromne zasoby ludzkich mocy twórczych. W związku z wydarzeniem z października 1917 świat został podzielony na dwa przeciwstawne systemy, na dwa światopoglądy, gdzie nowy system rzucił wyzwanie staremu. Młoda Rosja podjęła, w skrajnie trudnych i wrogich sobie warunkach, próbę szybkiego osiągnięcia poziomu zaawansowanych krajów kapitalistycznych. Aby nie upaść szukała optymalnych dla swego rozwoju oryginalnych rozwiązań, przy czym nie obeszło się bez błędów. Krwawe utarczki wewnętrzne i zewnętrzne dla obrony komunistycznego ustroju spowalniały rozwój, ale też hartowały narodowego ducha. W roku 1922 powstał Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich, ze stolicą w Moskwie i z Republiką Rosyjską jako dominującą. Było to historycznie pierwsze państwo komunistyczne. Poddany ciężkiej próbie wyczerpującej wojny z faszystowskimi Niemcami, Związek Radziecki, nadludzkim wysiłkiem swoich obywateli, podjął na nowo próbę odbudowy kraju, wyjścia z nędzy i pokazania sobie oraz światu, że komunizm może dla planety Ziemia i jej mieszkańców dokonać znacznie więcej niż kapitalizm. I tak, wystarczyło piętnaście trudnych lat ciężkiej pracy, fizycznej i intelektualnej, pod prąd wszelkim wrogim systemowi siłom, by stał się ten „cud"! Znosząc kolosalną wyższość przeciwnych sił zewnętrznych, budując wiarę i przywołując tradycje i patriotyzm minionych pokoleń, wzmacniając tym swoje możliwości twórcze, ludzie sami w naturalny sposób dokonali tego cudu.

W życiu praktycznym każdy człowiek pokonuje przeszkody i trudności, planuje i ulepsza, kocha i nienawidzi, wstaje i upada i znowu wstaje ... wszystko, co jest na świecie, uzupełnia sferę naszego życia. Im bardziej osoba jest indywidualna, tym trudniej jest jej realizować swoje zdolności twórcze w sferze heterogenicznej rywalizacji religijnej. Właśnie tego dowiodła nowa społeczność radziecka, łącząc w jedno ogólny potencjał twórczy ludzi jednej idei.

Kto ma uszy, niech słucha, kto ma oczy, niech patrzy, a patrzący zobaczy, że antropocentryzm kapitalistycznego kierunku rozwoju w jego materialno-mechanistycznej strukturze jest prosty i podporządkowany elementarnym prawom władcy z centrum (cezar, król, władca, dyrektor, itp.), a lud, jako siła mechaniczna, wiruje jak wiewiórka w kole, napędzając niewolniczo cywilizację jakiegoś „potwora". Żyjemy w organizmie

biosfery, w którym – czy nam się to podoba, czy nie – działają konsekwencje interakcji; wyższe cele są podnoszone do nieba, a samolubne cele zysku są ściągane do piekła, dał, otrzymał, zabił, ukradł, oszukał... wszystko to wraca jak bumerang; napędzając lub spowalniając procesy życiowe. Chciałoby się powiedzieć – nie proście waszego ojca o fałszywe skarby, ani o ziemskie błogosławieństwa, jak proszą grzesznicy, ale proście Ojca Wszechświata o wskazanie słusznego kierunku rozwoju. Spoglądając w twarz pierwszego zdobywcy kosmosu, widzę w jego oczach blask odległych gwiazd i uśmiech – ogień nieugaszonego pragnienia nieustającej zespołowej aktywności twórczej. Dla każdej światłej osoby, o otwartych zmysłach na „głos" przyrody, jest oczywiste, że „pełnia bytu" oznacza absolutne zjednoczenie z istotą Boską, z której wspaniałością powinna korelować aktywność jednostki. Dążenie do ideału, w którym najwyższym celem nie jest maszyna, ale duchowo rozwinięta osoba, ogół jej sił twórczych. Takich myślicieli rosyjskich i radzieckich, jak N. F. Fiodorow, K. E. Ciołkowski, N. G. Kholodny, A. A. Bogdanow, W. I. Wiernadski, W. P. Kaznaczejew, Yu. M. Osipowa ... można bezpiecznie zaliczyć do twórców i wyrazicieli idei jedności człowieka i Kosmosu, wszechjedności między człowiekiem i Wszechświatem. W ustroju sowieckim człowiek i społeczeństwo były postrzegane jako organiczne części Kosmosu, generowane przez niego i nierozerwalnie z nim związane. Idea jedności człowieka i Wszechświata była rozumiana, jako naturalne prawo człowieka do badania Kosmosu i wywierania nań swojego wpływu.

Aby zrozumieć jakikolwiek cud, trzeba go najpierw poznać i przekontemplować. Koniecznie trzeba uwzględnić przy tym dziedzictwo przodków, oczyścić ziarno z łuski, i uświadomić sobie naturalne prawo do istnienia, postudiować „Kosmizm" i potraktować „Wiarę" jako rodzaj wiedzy, którą należy wykorzystać w praktyce! „Sobornost" można wytłumaczyć, ale trudniej jest ją zrozumieć. Przedstawia się to mniej więcej tak: żyjąc, zbieramy się w przestrzeni i czasie, jako integralny organizm, zbieramy się z oddzielnych, wzajemnie wykluczających się elementów, cząsteczek, komórek, stanów psychicznych, wizualnych i dźwiękowych, wibracji itp.; podobnie jednoczymy się w rodzinie, narodzie, zbieramy się do ludzkości i włączamy cały kosmiczny świat w jedność ludzkości.

Nowy system społeczności radzieckiej pomógł zrozumieć człowieka, że jest mieszkańcem planety i musi myśleć i działać nie tylko w aspekcie jednostki, rodziny, narodu, ale także w aspekcie planetarnym. Według W. I. Wiernadskiego, „eksplozja myśli naukowej w XX wieku została przygotowana przez całą przeszłość biosfery, ma najgłębsze korzenie

w jej strukturze. Nie może się zatrzymać i wrócić". Biosfera nieuchronnie przejdzie do Noosfery, a w życiu zamieszkujących ją ludów nastąpią wydarzenia, które są niezbędne do procesu przebudzenia i nie zaprzeczają temu procesowi.

Nasz współczesny świat, jak nigdy dotąd, potrzebuje zdrowego światopoglądu. Człowiek musi otworzyć szeroko oczy na otaczający świat i zacząć myśleć logicznie! Przejawem żywej etyki i kultury jest głęboki szacunek dla światła (oświaty, oświecenia, prawdy). W dobie panoszenia się wielu alogicznych absurdów, fałszywych wiadomości i manipulowanych informacji, współczesny człowiek mimowolnie przyjmuje fałszywy światopogląd jako prawdziwy, w wyniku czego jest gotów walczyć o fałszywe ideały, które są mu umiejętnie narzucane przez zewnętrzne siły, odbierające mu cały ogromny ludzki potencjał. Rzeczywistość dzisiejszego świata, jego technokratyzm i biorobotyzacja człowieka, wiąże się jednocześnie z kultywowaniem w kulturze ducha konsumpcjonizmu, utrzymywaniem sztucznego rozwoju potencjału militarnego przez struktury władzy w celu utrzymania dominującej władzy centralnej, hamuje naturalny rozwój ludzkiej woli i degraduje kosmiczny światopogląd.

Rdzeń kosmizmu – idea aktywnej i twórczej ewolucji osoby stojącej na szczycie przestrzeni życiowej, ma urzeczywistniać się jako odpowiedzialny element procesu światowego. Działalność istoty ludzkiej determinuje nie tylko jej własne przeznaczenie, ale także przeznaczenie całej planety, a w dalszej perspektywie – całego Wszechświata. Rozwój duchowy i idee naszych przodków oparte na prawach natury dały początek sukcesom radzieckiej kosmonautyki i pokazały prawdziwość obranego kierunku, który wyzwolił ogromny potencjał sił twórczych Człowieka.

Autor na rzepiennickim szlaku honorującym lot Gagarina (wrzesień, 2021).

Wostok 1 – w 60 rocznicę pierwszego lotu człowieka w kosmos

Piotr M. Strzelczyk

Politechnika Rzeszowska, Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Zanim poleciał Wostok

Rakieta nośna „Wostok" wywodzi się w prostej linii od pocisku balistycznego 8K71, inaczej R7 (kod NATO: SS-6 „Sapwood"), tzw. „Siemiorki" (Siódemki). Jej generalny układ konstrukcyjny został zachowany w rakietach „Wostok", „Łuna", „Mołnia", „Woschod" i „Sojuz". Była to rakieta dwustopniowa na ciekłe materiały pędne: naftę lotniczą i ciekły tlen. Pierwszy stopień korzystał z czterech silników RD-107 umieszczonych wokół piątego silnika RD-108, będącego również silnikiem drugiego stopnia. Po wypaleniu paliwa z silników RD-107, były one odrzucane, a dalszy lot rakieta kontynuowała przy użyciu silnika RD-108. Ciąg startowy zespołu napędowego wynosił: 3 904 kN.

Rakieta ta miała 34 m wysokości i średnicę 10.3 m u podstawy, a masa startowa wynosiła 280 ton. Masa ładunku: 5.5 t dla R7 i 3t dla R7A. W ewentualnych zastosowaniach militarnych zasięg pocisku miał wynosić ok. 8000 km, a bezwładnościowy z radiową korekcją system naprowadzania zapewniał elipsę rozrzutu 2.5 $\times$ 5 km, z maksymalnym odchyleniem do 10 km. Głowica termojądrowa mogła mieć moc około 3 Mt TNT.

Pierwszy test rakiety R-7, wystrzelonej z Plesiecka, miał miejsce 15 grudnia 1959 roku. Zmodyfikowana rakieta R-7 posłużyła do wyniesienia w 1957 roku pierwszego sztucznego satelity „Sputnik 1". Ta rakieta nośna, oznaczona jako Sputnik 8K71PS została zbudowana w dwóch egzemplarzach i wyniosła satelity „Sputnik 1" i „Sputnik 2" (z psem Łajka na pokładzie, 3 listopada 1957 r.). W rdzeniu rakiety znajdował się czterokomorowy silnik RD-108-8D75PS o ciągu w próżni: 713.6 kN

Rakiety rodziny R-7

(I_{sp} =241 s) i 912 kN (I_{sp} = 308 s) na poziomie morza. Ciśnienie w komorach spalania 53 bary. Czas pracy 340 s. Masa tego silnika wynosiła 1250 kg.

Rdzeń rakiety otaczały cztery, czterokomorowe boostery (stopień zerowy rakiety). Sputnik 8K71PS-0, o ciągu startowym (dla pojedynczego modułu) 971.2 kN (I_{sp} =250 s), był wyposażony w silniki RD-107-8D74PS pracujące z ciśnieniem spiętrzenia 60 bar. Masa takiego silnika wynosiła:1155 kg, a czas pracy 146 s.

W następnym etapie skonstruowano rakietę „Łuna 8K72". Była to de facto trzystopniowa rakieta balistyczna o zdolnościach orbitalnych i okołosłonecznych. Ten typ rakiety wykonał ogółem dziewięć startów z czego tylko trzy były udane. Udźwig rakiety wynosił 4000 kg na LEO i 280 kg na orbitę okołosłoneczną. Ciąg startowy wynosił 3 957 kN. Długość 30.84 m, średnica rdzenia 2.6 m, a masa całkowita 277 t.

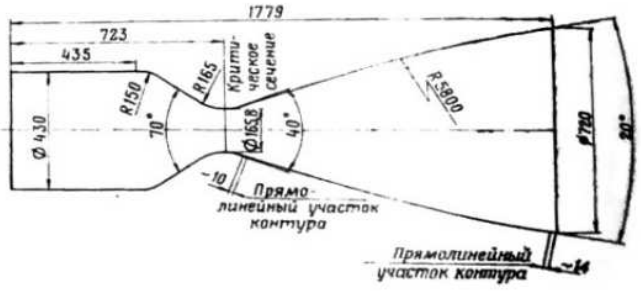
„Łuna 1"nie trafiła w cel, minęła Księżyc w odległości 5995 km, w dniu 4 stycznia 1959 r. Stała się jednak pierwszym statkiem kosmicznym, który wydostał się z grawitacyjnego przyciągania Ziemi. „Łuna 2" z kolei rozbiła się o powierzchnię Księżyca 3 września 1959 r. Około 30 minut później w Księżyc uderzył trzeci stopień rakiety nośnej, która wyniosła Łunę 2. Starty te poprzedziły dwie katastrofy rakiet 8K72 z sondami księżycowymi na pokładach.

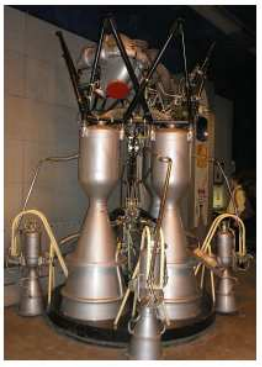
Największym sukcesem było pomyślne wysłanie w stronę Księżyca

sondy „Łuna 3" (4 X 1959 – 29 IV 1960), która dostarczyła pierwsze zdjęcia odwrotnej strony Księżyca. Chociaż zdjęcia były słabej jakości, to umożliwiły stworzenie pierwszej wersji atlasu niewidocznej strony Księżyca, porównanie obu półkul oraz skonstruowanie pierwszych trójwymiarowych modeli Srebrnego Globu. Rozwinięciem konstrukcji „Łuny" była rakieta „Wostok".

Rakieta Wostok

Rakieta Wostok 8K72K powielała układ konstrukcyjny swych poprzedników. Stopień główny, rdzeń (pełniący za razem rolę stopnia drugiego), Wostok 8K72-1z silnikiem czterokomorowym RD-108-8D75, o ciągu startowym 912 kN (I_{sp}=248 s) i czasie pracy 310 s. Był on otoczony czterema boosterami Wostok 8K72-0 z silnikami RD-107-8D74 o ciągu startowym 970 kN (I_{sp}=256 s) i czasie pracy 120 s. Dodano tu stopień orbitalny Wostok 8K72-2, napędzany jednokomorowym silnikiem RD-0105 o ciągu 49.4 kN (I_{sp} = 316 s) i maksymalnym czasie pracy 440 s. Wszystkie te silniki zasilane były ciekłym tlenem i naftą lotniczą. Zespół napędowy dawał ciąg startowy 3894.25 kN, przy masie startowej m_{TO} = 281 375 kg. Rakieta ta mogła wynieść do 4730 kg na orbitę o wysokości 200 km. Sama konstrukcja rakiety to klasyczna duralowa konstrukcja półskorupowa („semimonocoque"). Wysokość rakiety wynosiła 30.84 m a, średnica jej rdzenia 2.99 m. Spośród 13 startów rakiety, udanych było 11.

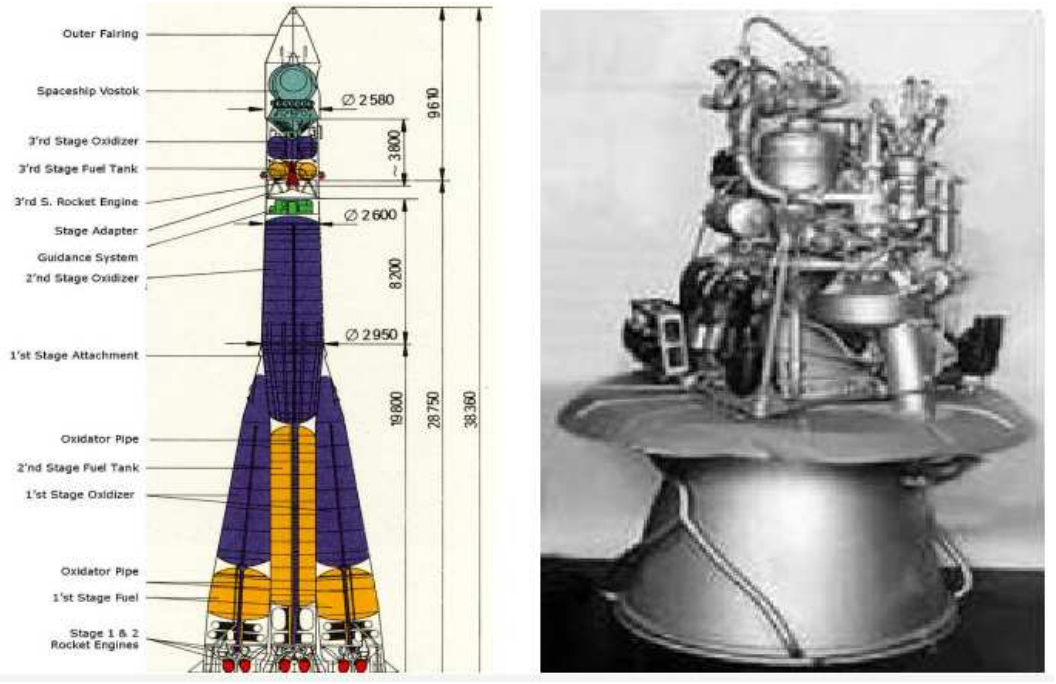




Zarys teoretyczny modułu komory spalania i dyszy silnika RD-107-8D74 i kompletny silnik.

Na podstawie znanej geometrii modułu silnika, autor oszacował, że liczba Macha gazów wylotowych wynosiła Ma_w=4.20 a na wlocie do dyszy Ma_0 =0.10, przy założeniu, że produkty spalania są gazem trój- (i więcej) atomowym (wtedy wykładnik adiabaty Poissona wynosi κ=4/3, a rozprężanie jest adiabatyczne).

Rakieta ta została użyta do wynoszenia prototypów pierwszych radzieckich załogowych statków kosmicznych, oznaczonych jako „Korabl-Sputnik” 1, 2, 3, 4 i 5. Rakiety tego właśnie typu użyto 12 kwietnia 1961 roku. do wystrzelenia pierwszego człowieka w przestrzeń kosmiczną.



Układ konstrukcyjny rakiety Wostok 8K72K [3] oraz silnik RD-0105 [1].

Statek Wostok

Układ konstrukcyjny statku załogowego „Wostok” wykazuje uderzające podobieństwo konstrukcyjne do satelitów rozpoznania fotograficznego typu „Zienit” i „Resurs” z odzyskiwanym sferycznym przedziałem aparaturowym.

Od września 1957 do stycznia 1958 r. sekcja Tichonarowa badała warunki nagrzewania, temperatury powierzchni, materiały osłon termicznych i możliwe do uzyskania maksymalne ładowności dla szerokiej gamy form aerodynamicznych z hipersonicznymi wartościami doskonałości (stosunek siły nośnej do oporu) w zakresie wartości od 0 do 4. Obliczenia trajektorii parametrycznej wykonano za pomocą kolejnych przybliżeń na komputerze elektromechanicznym BESM-1 [1]. Stwierdzono, że temperatury równowagi dla uskrzydlonych statków kosmicznych o najwyższych stosunkach L/D przekraczają możliwości dostępnych metod konstrukcji ze stopów żaroodpornych. Te projekty miały również najmniejsze ładunki użyteczne. Ostateczny wniosek brzmiał: Doskonałość aerodynamiczna powinna być większa od zera, między 0.0 a 0.5, aby zapewnić siłę nośną i zmniejszyć siły przeciążenia w stosunku do czysto

balistycznego powrotu na Ziemię. Forma statku kosmicznego powinna mieć kształt stożka z zaokrąglonym nosem i kulistą podstawą, o maksymalnej średnicy 2.0 m. Taki kształt zastosowano później dla kapsuły Sojuz. Pilot miałby katapultować się na wysokości kilku kilometrów i lądować na spadochronie. Kapsuły nie udałoby się odzyskać.

Konieczność udoskonalenia projektu lądownika wytwarzającego siłę nośną wydawała się poważną przeszkodą w realizacji szybkiego harmonogramu programu. Tymczasem w kwietniu 1958 roku, badania medycyny lotniczej z udziałem ludzi w wirówce wykazały, że piloci mogą wytrzymać przeciążenia do 10 g bez skutków ubocznych. Umożliwiło to zaprojektowanie czysto balistycznej kapsuły. Najprostszą taką formą była kula, posiadająca takie same właściwości aerodynamiczne przy wszystkich kątach natarcia i przy wszystkich prędkościach. Umieszczając środek masy za środkiem kuli, lądownik naturalnie przyjąłby właściwą orientację do wejścia atmosferycznego.

Statek Wostok [2], [10].

Konstrukcja Wostoka składała się z dwóch części: sferycznej kabiny załogowej SA o masie 2400 kg i modułu serwisowego PO o masie 2300 kg i kształcie stożka, wyposażonego w silnik hamujący typu TDU-1 o ciągu w próżni 15.7 kN. Moduł serwisowy był odrzucany przed rozpoczęciem powrotu. Ochronę termiczną lądownika stanowiła głównie tkanina azbestowa, impregnowana żywicą bakelitową. Maksymalna grubość osłony termicznej w części czołowej wynosiła 110 mm, a minimalna 40 mm.

Statek Wostok był przewidziany dla jednego kosmonauty, w skafandrze kosmicznym. Był wyposażony w fotel wyrzucany do awaryjnego opuszczenia statku w początkowej fazie startu oraz do lądowania na Ziemi. Statek miał dwa okna: jedno nad głową kosmonauty we włazie wejściowym, drugie u jego stóp, wyposażone w urządzenie optyczne „Wzor”

do orientacji statku kosmicznego względem horyzontu ziemskiego. Urządzenie peryskopowe „Wzor", montowane na podłodze kabiny, miało widok centralny i osiem portów ułożonych w okrąg wokół środka. Kiedy statek kosmiczny będzie idealnie wyśrodkowany względem horyzontu, wszystkie osiem portów będzie oświetlonych. Wyrównanie wzdłuż orbity oceniano, ustawiając linie na głównym teleskopie, aby zrównały się z krajobrazem przepływającym poniżej. W ten sposób statek kosmiczny mógłby być prawidłowo zorientowany do manewru wejścia w powietrze. „Wzor" był oczywiście użyteczny tylko podczas orbitalnego dnia. Sterowanie położeniem zapewniały silniki na gaz zimny do orientacji na orbicie. Sterowanie położeniem podczas wejścia atmosferycznego było pasywne, grawitacyjne. Właściwą orientację osłony termicznej względem napływającego ośrodka zapewniało odpowiednie wyważenie kapsuły.

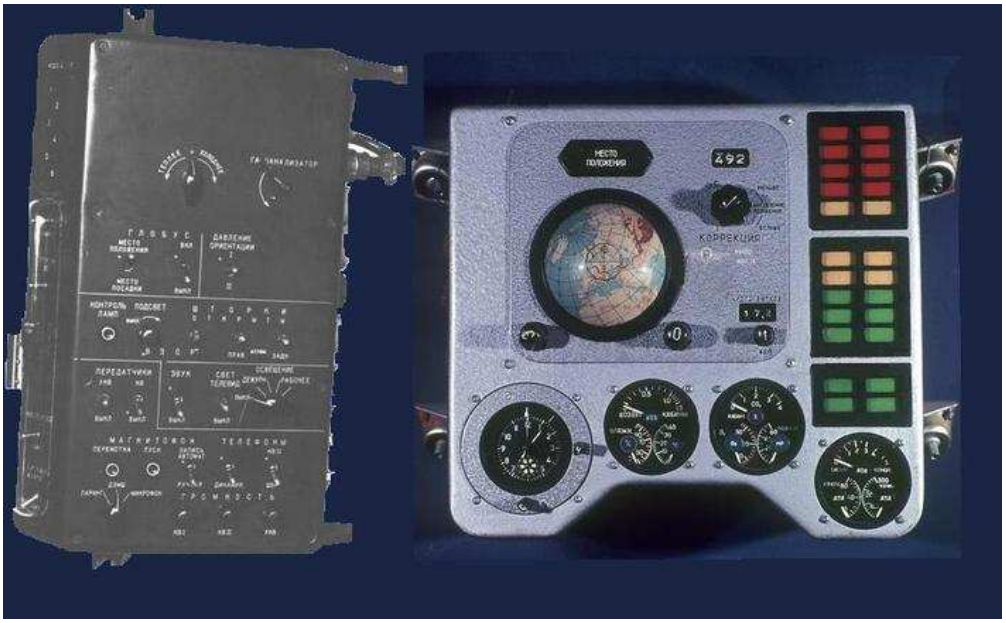
Głównym problemem tego rozwiązania było to, że „Wostok" był zdolny tylko do czysto balistycznego powrotu, co oznacza przeciążenia na poziomie 8 g dla załogi przy powrocie z orbity okołoziemskiej. Powrót „ Wostoka", „Woschoda" i „Merkurego" był czysto balistyczny, ale „Gemini", „Apollo" i „Sojuz" miały przesunięty środek ciężkości, i stożkowy lub dzwonowy kształt dzięki czemu mogły wytworzyć siłę nośną, obniżyć przeciążenia, do 3g przy powrocie z orbity okołoziemskiej, i nieco manewrować przy użyciu rakietowego systemu orientacji przestrzennej, w celu zmiany punktu lądowania.

Statki kosmiczne „Wostok" i Woschod", podobnie jak amerykański „Merkury", nie mogły wykonywać manewrów orbitalnych – można je było tylko obracać wokół środka ciężkości. Silnik główny został użyty dopiero pod koniec misji, do manewru hamowania dla wejścia atmosferycznego.

Wyposażenie pilotażowo-nawigacyjne „Wostoka" było skrajnie uproszczone. Nie było żyroskopów. Automatyczny system mógł jedynie orientować osie statku kosmicznego względem Słońca. Oznaczało to, że system mógł być używany do wejścia atmosferycznego tylko dwa razy dziennie, gdy orientacja Słońca była zgodna z położeniem statku na orbicie, umożliwiającym lądowanie w strefie odzyskiwania na terytorium Związku Radzieckiego. Awaryjne wejście w dowolnym innym momencie zależałoby od tego, czy kosmonauta najpierw użyje urządzenia „Wzor" do orientacji przestrzennej statku.

Aby zdecydować, kiedy ponownie wejść w atmosferę, kosmonauta miał mały globus napędzany mechanizmem zegarowym, który wskazywał aktualną pozycję nad Ziemią. Ten wskaźnik pozycji w locie (IMP),

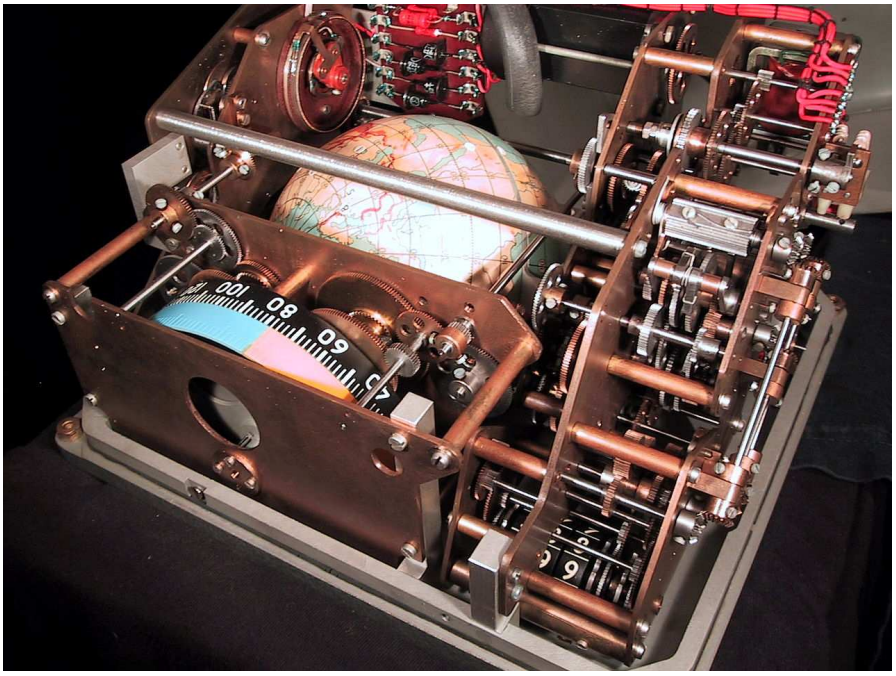
nazywany jest nieformalnie globusem. IMP był w istocie prawdziwym komputerem mechanicznym. Z przyrostowego ruchu jedynego siłownika elektromagnetycznego mechanizm zegarowy wyprowadzał funkcje oscylacyjne, które z kolei obracały kulę ziemską i zmieniały jej oś, a także przesuwały jej dwa cylindryczne wskaźniki długości i szerokości geograficznej. Skomplikowane mechanizmy zegarowe znajdujące się w IMP obejmują tarcze krzywkowe w kształcie kardioidalnym, cylinder krzywkowy w kształcie stożka o kardioidalnym przekroju i „prostowniki mechaniczne", które przekształcają ruch postępowy naprzemienny w jednokierunkowy.



Przyrządy pokładowe Wostoka [8].

Jedynym innym siłownikiem elektrycznym używanym w instrumencie IMP był silnik służący do szybkiego przesuwania mechanizmu z rzeczywistego punktu do nadiru do oczekiwanego punktu lądowania, około 120 stopni dalej na wschód. Naciskając przycisk po prawej stronie globu, zostałby on przesunięty do punktu lądowania, zakładając planowy powrót. To wystarczyło do awaryjnego lądowania gdzieś na stałym lądzie. Kula ziemska o średnicy 12.7 cm o przybliżonej skali 1:100 000 000, poruszająca się w dwóch stopniach swobody (obrót i nachylenie); Globus uzupełniały dwa wskaźniki w tarczowe, po jednym dla długości i szerokości geograficznej, z oznaczeniami stopni na ich krawędziach; Licznik orbit z trzema cyframi: dwie białe cyfry dla orbit i jedna czerwona cyfra dla ułamka orbity; Podświetlany wskaźnik pod kulą ziemską, który wyświetlał tekst „Miejsce lądowania". Globus chroniła półkulista przezroczysta plastikowa kopuła, na której wygrawerowano celownik w kształcie krzyża. Podczas normalnej eksploatacji punkt widoczny pod krzyżem był

punktem na Ziemi, który w danym momencie znajdował się bezpośrednio pod statkiem kosmicznym. Drugi tryb działania, aktywowany przez kosmonautów, przesunął kulę ziemską do pozycji, w której statek kosmiczny wylądowałby, gdyby w tym momencie uruchomiono rakiety dla inicjujacji sekwencji powrotu. Zapalał się wtedy wskaźnik „Miesto posadki". Wskaźniki szerokości i długości geograficznej również podążały za tymi dwoma trybami działania. Przed startem szerokość i długość geograficzna zostały dostosowane do wcześniej obliczonych współrzędnych wejścia na orbitę. Zaraz po wystrzeleniu, po ustaleniu się orbity, jej parametry zostały precyzyjnie zmierzone z ziemi za pomocą radaru i telemetrii radiowej. Zmienione ustawienia IMP zostały następnie obliczone na ziemi i przekazane pilotowi, który zresetował dwa parametry korekty instrumentu: długość równikową i obecny punkt na orbicie, za pomocą dwóch pokręteł „Korekcija: E i 0". Następnie kosmonauta przestawiał przełącznik aktywacji na lewym panelu sterowania. Ta ostatnia czynność połączyła impulsy systemu sekwencera lotu z siłownikiem elektromagnetycznym instrumentu. Impulsy te były następnie przekształcone w powolny, regularny ruch mechaniczny, przekazywany przez układy mechaniczne, dokonujące obliczeń niezbędnych do poruszania kulą ziemską i innych wskaźników.



Wewnętrzna struktura IMP [9].

Zmienny rezystor i aktywowane krzywką elektryczne styki łopatkowe instrumentu modulowały sygnały elektryczne z innych instrumentów elektrycznych statku kosmicznego i jego systemy sterowania, dostarczając im analogową reprezentację przemieszczenia statku kosmicznego względem współrzędnych Ziemi. Z perspektywy projektowania systemów pokładowych zdumiewające jest, że nawet na początku lat sześćdziesiątych XX wieku, to system mechaniczny generował kluczowe dane pierwotne do elektrycznych i elektronicznych systemów sterowania i telemetrii!

Gdy zbliżała się krytyczna operacja uruchomienia silnika deorbitacyjnego w ramach przygotowań do wejścia w atmosferę kosmonauta monitorował automatyczną orientację statku kosmicznego. Następnie przestawiał odpowiedni przełącznik na panelu sterowania na „przewijanie do przodu" przyrządu IMP, w celu wyświetlenia przewidywanego punktu lądowania. Pilot był wtedy gotowy do ręcznego wykonania deorbitacji, jeśli zawiodłyby układy automatyczne.

Z innych wskaźników warto wymienić:
I. Wskaźnik parametrów atmosfery w kabinie IPAK. Pokazywał on:

1. Wilgotność w kabinie: 0 -100% z dopuszczalnymi granicami: 30-70%.
2. Ciśnienie w kabinie: 0-1.5 atm. Z 0.5-1.3 atmosfery w bezpiecznych granicach.
3. Temperaturę w kabinie: 0-40 °C. Ta ostatnia nie została oznaczona dla normalnych wartości granicznych, ale niskie temperatury, poniżej 12 °C były uważane za niebezpieczne dla akumulatorów.

II. Wskaźnik składu powietrza w kabinie i ciśnienia w module serwisowym ISWD, który pokazywał:

1. Ciśnienie parcjalne tlenu w kabinie, zakres: 80-360 mmHg. 120-340 mmHg uważane za normalne.
2. CO_2 w kabinie, zakres: 0-4%, poniżej 3% uważa się za normalne.
3. Ciśnienie w module serwisowym, zakres: 0-2 atm., 1-1.5 atm uważane za normalny przedział.

III: Wskaźnik ciśnienia w zbiornikach reakcyjnego systemu orientacji i silnika deorbitacyjnego IDB pokazujący:

1. Ciśnienie w silniku deorbitacyjnym 0-360 atm. Poniżej 240 atm. uważane za kłopotliwe.

2. Ciśnienia w ręcznym systemie orientacji przestrzennej: 0-200 atm. Gdzie 50-150 atm. Było uważane za normalny zakres.

3. Ciśnienie w automatycznym systemie orientacji przestrzennej: 0-200 atm., gdzie 50-150 atm. uważane za normalny zakres.

Tablica sygnalizacyjna: Duża zielona lampka sygnalizacyjna nad kulą ziemską była oznaczona jako Miejsce Lądowania. Jako element sterowania pilot miał do dyspozycji „joystick": Ręczny Uchwyt sterowania. Umieszczony był po prawej stronie kosmonauty. Ruch w górę/w dół tego uchwytu kontroluje pochylenie, ruch w lewo/w prawo kontroluje odchylenie, a przeręcenie uchwytu zgodnie z ruchem wskazówek zegara lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara powoduje przechylenie.

W kabinie znajdował się po prawej stronie panel radioodbiornika krótkofalowego szerokopasmowego: 3B-17. Tuż nad radiem znajdował się duży włącznik służący do uzbrajania katapulty fotela pilota z położeniami: Decyzja katapultowaniai rozbrojenie katapulty.

Pojedynczy spadochron umożliwiał odzyskanie kapsuły. Nie było systemu miękkiego lądowania: pilot był katapultowany w celu osobnego lądowania pod własnym spadochronem.

Przed Gagarinem

15 maja 1960 roku wystrzelono „Korabl-Sputnik 1". Zawierał on między innymi manekina imitującego kosmonautę. Statek wszedł na orbitę o początkowych parametrach 312/369 km. Okres obiegu dookoła Ziemi początkowo wynosił 91 minut przy nachyleniu orbity do płaszczyzny równika 65°. Całkowita masa statku oddzielona od ostatniego członu rakiety nośnej wynosiła 4540 kg, w tym masa aparatury pomiarowej wraz ze źródłami zasilania wynosiła 1477 kg. W statku znajdowała się kabina ciśnieniowa, o masie 2.5 tony, z ładunkiem pozorującym człowieka oraz odpowiednim wyposażeniem koniecznym do odbycia lotu przez człowieka. Po czterech dniach lotu, 19 maja 1960 roku o godz. 15:52 czasu moskiewskiego, została wydana komenda radiowa rozpoczynająca procedurę powrotu kabiny załogowej. Na skutek błędnej orientacji przestrzennej statku, silniki umieściły go na nowej orbicie eliptycznej 307/690 km. Statek powrócił do atmosfery samodzielnie, rozpadając się

na sześć części, 15 października 1965 o 21:21 UT. Odłamki statku znaleziono na ulicach miasta Manitowoc, Wisconsin USA [5].

W celu przeprowadzenia testów systemów podtrzymujących życie przeprowadzono lot statków oznaczonych jako „Korabl'-Sputnik 2". Pierwszy lot (COSPAR 1960-F09), który w wypadku powodzenia oznaczony byłby właśnie jako „Korabl'-Sputnik 2", zakończył się eksplozją rakiety i śmiercią dwóch psów-mieszańców, znajdujących się w statku Wostok: Czajki i Lisiczki. Start nastąpił 28 lipca 1960 r. o 9:31 UT. Awaria nastąpiła podczas zapłonu jednego ze stopni zerowych. Oddzielił się on od rakiety w 17 sekundzie lotu, na skutek przepalenia komory spalania i oddziaływania gorących gazów na sworzeń pirotechniczny służący do odłączenia boostera od rdzenia rakiety. Rakieta eksplodowała parę sekund później, po 28.5 s lotu [4].

Drugą próbę przeprowadzono (z tym samym oznaczeniem misji) w dniu 19 sierpnia 1960 roku. O 10:20 UT dnia 20 sierpnia 1960, w odległości 8000 km od miejsca lądowania, statek na sygnał nadany z Ziemi włączył silniki hamujące. Około 10:50 UT z kapsuły powrotnej, w celach testowych, katapultowano fotel (w przyszłości mający być zajętym przez człowieka) oraz zasobnik z psami: Biełką i Striełką. Wewnątrz lądownika znajdował się pojemnik, w którym przebywało też 12 myszy i 2 szczury. Wszystkie zwierzęta powróciły zdrowe.

Lot statku o numerze 3 (COSPAR 960-017A, NORAD 00065) zakończył się tragicznie. Ten statek wyniósł na orbitę (166/232 km) dwa psy, Pszczółkę i Muszkę, oraz zasobnik z owadami. Powrót kapsuły był prawdopodobnie planowany po siedemnastu okrążeniach Ziemi. Silniki hamujące włączono około 8:22 UT 2 grudnia 1960. Prawdopodobne jest, że Rosjanom w ogóle nie udało się rozpocząć procesu deorbitacji i, aby nie pozostawiać statku na orbicie, lub by nie wpadł on w obce ręce przy niekontrolowanym upadku, został zniszczony przez system samolikwidacji. Przyczyną nieudanej misji „Korabla-Sputnika 3" było prawdopodobnie uszkodzenie systemu orientacji statku. Co ciekawe, technikom wywiadu amerykańskiego udało się odkodować sygnał, który okazał się obrazem jednego z psów zarejestrowanym przez kamerę statku i przesyłanym drogą radiową na Ziemię [6].

Również pierwszy lot statku oznaczonego nr 4 był nieudany. 22 grudnia 1960 r. na skutek awarii silnika stopnia głównego wykonał on jedynie lot suborbitalny na odległość 3500 km z twardym lądowaniem na Syberii. Dwa psy: Damka i Krasawka przeżyły [4].

9 marca 1961 r. odbył się udany lot orbitalny nowego statku z numerem 4. „Korabl-Sputnik 4" miał na pokładzie manekina „Iwana Iwanowicza", oraz psa Czarnuszkę, świnkę morską i kilka myszy. Najważniejszym celem misji było sprawdzenie systemów łączności radiowej i głosowej ze statkiem na orbicie. Orbita statku była przystosowana do lotu załogowego – w wypadku nie zadziałania silnika hamującego, statek po dziesięciu dniach w sposób naturalny wszedłby pod odpowiednim kątem do atmosfery. Silnik zadziałał jednak prawidłowo i pracował 42.5 sekundy. Katapultowany fotel wyrzucił manekina na zewnątrz statku, po czym opadł na spadochronie. Psy i pozostałe zwierzęta pozostały w kapsule powrotnej i bezpiecznie wylądowały na otwartej przestrzeni, około 260 km na północny wschód od Kujbyszewa, około 8:10 UT, po wykonaniu jednego okrążenia Ziemi.

Lot Gagarina

Pierwszy załogowy lot człowieka w kosmos, w wykonaniu Jurija Aleksiejewicza Gagarina, miał miejsce 12 kwietnia 1961 r. Start miał miejsce o godzinie 6:07 UT z kosmodromu 5-GIK „Bajkonur" koło miejscowości Tiuriatam (Töretam) w Kazachstanie (miejscowość Bajkonur znajduje się w odległości kilkuset kilometrów od kosmodromu). Rakieta nośna 8K72K wprowadziła statek „Wostok 1" na orbitę o apogeum 327 km perygeum 168 km, inklinacji 64.9 stopni i okresie orbitalnym 89.32 minut. Planowana orbita miała mieć apogeum 230 km i perygeum 175 km. Z powodu niesprawności bloku zasilania anteny układu sterowania drugiego stopnia rakiety w 156 s lotu nie została przekazana komenda wyłączenia silnika. Dlatego statek wszedł na orbitę o wyższym perygeum, niż planowano. Mogło to mieć bardzo poważne konsekwencje, gdyż w przypadku awarii silników hamujących statek naturalnie zniżając się, nie wszedłby w gęste warstwy atmosfery po 5 -7 dniach, ale dopiero po około 15-20 dniach. System podtrzymywania życia był przewidziany na maksymalnie 10 dni [4].

Z obliczeń wynikało, że manewr hamowania najlepiej wykonać w trakcie pierwszego okrążenia, albo dopiero podczas siedemnastego. Włączenie silników hamujących w każdym innym momencie powodowałoby, że statek mógł wylądować w morzu lub na terenie obcego państwa. W takim przypadku mogłoby dojść do ujawnienia tajemnic technicznych. Siergiej Korolow zdecydował się więc na jedno okrążenie.

W niecałe dwadzieścia minut po starcie Wostok przeleciał nad Syberią, kierując się nad północny Pacyfik. Stacja nasłuchu radiowego

w Pietropawłowsku (Kamczatka) wyznaczyła prędkość i wysokość statku. Po trzydziestu minutach Wostok dotarł nad południowy Pacyfik i przelatywał nad nocną ziemską półkulą. W trakcie przelotu nad południowym Atlantykiem, kontrolerzy lotu polecili kosmonaucie przygotować się do rozpoczęcia manewru powrotu. Kosmonauta sprawdził czy pojazd jest ustawiony pod właściwym kątem. Siedemdziesiąt dziewięć minut po starcie włączył się silnik hamujący. Pracował przez 40 s. Było to ostatnie zadanie jakie, miał wykonać moduł serwisowy. W tedy Wostok znajdował się nad Afryką Zachodnią. Następnie ładunki pirotechniczne zerwały stalowe taśmy mocujące kabinę do modułu serwisowego. Niestety, nie rozłączyła się wtedy wiązka przewodów elektrycznych układu zasilania i przesyłu danych. Kabina i moduł serwisowy były nadal połączone i zbliżały się do Ziemi, ciągle koziołkując. Kapsuła załogowa była tak wyważona, aby sama obróciła się do przodu grubszą warstwą osłony ablacyjnej za plecami kosmonauty. Połączenie z modułem serwisowym zmieniło własności aerodynamiczne i rozkład masy. Przy wejściu w atmosferę kable uległy na szczęście przetopieniu przez otaczającą statek chmurę gorącej plazmy. Awaria spowodowała przyspieszoną rotację kapsuły i problemy z zachowaniem przytomności przez Gagarina.

Na wysokości siedmiu kilometrów pironaboje odrzuciły pokrywę włazu. Po katapultowaniu otworzył się spadochron stabilizujący. Następnie kosmonauta odpiął się od fotela i otworzył spadochron hamujący. Przez przypadek otworzył się spadochron zapasowy. Gagarin miał też pewien problem z otwarciem zaworu pozwalającego na oddychanie powietrzem atmosferycznym. Statek bezpiecznie powrócił na Ziemię. Kapsuła dotknęła ziemi o 7:47 UT, a Gagarin, 8 minut później. Gagarin wylądował w niewielkiej odległości od lotniska saratowskiego aeroklubu gdzie przed trzynastu laty po raz pierwszy odbył pierwszy lot na Jaku-18. Było to 26 km na południowy zachód od miasta Engels w obwodzie saratowskim, na polach wsi Smiełkowka [7].

Zakończenie

Fakt oddzielnego lądowania Jurija Gagarina był długo ukrywany gdyż obawiano się, że FAI (Fédération Aéronautique Internationale) mogłaby nie uznać rekordów: prędkości, wysokości i odległości lotu, z powodu opuszczenia pokładu przez załogę przed lądowaniem. W czasie tego lotu nie było pełnego zamknięcia orbity wokółziemskiej, choć lot można uznać za orbitalny: powyżej 160 km rozciąga się obszar anechoiczny – nie rozchodzą się fale mechaniczne, a liczba Macha traci sens. Występuje

tu szczątkowy opór ośrodka, aczkolwiek ma on znaczenie przy znacznie dłuższych czasach lotu.

Odnośniki

[1] http://www.astronautix.com/v/vostok8k72k.html
[2] https://www.drewexmachina.com/2020/05/15/korabl-sputnik-the-origin-of-the-soviet-vostok-program/
[3] https://drawingdatabase.com/vostok-rocket/
[4] http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/k-r/1991/4-5vostok.html
[5] http://milwaukeeastro.org/archive/sputnik4.asp
[6] http://www.svengrahn.pp.se/histind/sputnik6/sputnik6.html
[7] http://www.svengrahn.pp.se/histind/Vostok1/Vostok1X.htm
[8] https://vostoksupersite.weebly.com/index.html
[9] http://www.astronautix.com/v/vostok.html

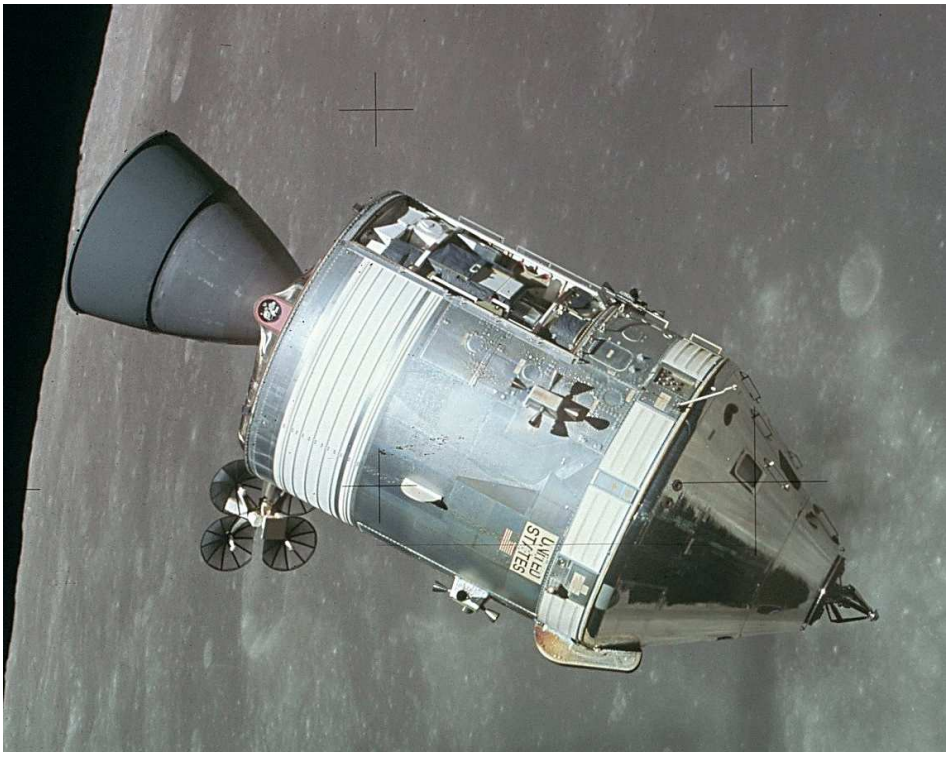
Misja Apollo-15 w kosmosie i na ziemi

Jacek Kruk

50 lat temu odbyła się jedna z najciekawszych misji księżycowych (Apollo-15, lipiec-sierpień 1971), a pięć miesięcy później nastąpiła jedyna w historii wizyta kompletnej załogi misji księżycowej w Polsce (Apollo-15, styczeń 1972). Przypomnieniu tych dwóch wydarzeń poświęcamy ten niewielki artykuł.

Gdy 26 lipca 1971 roku statek Apollo-15 wyruszał z trzema astronautami z przylądka Canaveral, była to już siódma wyprawa załogowa w kierunku Księżyca: trzy wcześniejsze zakończyły się jego oblotem, i również trzy – lądowaniem na powierzchni. Nowa misja miała być nowatorska pod wieloma względami. Po raz pierwszy lądowanie przewidziano nie na równinie, lecz u podnóża księżycowych gór Apeninów, astronauci mieli po raz pierwszy do dyspozycji elektryczny łazik LRV i przewidziane były trzy (ziemskie) dni pobytu na Księżycu, co oznaczało trzy wyprawy łazikiem. W przedziale silnikowym statku macierzystego o nazwie *Endeavour* po raz pierwszy zainstalowano kamery i aparaturę naukową do badania Księżyca z orbity. Pakiet instrumentów SIM (*Scientific Instrument Module*) miał masę 476 kg i wymagał wyjścia astronauty ze statku w głębokiej przestrzeni kosmicznej, na trasie Księżyc – Ziemia, celem odzyskania wyników badań – głównie kaset z filmami – i przeniesienia ich do wnętrza lądownika Apollo.

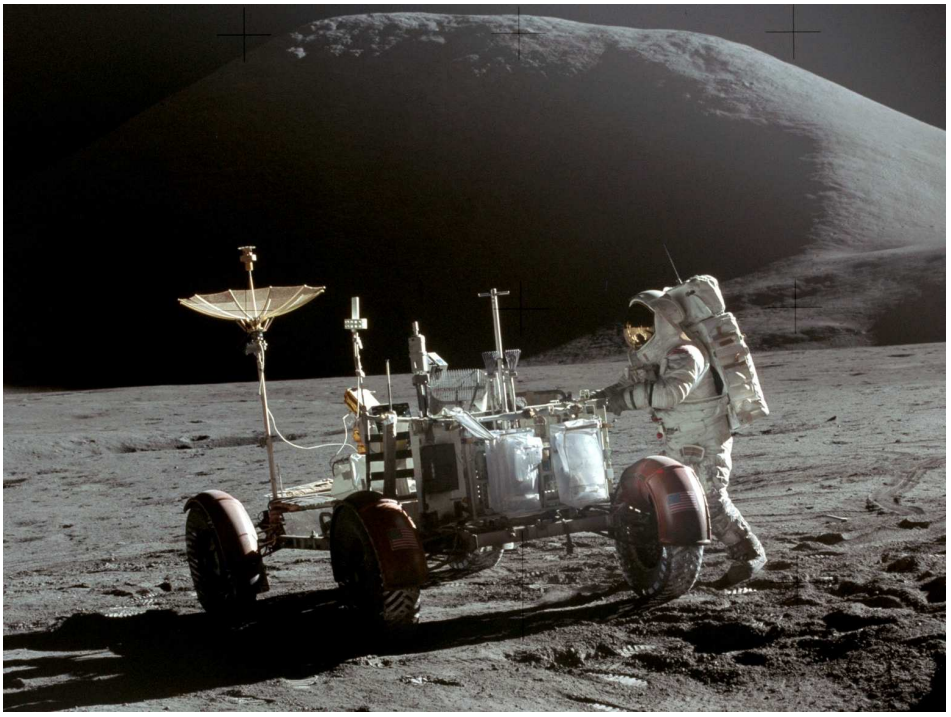
Załogę Apollo-15 stanowili: dowódca David Scott, pilot modułu dowodzenia – Alfred Worden oraz pilot modułu księżycowego – James Irwin. Wszyscy astronauci byli oficerami US Air Force, przeszli jednak dwuletnie szkolenie geologiczne, by ich wyprawa przyniosła jak największy plon naukowy. Tylko Scott miał doświadczenie dwóch lotów kosmicznych (Gemini-8, 1966 i Apollo-9, 1969), pozostali byli nowicjuszami. Lądownik o nazwie *Falcon* z astronautami Scottem i Irwinem osiadł na księżycowym gruncie 30 lipca 1971 o 22.16 GMT. Wkrótce po lądowaniu Scott opuścił kabinę statku i bez schodzenia na powierzchnię, stojąc



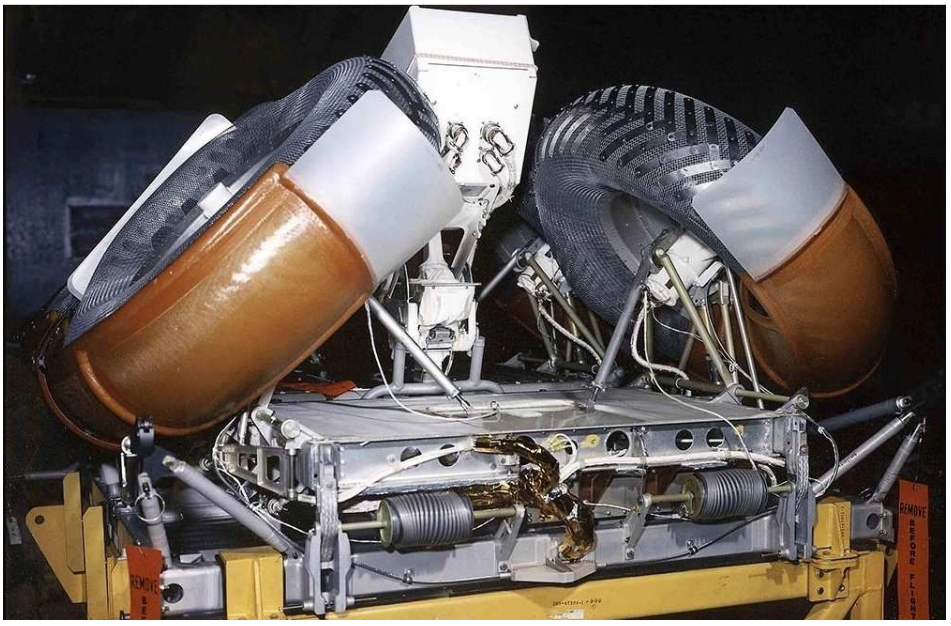
Statek macierzysty *Endeavour* na orbicie wokół Księżyca, u góry odsłonięty panel z aparaturą SIM.

na pokrywie silnika modułu powrotnego, sfilmował 360-stopniową panoramę miejsca lądowania. Po 33 minutach wrócił do kabiny i astronauci udali się na spoczynek. Następnego dnia wyszli na powierzchnię Księżyca, wypakowali pojazd LRV i odbyli pierwszą wyprawę długości 10.3 km, która trwała 6 godzin 33 minuty.

Łazik księżycowy LRV (Lunar Roving Vehicle) był dziełem konstruktorów Boeinga i General Motors opracowanym przy znacznym udziale polskiego inżyniera Mieczysława Jerzego Bekkera (1905-1989), specjalisty od pojazdów terenowych w GM. Pojazd wielkości wojskowego jeepa z czasów II wojny miał niezależny napęd na wszystkie cztery koła, przy w pełni naładowanych akumulatorach miał zasięg 92 km. Przyjęto jednak zasadę, że astronauci nie będą się oddalać od lądownika na odległość większą niż 9.5 km, by w razie awarii pojazdu mogli dotrzeć do *Falcona* pieszo. LRV miał masę 210 kg i mógł przewozić ładunek o masie do 490 kg. Posiadał specjalne opony wykonane wedle projektu Bekkera – z gęstej metalowej siatki z tytanowymi żebrami. Łazik został wyposażony w barwną kamerę telewizyjną, która pozwalała operatorom na Ziemi towarzyszyć astronautom w czasie jazdy, a także obserwować ich pracę po wyjściu z pojazdu. Operatorzy w centrum kierowania lotem mieli możliwość sterowania nią, a w końcu wyprawy księżycowej obserwować start modułu powrotnego *Falcona* na orbitę wokół Księżyca.



James Irwin przy łaziku LRV, w tle księżycowe Apeniny.



Złożony LRV zajmował niewiele miejsca. Widoczna konstrukcja drucianych opon.

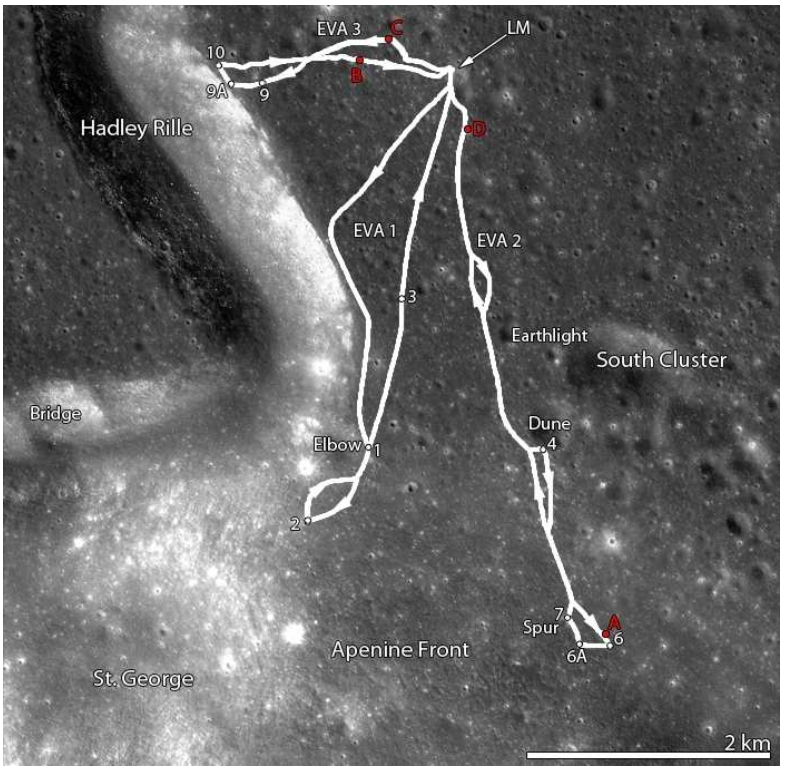
Drugie wyjście astronautów odbyło się 1 sierpnia 1971 roku i trwało 7 godzin 12 minut, a pokonana trasa wyniosła 12.4 km. Trzeci i ostatni spacer księżycowy Scott i Irwin odbyli 2 sierpnia, trwał on 4 godziny 50 minut, w czasie których pokonali 5.1 km. Zebrali ogółem 77 kg próbek skał, w tym rdzeń z odwiertu o głębokości 2.4 m. Przed odlotem z Księżyca astronauci wykonali dwa symboliczne gesty: Scott pozostawił

na księżycowej powierzchni pamiątkową tabliczkę z nazwiskami tragicznie zmarłych astronautów i kosmonautów. Zaś Irwin na pulpicie sterowniczym łazika LRV pozostawił Biblię. W dniu 2.08.1971 o godzinie 17.11 GMT moduł powrotny *Falcona* wystartował z Księżyca na spotkanie z członem macierzystym *Endeavour*. Oczekujący na kolegów Alfred Worden miał pełne ręce roboty z aparaturą SIM i nawet po połączeniu z modułem powrotnym, które nastąpiło tego samego dnia o 19.10 GMT, statek macierzysty pozostał dwie kolejne doby na orbicie wokół Księżyca, by Wordem mógł dokończyć kartografowanie jego powierzchni. Przed opuszczeniem orbity księżycowej ze statku wyrzucono niewielkiego satelitę, a już w trakcie lotu powrotnego ku Ziemi w dniu 5 sierpnia Worden dokonał 39-minutowego spaceru kosmicznego po kasety z filmami. Był to pierwszy spacer kosmiczny w odległości 315 tys. km od Ziemi. Wyprawa zakończyła się wodowaniem kabiny statku Apollo-15 na Pacyfiku w dniu 7 sierpnia 1971 roku o godzinie 20.46 GMT. Misja była najdłuższą spośród dotychczasowych lotów księżycowych i trwała 12 dni 7 godzin 12 minut. Załoga i kapsuła statku została podjęta z oceanu na pokład lotniskowca USS Okinawa.

Tabliczka z imionami tragicznie zmarłych astronautów/kosmonautów i figurka Poległego Astronauty.

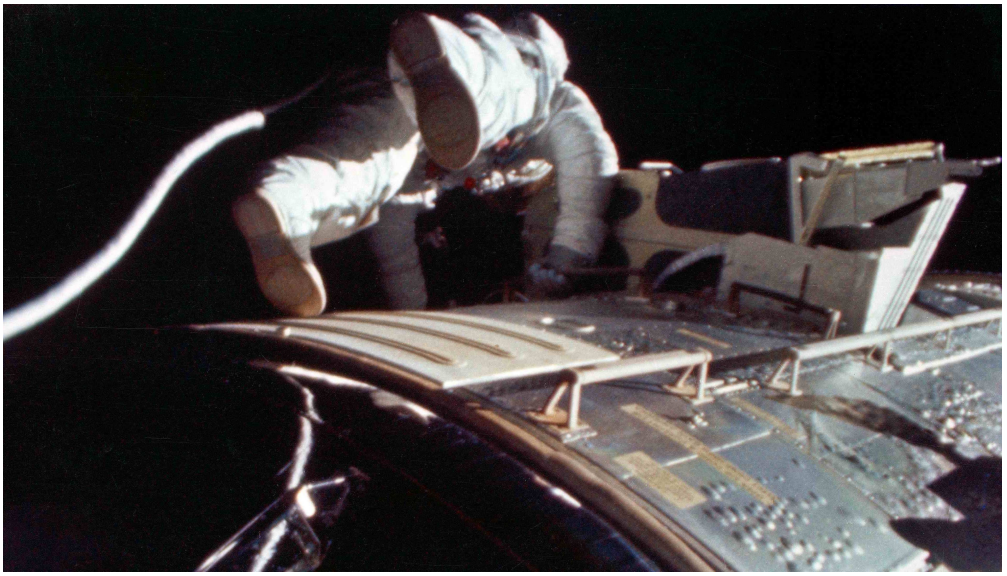
Astronauci Scott, Worden i Irwin nigdy więcej nie polecieli w kosmos. Mimo że misję wykonali perfekcyjnie, zostali przez agencję kosmiczną NASA ukarani za niesankcjonowane zabranie na pokład Apollo-15 kopert ze znaczkami, które zostały następnie sprzedane z dużym zyskiem. Zresztą, w roku 1971 loty księżycowe miały się już ku końcowi i załogi ostatnich dwóch misji były dawno ustalone. Apollo-16 poleciał w kwietniu 1972 roku, a epopeję księżycową zakończył Apollo-17 w grudniu 1972

roku. Statki Apollo zostały użyte potem jeszcze czterokrotnie: trzy razy w lotach do stacji Skylab i raz do wspólnego lotu z radzieckim statkiem Sojuz. Kabina statku Apollo-15, która formalnie jest własnością Smithsonian National Air and Space Museum w Waszyngtonie, eksponowana jest w National Museum of The US Air Force w Dayton w stanie Ohio. Jest to o tyle zrozumiałe, że wszyscy członkowie tej załogi byli pilotami US Air Force.

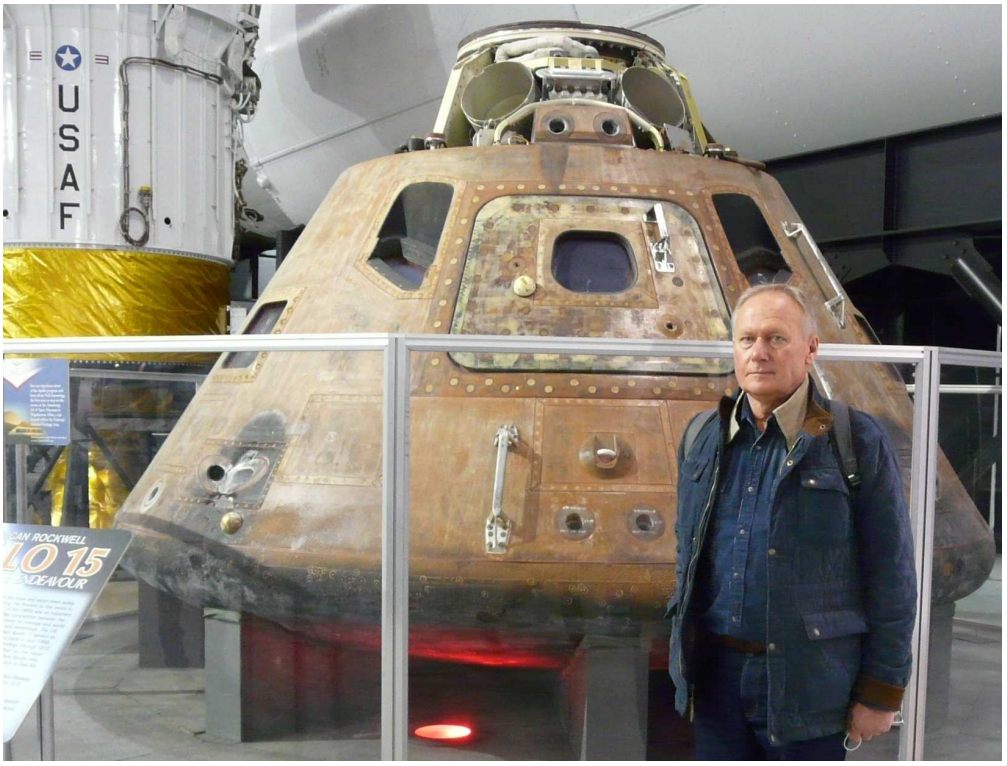


Trasy trzech spacerów księżycowych (EVA-1, 2, 3) na zdjęciu sondy Lunar Reconnaissance Orbiter. Z lewej widoczna Szczelina Hadleya, która oddzielała lądowisko Apollo-15 od Apeninów.

Załoga Apollo-15 podobnie jak niemal wszyscy amerykańscy astronauci lat 1960-70 miała jeszcze misję ziemską do wykonania – sławienia na świecie osiągnięć amerykańskich w badaniach kosmosu. Zapewne nie bez związku ze zbliżającym się jubileuszem 500 rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika, została ona skierowana do Polski. Astronauci przybyli na krótką wizytę w styczniu 1972 roku, odwiedzili Warszawę i Toruń – miejsce urodzin Jubilata. Jednak radzieccy towarzysze byli bardzo niezadowoleni z tego rodzaju wizyty – trwała bowiem wojna wietnamska i aż do 1973 roku, kiedy rozpoczęły się w Paryżu rokowania pokojowe, stosunki radziecko-amerykańskie były bardzo napięte. Jak to możliwe, że polscy towarzysze podejmują amerykańskich lotników, których koledzy



Alfred Worden podczas wyjścia po kasety z filmami w głębokim kosmosie.

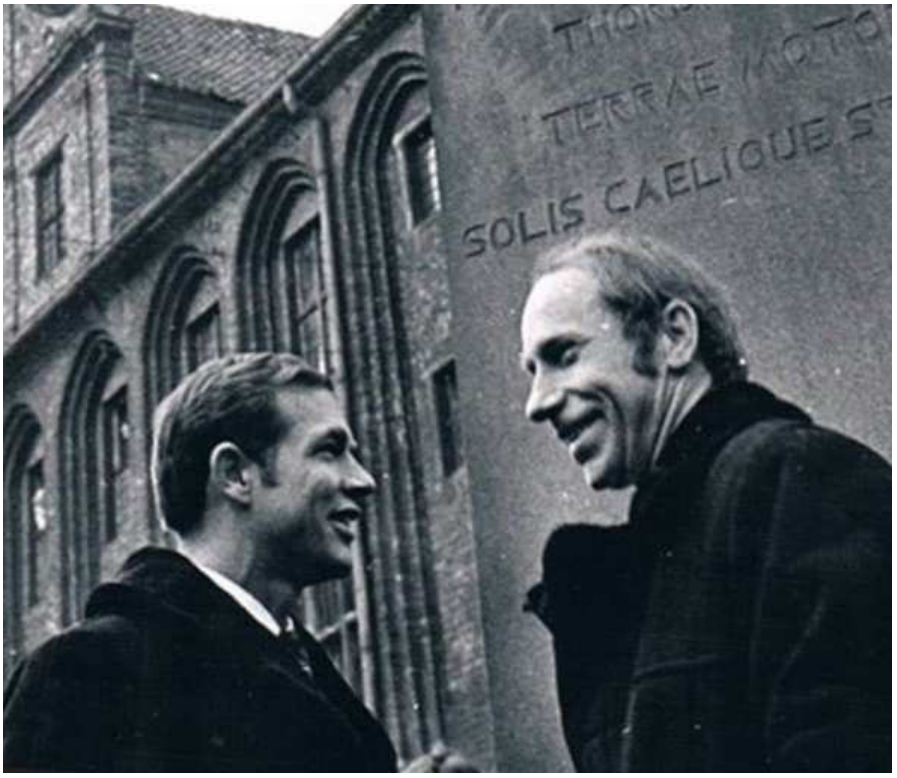


Autor obok kapsuły Apollo-15 w muzeum lotnictwa wojskowego w Dayton, Ohio (26 listopada 2021 r.).

zrzucają napalm na wietnamskie kobiety i dzieci? Polscy towarzysze kajali się, ale było za późno na odwołanie wizyty i jedynie obiecali, że odbędzie się ona bez rozgłosu, bez spotkań z aparatem partyjnym i władzami państwowymi. Spotkania miały się ograniczyć do środowisk naukowych, głównie astronomicznych, w związku z 500-leciem Kopernika.

Wizyta Scotta, Wordena i Irwina była dokładnie zakamuflowana – nie pisały o niej gazety, milczała telewizja. Jedynie czasopisma poświęcone

Załoga Apollo-15 pod pomnikiem Kopernika w Warszawie.
Od lewej: Scott, Worden, Irwin. (18 stycznia 1972).



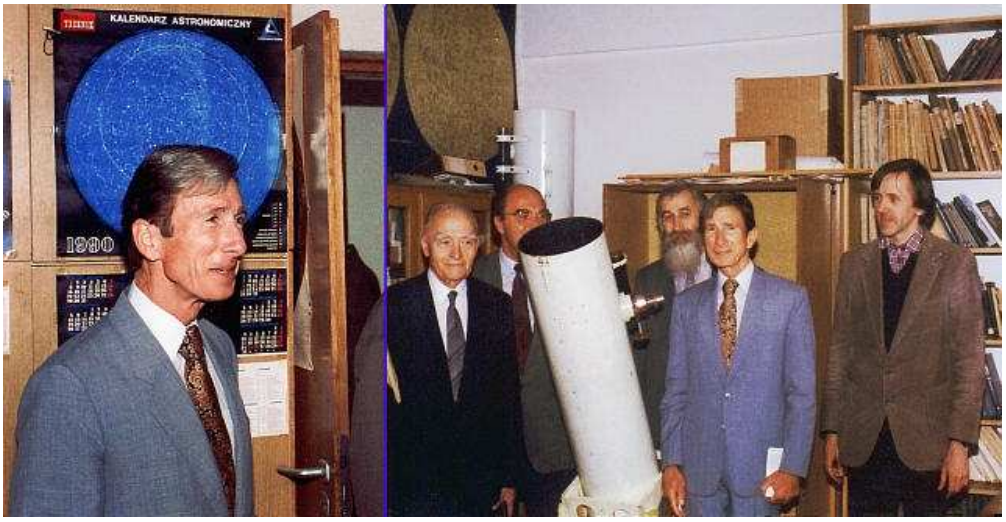
Scott (z lewej) i Worden pod pomnikiem Kopernika w Toruniu, 19 stycznia 1972.

badaniom kosmosu: Urania i Astronautyka zamieściły skąpe informacje, oczywiście post factum. Urania – wówczas miesięcznik Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii – zdecydowała się uchylić rąbka tajemnicy dopiero w numerze kwietniowym 1972 r. prezentując dwa zdjęcia ze spotkania astronautów z naukowcami w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego. Nieco więcej miejsca poświęciła im Astronautyka – dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Astronautycznego – w numerze 3 (maj-czerwiec) 1972 roku. Notatka pt. *Spotkanie*

Astronauci David Scott i Alfred Worden w towarzystwie polskich astronomów pod Domem Kopernika w Toruniu.

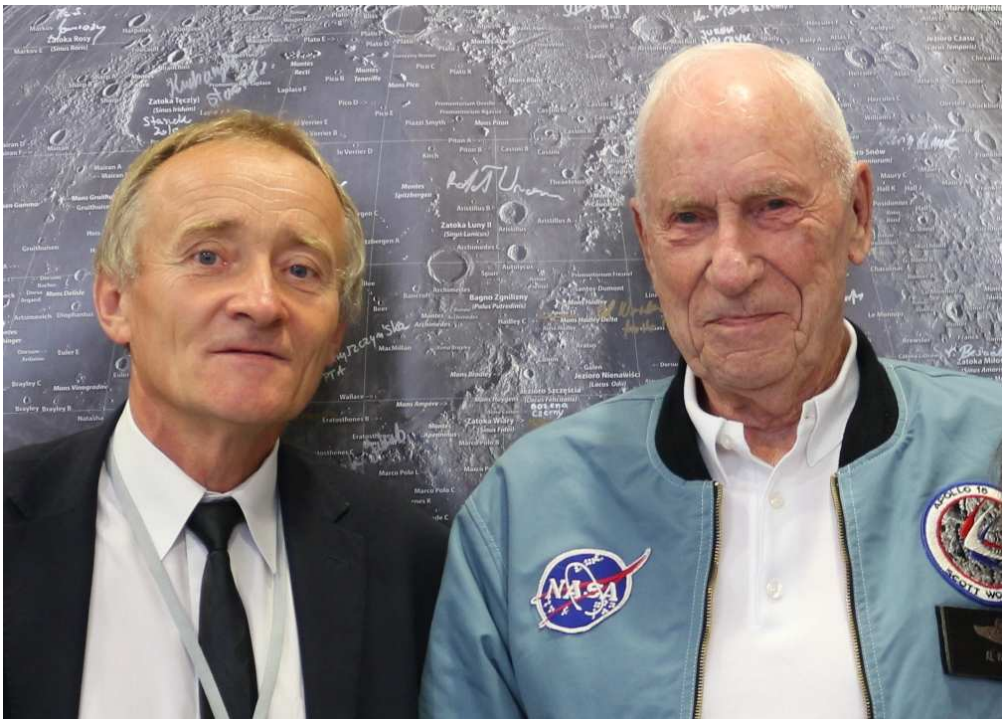
z załogą „Apollo 15” informowała o spotkaniach amerykańskich astronautów z polskimi uczonymi w Instytucie Fizyki Teoretycznej i Obserwatorium Astronomicznym UW, a także z przedstawicielami PTA w Sali odczytowej Muzeum Techniki w Warszawie. Wzmiankowano o wizycie Scotta i Wordena w Toruniu. Na załączonych do notatki czterech fotografiach (jak również na fotografiach z Uranii) nie widać Jamesa Irwina, który najwidoczniej „ruszył w Polskę”. Raczej na zakupy, niż na poszukiwanie arki Noego, bo tym ostatnim zajmował się dopiero pod koniec życia...

Warto jeszcze zauważyć, że astronauci Apollo-15 przetarli drogę dla samego prezydenta USA: Richard Nixon przybył do Warszawy cztery miesiące później – 31 maja 1972 roku. Ale to już całkiem inna historia. Nieuchwytny w 1972 roku James Irwin pojawił się z wizytą w Warszawie w 1990 roku, odwiedził wówczas siedzibę Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii. Niestety, rok później zmarł na zawał serca w wieku zaledwie 61 lat. Alfred Worden również był w Polsce na rok przed śmiercią – we wrześniu 2019 roku uczestniczył w Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego w Kielcach i gościł w oddziale Motorola Solutions

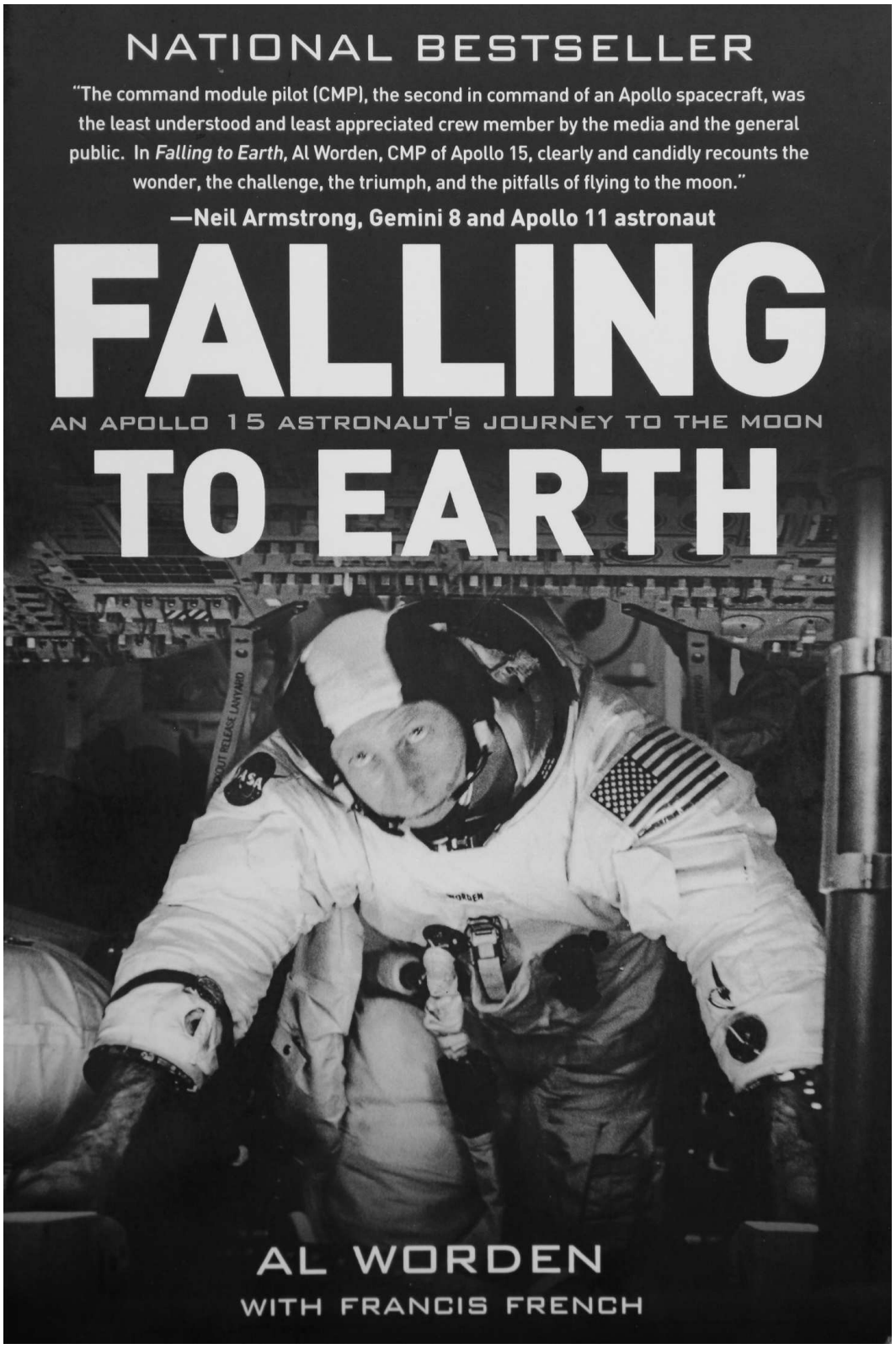


Dwa zdjęcia z wizyty Jamesa Irwina w Warszawie w czerwcu 1990 roku.

w Krakowie. Podczas targów w Kielcach przekazał prezydentowi RP polską flagę, która podróżowała na Księżyc w misji Apollo-15. Natomiast podczas wizyty w Krakowie odpowiadał m. in. na pytania dra Bogdana Wszołka odnośnie obserwacji Obłoków Kordylewskiego w czasie misji (patrz AAN Tom I, 2020, s. 85-92). Worden zmarł 18 marca 2020 roku w wieku 88 lat. Jedynym żyjącym uczestnikiem wyprawy Apollo-15 pozostaje David Scott (rocznik 1932), który nigdy więcej nie był w Polsce.



Bogdan Wszołek i Alfred Worden podczas wizyty w Krakowie dnia 2 września 2019 roku.



Pierwsza strona okładki książki autobiograficznej Al Wordena.

Dwie strony Księżyca, dwa rodzaje astronautów programu Apollo

Agata Kołodziejczyk

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

[Przetłumaczono z j. angielskiego i opracowano na podstawie własnego nagrania podczas spotkania z pułkownikiem Alfredem Merrillem Wordenem w Krakowie w dniu 2 września 2019 roku]

Dwunastu ludzi chodziło po Księżycu – o nich się słyszy, zna ich zdjęcia, a nawet rozmowy nagrane w czasie spacerów po Srebrnym Globie. Mało kto wie, że na Księżyc poleciało dwa razy więcej osób. Dwunastu pozostających w cieniu, to dowódcy misji i piloci, którzy orbitowali wokół Księżyca. W istocie, były to osoby wykonujące najwięcej zadań naukowych w programie Apollo. Gdy dwóch astronautów zbierało skały z powierzchni Księżyca, osoba na orbicie wykonywała fotografie i pomiary w większej skali. O tym opowiadał Alfred (Al) Worden, pilot modułu dowodzenia statku *Endeavour* misji Apollo 15 – najbardziej naukowej misji w historii załogowych lotów na Księżyc. Al Worden przyleciał do Polski na zaproszenie dyrektora krakowskiego oddziału firmy *Motoroli*, Pana Jacka Drabika. Jak się później okazało, był to jeden z jego ostatnich wyjazdów zagranicznych przed śmiercią, która nadeszła 18 marca 2020 roku, w wieku 88 lat.

2 września 2019 roku o godzinie dwunastej w budynkach krakowskiej *Motoroli* zebrało się około pięćdziesięciu specjalnie zaproszonych osób. Młodzieńczy błysk w niebieskich oczach Wordena, serdeczny uśmiech i wyrazisty, pełen energii uścisk dłoni wzbudzały sympatię i nieukrywane zadziwienie, że tacy ludzie, z taką sprawnością psychofizyczną w takim wieku, żyją na błękitnej planecie. Na zawsze zapadło nam w pamięci (byłam na spotkaniu z rodzicami i córką) pierwsze spotkanie z tym astronautą. Spieszyliśmy się na spotkanie z wielką obawą czy nas wszystkich wpuszczą. Jakiś deszcz zaczął kropić, na zewnątrz budynków nikogo,

wreszcie szerokie rozsuwane drzwi właściwego budynku przed nami. Zanim wywołaliśmy ich automatyczne otwieranie, ktoś od wewnątrz to zrobił. I oto drzwi się szeroko otwierają a w nich człowiek ubrany tak, że nikt nie wątpił kim jest. Radosny i dziarski wychodził pewnie dla zaczerpnięcia świeższego powietrza i trafił prosto na nas. Osłupieliśmy z wrażenia i wymieniliśmy z Wordenem powitalne grzeczności. Nawet gdyby nas nie wpuszczono na spotkanie, to już ta przygoda w bramie byłaby dostateczną nagrodą za nasze trudy podjęte dla spotkania z księżycowym podróżnikiem!

Co ma wspólnego *Motorola* z programem Apollo?

Wykład Al Wordena osadzony był mocno w realiach firmy *Motorola*. Dlatego na początku spotkania wystąpił sam dyrektor krakowskiej *Motoroli* – Jacek Drabik, w charakterze przywitania niezwykłego gościa:

"Dzień dobry, w imieniu *Motorola Solutions* pragnę wszystkich powitać w Krakowie. Bardzo dziękuję zebranym tu obecnym za przybycie i zainteresowanie tematyką. Pozwólcie Państwo, że się przedstawię, jestem Jacek Drabik, Przewodniczący Zarządu *Motorola Solutions* w Polsce, dyrektor finansowy, a prościej: reprezentuję biznesową stronę *Motoroli* w kraju. Pracuję tu w Krakowie, urodziłem się w Krakowie, żyję w Krakowie i mam nadzieję, że umrę też tu, w Krakowie... byle nie za szybko. Zaprosiliśmy was, ponieważ ten rok jest wyjątkowy dla naszej firmy. Wyjątkowy dlatego, że gościmy wyjątkową osobę. W najśmielszych marzeniach nie oczekiwałem, że będę miał zaszczyt spotkać księżycowego astronautę osobiście.

Zacznę więc od początku, jak to się stało, że rozpoczęto podróż taką, jaką przeżył zaproszony tu pułkownik Alfred Worden. W 1963 *Motorola* wygrała kontrakt z Amerykańską Agencją Kosmiczną (NASA) na zapewnienie komunikacji i przesyłu wszelkiego typu danych pomiędzy Ziemią a statkiem Apollo. Zrobiliśmy to. Dostarczyliśmy specjalny typ technologii komunikacyjnej o nazwie Transponder Pasma S, który nie tylko transmitował pierwsze słowa z Księżyca na Ziemię, ale również telemetrię, dane biomedyczne i sygnały telewizyjne. Odpowiedzialni byliśmy za przesył danych nie tylko w każdej załogowej misji Apollo ale także w licznych misjach bezzałogowych. Co najważniejsze, technologie te nigdy nie zawiodły. Mam nadzieję, że nasz gość potwierdzi te informacje za chwilę. Jeśli chodzi o historię rozwoju firmy *Motorola*, wykonaliśmy wiele pionierskich projektów. Byliśmy pierwszą komercyjnie dostępną technologią na rynku. Dostarczyliśmy pierwsze radio, przenośne radio dwukierunkowe, cyfrowe szyfrowanie, komunikacyjne systemy

satelitarne, pierwszy telefon komórkowy, oraz pierwsze przenośne urządzenie monitorujące zdrowie. Specjalnie nie wspominałem do tej pory wyjątkowego faktu w historii. Dzięki kontraktowi z NASA w programie Apollo, usłyszeliśmy na świecie słynne słowa: „mały krok człowieka, duży krok dla ludzkości" wypowiedziane przez Neila Armstronga w misji Apollo 11. Potem odbyło się 6 kolejnych lotów na Księżyc włączając Apollo 15, gdzie dostarczaliśmy szeregu instrumentów dedykowanych na cele misji. Pracuję w firmie wiele lat i jednym z wiodących problemów, jaki rozwiązujemy, to niezawodność systemów komunikacyjnych. Po naszym spotkaniu z Alem uświadomiłem sobie, że nie ma nic bardziej krytycznego w czasie misji kosmicznej, jak możliwość kontaktu z Ziemią. Jego ciągłość i niezawodność. Ludzie siedzący w rakiecie lecącej na Księżyc przeżywają najważniejsze momenty życia. Dlatego jednym z haseł przewodnich firmy jest wspierać ludzi, aby byli najlepsi w ważnych momentach: „*We help people be their best in the moments that matter*".

Rok 1969 to był kamień węgielny *Motoroli*, ambitny fundament, na którym wznosi się jej teraźniejszość i prowadzi do przyszłości. Wyspecjalizowaliśmy się w niezawodności. Dostarczamy systemy komunikacji głosowej we wszystkich standardach: amerykańskim APCO P25, europejskim TETRA, Digital mobile Radio oraz w standardach światowych Professional Radio Standards. Coraz ważniejsze dla klientów jest gromadzenie danych, dlatego łączymy radiokomunikację głosową z drugim poziomem naszej technologii, jaką jest sieć LTE (Long Term Evolution). Myślimy o przyszłości. Tworzymy specjalistyczne systemy zarządzania, aby czynić pracę bardziej wydajną i bezpieczną, na przykład w systemach karetek pogotowia czy dla straży pożarnej. Na samym szczycie naszych produktów są rozwiązania video dla bezpiecznego przechowywania danych i ich zarządzania.

Zaczęliśmy 90 lat temu. Dziś zatrudniamy więcej niż 16 000 osób, a nasze produkty sprzedawane są w ponad 100 krajach. Obsługujemy ponad 100 000 klientów, przyczym przez klienta rozumiem organizację, nie osobę fizyczną. Posiadamy ponad 13000 niezawodnych (mission critical) sieci dla głosu, danych i dodatkowych usług. Dostarczamy nie tylko produkty i oprogramowanie, ale zapewniamy też stabilność oferowanych rozwiązań. Oznacza to, że dbamy o naszych klientów upewniając się, że nasze rozwiązanie działa cały czas bez zakłóceń. Jesteśmy z naszymi technologiami absolutnie wszędzie.

Jeśli chodzi o Polskę, jesteśmy w kraju od 25 lat. Firma posiada dwie lokalizacje: w 1992 założono filię w Warszawie, 6 lat później w Krakowie.

Alfred Worden i Jacek Drabik

W Warszawie odbywa się sprzedaż i dystrybucja produktów na Europę. W Krakowie zbudowano drugi co do wielkości ośrodek na świecie. To serce *Motoroli*, ponieważ nie tylko możliwe jest tu globalne kierowanie firmą ale to tu funkcjonuje jedyne na świecie centrum rozwojowo-badawcze i kreowanie przyszłości firmy. Sponsorujemy ponad 40 edukacyjnych grantów, w tym granty umożliwiające wysoki poziom edukacji. Interesują nas nie tylko inwestycje i biznes, ale też ludzie. Organizujemy akcje lokalnego wsparcia, aby osoby zatrudnione mogły wygodnie pracować. W Krakowie zatrudniamy ponad 2000 osób. Właśnie dlatego to tu, nie gdzie indziej, zdecydowaliśmy się gościć tak inspirującego człowieka. Innowacje wprowadzamy poprzez uczenie się, jak działają klienci. Dzisiaj posłuchamy, co ma nam do powiedzenia bardzo wyjątkowy „klient" *Motoroli*. Pozwólcie przedstawić mi członka misji Apollo 15, pilota modułu dowodzenia statku *Endeavour*, pułkownika Alfreda Wordena.

Wykład Al Wordena

Dowodziłem statkiem kosmicznym Apollo 15. Czekał mnie poważny manewr. Trzeba było przestawić lądownik księżycowy z tyłu na przód statku. Musiałem oddokować, oddalić się na tyle, aby umożliwić odwrócenie statku, następnie powrócić aby złapać tonący w czeluści moduł księżycowy. Z lądownikiem zadokowanym na nosie statku lecieliśmy prosto

na Księżyc. Trzeba było usunąć cały sprzęt między statkiem a lądownikiem, zdemontować system dokowania i pozostawić tunel. Dave i James często z niego korzystali do ćwiczenia procedur, które mieli wykonywać na Księżycu. Jednym z problemów jaki mieliśmy to oczywiście termika. Gdybyśmy pozostali w jednej pozycji względem Słońca przez całą drogę na Księżyc, jedna strona statku nagrzałaby się do około 350 °F (177 °C), a druga pozostająca w cieniu ochłodziłaby się do około −250 °F (−157 °C). Różnica temperatur wynosiłaby wtedy około 600 °F (334 °C), co byłoby bardzo niebezpieczne. Aby wyrównać temperaturę, przez całą drogę na Księżyc równomiernie obracałem statkiem. Taka trajektoria lotu nie pozwalała na odpoczynek albo lot na pamięć. Nie było możliwości nauczyć się tego przed misją. Cały czas musieliśmy nawigować w tym, nazwanym przez nas trybie grillowania (*barbecue mode*). Centrum kontroli misji wysyłało nam okresowe pozycje czegoś, co nazywamy wektorem stanu. W ten sposób określana była nasza lokalizacja w przestrzeni kosmicznej umożliwiająca prawidłowy kurs. Koordynaty wektora stanu zależne były od ustalonego układu współrzędnych xyz. W jego centrum znajdowało się Słońce, a płaszczyzna ekliptyki, na której znajdują się planety, to umowna płaszczyzna xy. Na podstawie tak zdefiniowanego układu współrzędnych xyz mogliśmy określić, gdzie w danym czasie jest Ziemia, gdzie Księżyc a gdzie poruszający się nasz statek kosmiczny. Wektor stanu określał trzy współrzędne przestrzenne (x, y, z) oraz trzy składowe prędkości. Gdy zbaczaliśmy z kursu, centrum kontroli misji przesyłało nam nowe koordynaty, nowy wektor stanu. Komunikacja z centrum kontroli misji odbywała się drogą radiową na sprzęcie *Motoroli*. Dzięki Bogu, nigdy nie mieliśmy problemów z komunikacją. Lot nie był łatwy, ponieważ na orbitę księżycową musieliśmy wejść tyłem, aby hamować silnikami. Oznaczało to, że nie widzieliśmy Księżyca zanim do niego dolecieliśmy. Kochałem centrum kontroli misji za to, że mogliśmy w pełni na nich polegać, na ich nawigacji. Byliśmy całkiem zależni od kolegów na Ziemi, dopóki nie zakończyliśmy manewrów pozostania na orbicie księżycowej. Obróciłem statek i nasze okno patrzyło wreszcie na Księżyc. Lecieliśmy jedyne 60 mil (96.5 km) nad powierzchnią jego ciemnej, niewidocznej z Ziemi strony. Moduł dowodzenia to miejsce, gdzie przebywałem cały czas. Żyłem tam. Całkowita przestrzeń naszego stożkowatego statku to 220 ft^3 (6.23 m^3). Dla porównania, statek z misji Mercury był mniejszy i na jedną osobę przypadało 45 ft^3 (1.27 m^3), natomiast w statkach programu Gemini na dwóch ludzi przypadało 75 ft^3 (2.12 m^3), co dawało 37.5 ft^3 na osobę (1.06 m^3). Nasz Apollo to był Rolls Royce, boisko do koszykówki, całe 70 ft^3 (1.98 m^3) na osobę.

We wspomnianej skali zdaje się to dużo przestrzeni, ale powiem wam, że trochę mało, jak na trzech facetów skazanych tylko na siebie w tak ważnych momentach życia. Ale co tam my, w statkach Mercury siedem osób odbyło swoje misje w przestrzeni rozmiarów trumny.

Wracając do naszej misji, miejsce lądowania było 27 stopni na północ, obok interesującej nas struktury liniowej. Struktura ta to zawalona tuba lawy spływającej ze zbocza góry. Jej wierzch szybciej wystygł i zestalił się. Podobne struktury można znaleźć na Ziemi, na przykład na Hawajach, w stanie Oregon czy w Waszyngtonie. Istnieje na świecie wiele takich tub rozlewających się promieniście po zboczach wulkanów. W niektórych tubach utworzyły się tunele, którymi można wspinać się w górę. Tuby te mogą stanowić szkielet przyszłych baz księżycowych, gdzie gruba warstwa lawy skutecznie chroniła by przed promieniowaniem kosmicznym. W grawitacji księżycowej tuby te utworzyły się znacznie większe niż na Ziemi. Tuby lawowe w ziemskiej grawitacji mają szerokość 35 ft (10.7 m), a na Księżycu 700 ft (213 m). Ogromna różnica rozmiarów pozwalała na przyjrzenie się detalom niezauważalnym w warunkach ziemskich. Naszym zadaniem było zbadać te ciekawe formy ukształtowania terenu. Tylko, żeby wylądować w pobliżu lawowej tuby, musieliśmy przelecieć nad górą Hadley. Podam kilka liczb, abyście wczuli się w moją sytuację jako pilota. *Mare Imbrium* (Morze Deszczów), to jeden z największych kraterów na Księżycu. Kiedy patrzycie na Księżyc w pełni, widoczne są ciemne i jasne pola kojarzone z ludzką twarzą. Morze deszczów to jej prawe oko. Wszystkie ciemne pola są wynikiem uderzeń meteorytów w pradawnych czasach, miliardy lat temu. Były to ogromne wydarzenia. Meteoryty spadały na Księżyc jak kamienie w wodę. A co się dzieje, jak kamień wpada do wody? Najpierw powstaje mały dołek, który się wybula i opada tworząc fale wypływające z centrum uderzenia.

Uderzenie meteorytu utworzyło *Mare Imbrium* z trzema pierścieniami gór tworząc promieniste, współśrodkowe uskoki wokół krateru. Przestrzeń między górami wypełniła się magmą z wnętrza Księżyca. Góry w najdalszym trzecim pierścieniu sięgają wysokości 15000 ft (4.5 km) i są oddalone od środka krateru o 250 mil (402 km). Jakiż to musiał być ogrom wyzwolonej energii kinetycznej w czasie tamtej kolizji. Podobnych, może nie tak silnych zderzeń z meteorytami, było wiele. Wszystkie ciemne kręgi widoczne na tarczy Księżyca, to ślady po kolizjach z meteorytami. Pozostawiły one tyle masy pod powierzchnią Księżyca, że zmieniły jego środek ciężkości, który obecnie oddalony jest 22 km od jego środka geometrycznego. To dlatego widzimy z Ziemi tylko jedną stronę Srebrnego Globu. Logiczne. Jednego nie mogę tylko zrozumieć, dlaczego

Al Worden przedstawiający szczegóły misji Apollo 15.

studiowanie skał na Księżycu nazwano geologią księżycową, skoro „geo" odnosi się do Ziemi. Ciekawe, jak zostanie nazwane studiowanie skał na Marsie...

Góra Hadley, którą miałem ominąć, miała 15000 stóp wysokości (4.5 km) i znajdowała się w obrębie trzeciej fali wychodzącej z centrum uderzenia. Niesamowita jest ta fizyka, która przed miliardy laty zmusiła Księżyc do zwrócenia się twarzą ku Ziemi. Po drugiej stronie też są kratery, jest nawet kilka dużych, ale nic z takich form, jakie widać na widocznej stronie Księżyca. I żeby było jasne, lecąc blisko nad powierzchnią Księżyca okazuje się, że kolory Księżyca widziane z Ziemi są pozorne, utworzone przez zróżnicowaną teksturę. Ciemniejsze obszary są gładkie, gdzie zamiast skał wszystko rozbite jest w pył.

David i James zeszli na powierzchnię poświęcając trzy dni na zbieranie kamieni. To naprawdę wszystko, co mieli do zrobienia. Kawałki skał, różniące się kolorem, zostały opisane i pakowane do podróży na Ziemię. Tymczasem ja byłem sam na orbicie. Robiłem badania naukowe i fotografowałem powierzchnię Księżyca na wiele sposobów: w wysokiej rozdzielczości, kamerą do mapowania, skanerami analizującymi poziomy promieniowania rentgenowskiego, mikrofal, cząstek alfa i innych parametrów. Miałem dużo więcej zadań na orbicie niż pozostali na Księżycu.

Sierp Ziemi sfotografowany przez Al Wordena z orbity okołoksiężycowej. (*NASA*)

Na tym to polegało, aby nauczyć się bez lądowania dokładnie badać powierzchnię innych ciał niebieskich w przyszłości, na przykład w czasie misji na Marsa.

Zrobiłem dużo zdjęć. Jednym z moich zadań eksploracyjnych było znalezienie młodego wulkanicznie obszaru, którego cechą charakterystyczną są stożki żużlu powstające podczas wyziewów wulkanu. Biały materiał opada tworząc stożek nad otworem wentylacyjnym. Nigdy wcześniej nie widzieliśmy takich form na Księżycu, a ja znalazłem ich całe pole w obszarze zwanym Taurus-Littrow. Zrobiłem temu zdjęcia w wysokiej rozdzielczości i wysłałem do NASA. Po powrocie z misji zrobiliśmy dokładną analizę odkrycia, w efekcie czego wysłano jedną późniejszą misję właśnie w tamten rejon. Ale o tym odkryciu mało kto wie. Bardziej znana jest moja fotografia z sierpem Ziemi, którą do dziś wszyscy lubią.

Po trzech dniach chłopaki wracają. Ich lądownik wznosi się z powrotem na orbitę. Są już ode mnie w odległości około 50 stóp (15.24 m). Zatrzymaliśmy się, aby zrobić sobie nawzajem zdjęcia. Nie musieliśmy się specjalnie komunikować, aby tak się stało. Było to oczywiste. Dave zaczepnie powiedział: „Ok, to teraz porozmawiajmy". Odpowiedziałem, że nie będziemy rozmawiać. Często się z nim droczyłem i od początku naszego szkolenia tworzyłem listę wszystkich rzeczy, w których się nie zgadzaliśmy. Wyjąłem więc tą listę i pytałem kolejno wspominając, żeby uważał, jak odpowiada, ponieważ jestem jedyną osobą, która może zabrać ich do domu. Dave przytakiwał pokornie i zgadzał się z każdym

Oznaczone strzałką miejsce lądowania misji Apollo 15. (*NASA*)

jej punktem, z którym wcześniej nie było mowy na kompromis. Cała ta sytuacja była bardzo zabawna. Wspominam ją dlatego, że szkolenie na lot statkiem Apollo było bardzo trudne i stresujące. Bez poczucia humoru nie dałoby się tego przeżyć. Żarty towarzyszyły nam przez cały czas misji, świetnie się przy tym bawiliśmy. Wreszcie lądownik połączył się z moim statkiem. Przenieśliśmy wszystkie skały, Dave i James chcieli wrócić do modułu mieszkalnego, ale wysłałem ich z powrotem do lądownika i powiedziałem, że nie wejdą na pokład, dopóki nie będą czyści. Kilka razy odsyłałem ich z powrotem, dopóki nie było w porządku. Jak skończyliśmy, odseparowaliśmy lądownik i zaktywowaliśmy automatyczne sterowanie. Lądownik odpalił mały silnik aby mógł wrócić na powierzchnię i tam się rozbić. Trochę przykre, ale tak trzeba było zrobić z dwóch powodów: po pierwsze, aby nie dopuścić zanieczyszczenia orbity śmieciami kosmicznymi, po drugie, aby skalibrować zamontowane przez chłopaków sejsmografy.

Po pożegnaniu lądownika musieliśmy przyspieszyć do 3000 mil na godzinę (4828 km/h), aby wrócić do domu. W odległości 50000 mil (80467 km) od Księżyca wykonałem spacer kosmiczny, aby zebrać szpulki filmu z dwóch dużych kamer, które znajdowały się na tyle statku. Musiałem też zdemontować kamery i przynieść je do modułu dowodzenia. Moduł ten był jedyną częścią statku posiadającą osłonę termiczną, która mogła przetrwać lot balistyczny. Wychodziłem tak trzy razy. Na koniec

rozejrzałem się stojąc na zewnątrz modułu serwisowego. Mogłem zobaczyć zarówno Ziemię, jak i Księżyc. Była to wyjątkowa chwila, w której mogłem ujrzeć oba ciała niebieskie w całej okazałości. Kombinowałem próbując wymyślić, jak zostać tu dłużej, ponieważ było to tak cudowne. Problem polegał na tym, że zrobiłem już wszystko, co powinienem był zrobić, w dodatku w rekordowym czasie i nie miałem wymówki, by pozostać na zewnątrz dłużej. Nie było mnie w statku w sumie tylko 40 minut. Na koniec czekała nas znowu podróż tyłem. Wracając do atmosfery ziemskiej, musieliśmy odwrócić statek. Izolacja termiczna rozgrzewa się wtedy do czerwoności i płonie jak meteor. Zeszliśmy na 10000 stóp (3 km) i usłyszeliśmy wystrzały spadochronów. Opadaliśmy w tempie 28 stóp na sekundę (8 m/s). Jeden z trzech naszych spadochronów nie był sprawny, ale schodziliśmy tylko o 3 stopy na sekundę (1 m/s) szybciej. Wylądowaliśmy w wodzie, w samym środku skupiska około osiemdziesięciu fok. Zbierała nas z wody marynarka wojenna śmigłowcem; wprost z kapsuły na statek. Był to najniebezpieczniejszy etap naszej podróży na Księżyc. Jak my, najlepsi piloci sił powietrznych, możemy zaufać pilotom z marynarki? Na szczęście nic się nie stało i wylądowaliśmy na promie. Założyliśmy nasze kombinezony lotnicze i poddaliśmy się badaniom medycznym. Miałem zrelaksowane tętno, około 50-55 uderzeń na minutę. Przypomniałem sobie, że kiedy pierwszy raz znalazłem się na orbicie, moje tętno spadło do 15 uderzeń na minutę. To był efekt mikrograwitacji. Ludzkie ciało bardzo szybko dostosowuje się do okoliczności. Moje tętno szybko wróciło do normy (60 uderzeń na minutę) a po locie, jak wróciłem na lotniskowiec, 125 uderzeń na minutę. Układ sercowo-naczyniowy jest bardzo zmienny w kosmosie, dlatego prowadzone są badania, jak będzie się on adaptował w misjach długoterminowych. Mikrograwitacja to również utrata kości, mięśni i objętości organów. Myślę, że gdyby ktoś przebywał wystarczająco długo w nieważkości, stałby się meduzą. Dzień po wylądowaniu na Pacyfiku jesteśmy już w Huston. Miałem białą, trudno dostrzegalną brodę. Przez dwa tygodnie postanowiliśmy że jesteśmy odkrywcami, a odkrywcy pewnych rzeczy nie robią, takich jak kąpiel i golenie. Wnętrze naszego statku było tak czyste, że nawet nie musieliśmy myśleć o higienie.

Na koniec chciałem wspomnieć, dlaczego tu jesteśmy, czyli o roli komunikacji w misjach kosmicznych. Byłem CapComem w misji Apollo 12. To ja wyjechałem z astronautami na szczyt rakiety i umieściłem ich w statku kosmicznym. Padał deszcz, to był żałosny dzień, ale NASA zdecydowała wystartować. Nie myśleliśmy wtedy o piorunach, które

trafiły rakietę tuż po jej starcie 100 stóp (30 m) nad ziemią. Wszystko zadrżało, elektronika przestała działać. Trzeba było szybko podjąć decyzję, czy przerywać misję czy kontynuować lot. Saturn 5 miał wbudowany system nawigacji niezależny od statku kosmicznego, a częścią tego systemu był S-band i radia, które dostarczyła firma *Motorola*. Pomimo wstrząsu i awarii pozostałych urządzeń, te nadal pracowały, więc możliwa była komunikacja z załogą. Padały komendy o ponowne wyłączenie i włączenie systemów. Udało się. Po tym zdarzeniu postawiono na wyrzutni największe piorunochrony na świecie. Nigdzie indziej takich nie spotkasz. Dlatego pioruny przestały być groźne, ale wcześniej były niebezpieczne dla startujących rakiet. Misja Apollo 12 była udana, wszystko potem było w porządku. Jestem bardzo wdzięczny za to co *Motorola* zrobiła w tamtych czasach, aby nasze loty były nie tylko możliwe, ale też łatwe.

Wybrane pytania i odpowiedzi po wykładzie

1. Czy wyścig kosmiczny już się skończył, czy trwa jeszcze do dziś?

Niektórzy sądzą, że celem lądowania na Księżycu było wygranie kosmicznego wyścigu z Rosjanami. Gdyby tak było, wykonano by jeden lot i na tym koniec. Tymczasem program Apollo obejmował wiele lotów na Księżyc w celu jego eksploracji. To właśnie eksploracja od samego początku była podstawowym celem i miała służyć rozwojowi ludzkości całego świata. Mało kto wie, że program Apollo był programem współpracy z wieloma krajami. Na przykład, pierwszy eksperyment na Księżycu był dziełem Szwajcarów i dotyczył badania wiatru słonecznego. Bardzo nie lubię, jeśli ktoś twierdzi, że inspiracją do podróży kosmicznych jest rywalizacja: kiedyś Amerykanów z Rosją, obecnie Amerykanów z Chinami. Nie znoszę rozmów o wyścigu kosmicznym, ponieważ myślę, że jedyną szansą na sukces w przyszłości będą programy współpracy. Loty na Księżyc, a w szczególności na Marsa, będą bardzo drogie. Nie widzę obecnie żadnego kraju, który byłby w stanie działać na własną rękę. Mówimy o tym w Stanach, bo mamy miliarderów Elona Muska, Jeffa Bezosa i wiele prywatnych firm tworzących komercyjny sektor kosmiczny. Mam poważne wątpliwości, czy firmy te naprawdę rozumieją, jak poważne problemy będziemy musieli rozwiązać. Uważam, że cały świat będzie musiał podzielić się fachową wiedzą, aby odnieść sukces. Nawet

niewielkie kraje będą mogły się do tego przyczynić. Jako przykład podam Zjednoczone Emiraty Arabskie, które rozwijają własny program kosmiczny i za kilka miesięcy zamierzają wysłać swojego astronautę, oraz umieścić satelitę wokół Marsa. Kraj ten posiada pewną krytyczną technologię, która przyda się w większym programie na Marsa. Współpraca to podstawa.

2. Dlaczego ludzie tak mało kojarzą osoby, które orbitowały wokół Księżyca w programie Apollo?

Dwunastu facetów chodziło po powierzchni Księżyca i o nich się mówi, ponieważ byli bardziej medialni. Dowódców takich jak ja było tylko sześciu, jesteśmy więc bardziej ekskluzywnym klubem. I powiem Państwu bardzo szczerze, że jeśli w tamtych czasach ktoś chciał być dowódcą załogi, stawał się pilotem modułu dowodzenia. Piloci lądowników księżycowych nie byli dobrymi kandydatami na dowódców.

3. Czym zajmował się Pan naukowo i jaki jest ostateczny wynik tej pracy?

Wyniki analizowane są do dzisiaj. Naukowcom zajmuje to bardzo dużo czasu. Wyniki z wszystkich misji, nie tylko Apollo 15, nadal są opracowywane w wielu laboratoriach na świecie. Co odkryliśmy? Bazując głównie na aktywności sejsmicznej Księżyca wynika, że Księżyc jest podobnie zbudowany jak Ziemia. Stały rdzeń obudowany jest ruchomym rdzeniem, a wszystko okryte jest płaszczem. Zdaje się, że Księżyc jest częścią Ziemi, co potwierdzają badania chemiczne. Dziesięć lat temu astronomowie powiedzieliby, że to nonsens. Dziś przyjmuje się, że Księżyc to kawałek Ziemi wyrwany w dawnej przeszłości przez duży obiekt. Zgadzam się z tą hipotezą. Jeśli chodzi o Księżyc, to znajdujemy wiele nowych faktów, ale do uzyskania ostatecznej odpowiedzi na wszystkie pytania jest jeszcze daleko.

4. Kiedy człowiek stanie na Marsie?

Zajmie to lata, 30, 40 lat...dlatego, że nie mamy rozwiązań na poważne problemy, jakie pojawią się w drodze. Jednym z nich jest promieniowanie kosmiczne. Układ Ziemia-Księżyc znajduje się w ochronnej warstwie

magnetosfery. W drodze na Marsa Słońce świeci pełnią mocy. Nie wiemy, co się stanie z mózgiem człowieka w takim środowisku i czy powrót takich ludzi będzie w ogóle możliwy. W czasie naszego lotu na Księżyc prowadziliśmy badania związane z promieniowaniem kosmicznym. Zakładaliśmy opaski na oczy i zliczaliśmy ilość jasnych błysków, smugi jak po przelocie meteorów wyznaczane przez zjonizowane cząsteczki. Cząsteczki te były moderowane przez magnetosferę. To samo zjawisko bez naturalnej ochrony będzie bardzo niebezpieczne.

5. Jaki trening dla astronautów jest bardziej potrzebny w obecnych czasach: psychiczny czy fizyczny?

Obecnie astronauci nie latają, tylko przygotowują się do długoterminowych podróży w kosmos. Badania prowadzone są na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Rosyjski kosmonauta Krikalow pobił rekord w długości czasu spędzonego poza Ziemią. Zbierane są tam dane fizjologiczne, na podstawie których analizuje się zmiany i tempo tych zmian w organizmie człowieka. Obserwuje się kilka niepokojących faktów, głównie problemy ze wzrokiem. Kiedy nas szkolono, trenowaliśmy fizycznie nie dlatego że musieliśmy, ale dlatego, że chcieliśmy i lubiliśmy to robić. Wszyscy byliśmy wysportowani i nie mieliśmy problemów z treningami, poza Neilem Armstrongiem. Zdradzę wam sekret, że kiedy Armstrong został zapytany o stosunek do wysiłku fizycznego, ten odpowiedział, że ze względu na ograniczoną ilość uderzeń serca w życiu człowieka, nie będzie marnował ich na sport. Trening fizyczny nie był dla ówczesnych astronautów wyzwaniem. Wyzwaniem natomiast były zagadnienia umysłowe: myślowe, naukowe, techniczne; przykładowo rozpoznawanie i wybór skał na Księżycu. W kontekście przygotowań do podróży na Marsa, zanim pomyślimy o doborze optymalnego treningu, trzeba najpierw zastanowić się, jaki dobrać rodzaj załogi. Wiele osób twierdzi, że pierwszą załogę na Marsa powinny stanowić starsze kobiety.

Tu w Krakowie żył astronom Kazimierz Kordylewski, który w roku 1961 odkrył obłoki zwane pyłowymi księżycami Ziemi (obłokami Kordylewskiego). Czy może nam Pan przybliżyć szczegóły swoich obserwacji tych obłoków z orbity okołoksiężycowej?

Miałem nawet nadzieję, że uda mi się nakręcić film o tych słabych odbiciach światła słonecznego od międzyplanetarnego pyłu krążącego wokół Słońca. Obłoki tego pyłu można obserwować najlepiej w punktach libracyjnych układu Ziemia-Księżyc. To miejsca, w których równoważą się siły grawitacji Ziemi i Księżyca. Gdyby umieścić w takim punkcie statek kosmiczny, pozostałby tam na zawsze, no chyba, żeby odpalił silniki. Naukowcy są przekonani, że w szczególności punkty libracyjne L4 i L5 mogą z czasem stopniowo zatrzymywać pył. Zamontowałem kamerę w oknie, delikatnie przesunąłem statek kosmiczny, tak żeby kamera celowała dokładnie w przewidziane efemerydą położenie obłoku, a następnie próbowałem utrzymać go nieruchomo podczas robienia zdjęć. W przypadku długich czasów ekspozycji (np. 10 s) niemożliwe było trzymanie modułu dowodzenia całkowicie nieruchomo, a wszelkie zdjęcia były trochę rozmazane. Pomimo to, miałem nadzieję, że uda mi się uchwycić obraz tego bardzo słabego i dziwnego bytu naszego astronomicznego sąsiedztwa. (Raport naukowy z tych obserwacji zamieszczono w książce „Kazimierz Kordylewski jako człowiek i astronom", wyd. AN, Kraków 2020, str. 160, link: http://astronomianova.org/publikacje.php?lang=pl; Przypis Red.)

Al Worden udzielający wywiadu Karolinie Gawlik.

Astronautą być...

Agata Kołodziejczyk

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

21 marca 2021 roku Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) ogłosiła długo wyczekiwany nabór na astronautów. Poprzednia rekrutacja miała miejsce w 2008 r. W celu zwiększenia poziomu zgłaszających się osób, astronauta Tim Peake wraz z ESA napisali książkę „The Astronaut Selection Test Book" (książka testów selekcji astronautów), ujawniając w niej wiele ciekawych pytań i zadań konkursowych z poszczególnych etapów selekcji. Dzięki tej książce kandydaci mają możliwość ćwiczenia niektórych, zdawałoby się nawet niemożliwych do pokonania, wyzwań dla pamięci, zręczności, orientacji i koncentracji, wielozadaniowości i sprawności motorycznej. Niektóre z tych ćwiczeń zostaną opisane poniżej.

Obecny konkurs okazał się niezwykły zarówno pod względem ilości zgłoszeń, jak i zmiany polityki wewnętrznej ESA. Dotychczas tylko kraje opłacające składki na załogowe loty kosmiczne mogły brać udział w rekrutacji. Ze względu na zmiany w zarządzaniu Agencją i zmianą jej Dyrektora Generalnego ustanowiono, że zmianie ulegnie również konkurs. Dwadzieścia dwa kraje członkowskie, bez względu na opłacane składki, mogły zgłaszać swoich kandydatów. Polacy, po raz pierwszy w historii, mogli zmierzyć się z całą Europą w konkursie na astronautów. Celem konkursu było wyłonienie korpusu sześciu astronautów, jednego para-astronauty (osoby niepełnosprawnej, która poleci w kosmos), oraz dwudziestu osób rezerwowych.

Aplikacje należało złożyć do dnia 18 czerwca 2021 roku. Zgłosiło się 23307 osób, z czego 22000 zostało odrzuconych w ramach wstępnej selekcji. Z 200 osób aplikujących na stanowisko para-astronauty, 171 odrzucono. Kobiety stanowiły 24% (5400). W roku 2008 było ich relatywnie mniej bo 15.5%, a wszystkich kandydatów było 8413, w tym 1287 kobiet i 7043 mężczyzn. W obecnej rekrutacji najwięcej zgłosiło się Francuzów

– 7131 osób. Potem byli Niemcy (3700), Wielka Brytania (1979), Włochy (1860), Hiszpania (1344) i Belgia (1019). Z Polski aplikowało 549 osób: 421 mężczyzn i 128 kobiet. Wśród nich byłam też ja.

Aplikacje można było składać tylko przez dedykowaną stronę internetową. Po wypełnieniu kwestionariusza należało dołączyć CV, list motywacyjny, kopię paszportu oraz certyfikat uzyskania drugiej klasy zdrowia lotniczego. Badania w Wojskowym Instytucie Medycyny Lotniczej w Warszawie trwały pół dnia i obejmowały morfologię krwi, analizę moczu, rentgen klatki piersiowej, proste testy psychologiczne, badanie wzroku i słuchu. Ciekawe było badanie sprawności błędnika. Siadało się na krześle obrotowym a badający włączał metronom, w rytm którego należało kiwać głową naprzemiennie w lewo, na wprost, w prawo, na wprost ... i tak przez dwie minuty. Wyśmienita zabawa. Na koniec badano ciśnienie. Miałam trochę za wysokie. Pomiar powtórzono i wszystko okazało się w porządku. Dostałam certyfikat.

Selekcja na astronautę to złożony proces. ESA rozdzieliła go na sześć etapów zwanych rundami. Ostatnia runda zakończy się jesienią 2022. Wtedy też poznamy nowych astronautów, którzy szkoleni będą do długoterminowych misji kosmicznych, do misji księżycowych, a może nawet i do misji marsjańskich. Pierwszym etapem selekcji jest tzw. screening, czyli ogólny przegląd zgłoszeń. Wtedy dokonuje się wyboru osób, które zostaną zaproszone do drugiego etapu, polegającego na całodziennym testowaniu podstawowych zdolności i cech osobowości kandydata. W trzecim etapie kandydaci testowani są nie tylko indywidualnie, ale również w grupach w celu określenia zdolności pracy w grupie. Czwarta runda to zaawansowane badania medyczne i wytrzymałościowe, gdzie badana jest kondycja fizyczna i psychiczna kandydata. Piąty etap to ustny egzamin komisyjny. Ostatnie przesłuchanie w obecności Dyrektora Generalnego ESA w rundzie szóstej, to decydujący moment kariery. Selekcja para-astronautów różni się jedynie badaniami medycznymi na etapie pierwszym i czwartym. Wszystkie testy rekrutacyjne objęte zostały klauzulą tajności ze względu na ochronę danych i zapewnienie równych szans kandydatom, którzy w różnym czasie zdają testy.

1391 kandydatów oraz 29 aplikujących na para-astronautów zostało zaproszonych do Niemieckiej Agencji Kosmicznej w Hamburgu. Znajduje się tam Oddział Psychologii Kosmicznej i Lotniczej. Nowoczesny budynek z salami egzaminacyjnymi w przyjemnym otoczeniu. W salach

znajdują się ustawione w idealnym porządku rzędy biurek z pojedynczymi krzesłami, monitorami dotykowymi, joystickami, słuchawkami, kartkami papieru i czarnymi długopisami. Sal nie wolno fotografować. Wejść tam można tylko na wezwanie egzaminatora, a siada się tylko przy konkretnym biurku, również wyznaczonym przez egzaminatora.

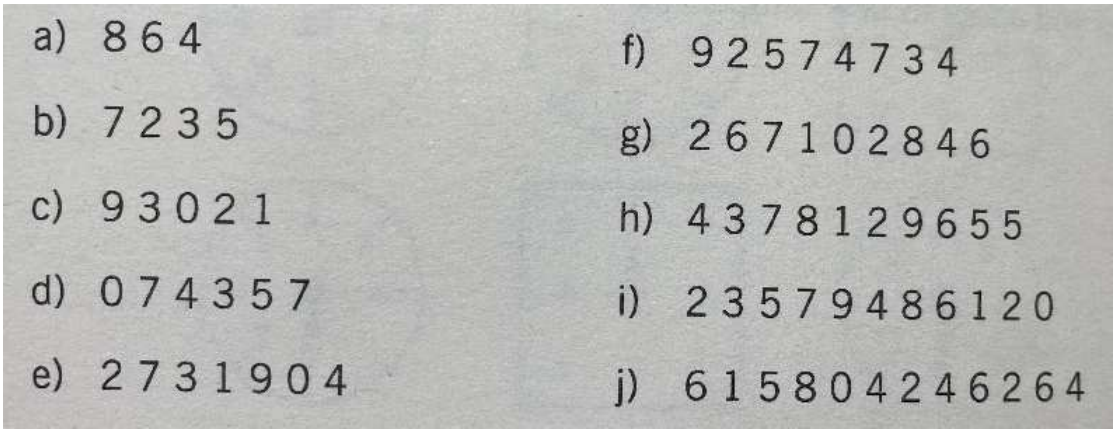
Namówiono mnie do składania aplikacji. Nie byłam do tego w pełni przekonana. Nie dlatego, żebym czuła się za słaba. Miałam świadomość, że dla poważnego udziału w konkursie, należy rzucić wszystko i zacząć mocno trenować. Intensywnie ćwiczyć sprawność ciała i umysłu! A było to w moim przypadku po prostu niemożliwe. Cały czas zajęta byłam organizacją symulacji misji kosmicznych i szkoleniem napływających ze wszystkich stron świata studentów. Dzieci też wymagają opieki: najmłodsze w wieku niespełna czterech lat i troje starszych, wchodzących już w okres dojrzewania. Jednak racjonalne argumenty ostatecznie ustąpiły ciekawości i chęci dania sobie szansy. Chciałam przynajmniej przejść do drugiej, a najlepiej do trzeciej, rundy rekrutacji, aby zdobyte przy tej okazji doświadczenie wykorzystać podczas szkoleń analogowych astronautów w habitacie. Kiedy przyszedł do mnie e-mail od ESA, bardzo się ucieszyłam.

Dostałam upragnione zaproszenie do Hamburga. Egzamin zaczął się o godzinie 8:00, a skończył o 18:00. Sesji testowych było sześć, poprzeplatanych przerwami. Na egzamin trzeba było przynieść paszport oraz wypełnione ręcznie napisane pięć stron odpowiedzi na pytania kwestionariusza biograficznego. Pytania dotyczyły rozwoju osobistego, między innymi wspomnień ze szkoły i studiów oraz ról społecznych pełnionych w okresie dojrzewania. Proszono o opis przeżytych sytuacji ekstremalnych, sukcesów, porażek, wypadków, urazów, traum, chorób, doświadczeń, rozczarowań i wydarzeń specjalnych, takich jak wesele czy narodziny dziecka. Pytano też o rzeczy standardowe, takie jak hobby i zainteresowania osobiste. Na koniec proszono o uzasadnienie, jakie cechy i wady charakteru skłoniły kandydata do udziału w rekrutacji oraz co go skłoniło do udziału w naborze. Do tego opisu dołączyć należało szereg dokumentów oraz kartę treningową testów.

Większość testów, bo aż osiem, rozwiązywane było tylko na ekranie dotykowym. W przypadku zadań z matematyki, fizyki, chemii i techniki, obliczenia można było wykonywać na kartkach brudnopisu. Wszystkie one wymagały skupienia, ponieważ średnio na jedno zadanie można było poświęcić nie więcej niż dwie minuty. Nie zawsze można było zostawiać najtrudniejsze zadania na koniec. W większości przypadków należało

rozwiązać serię trzech zadań, aby umożliwić dostęp do kolejnych pakietów. Pomiędzy nimi wpleciono relaksacyjne testy psychologiczne, gdzie jedynym problemem było ograniczenie czasowe i tym samym wymuszone odpowiadanie na pytania bez zastanowienia (na przykład 400 pytań na 45 minut). Przedostatni, najdłuższy test obejmujący fazę uczenia trwał 45 minut: 30 minut treningu i 15 minut ewaluacji. Dla graczy komputerowych i pilotów z doświadczeniem na symulatorach to była czysta przyjemność. Stanowisko egzaminacyjne zamieniło się w kokpit samolotu, na którym badano koordynację ruchową oraz zdolność wykonywania trzech różnych zadań w jednej chwili. Pierwszym zadaniem było koordynowanie lotu. Należało użyć joysticka do utrzymywania pozycji – „góra", „dół", „prawo", „lewo". Pozycje określane były przez dwa zegary wyświetlane na ekranie. Zielone strzałki na zegarach wskazywały kierunki, jakie należało symultanicznie utrzymywać. Kolejnym parametrem, który egzaminowany musiał kontrolować, to była moc silnika. Kiedy lot odbywał się w górę, należało na ekranie dotykowym nacisnąć przycisk „plus". Przy obniżaniu lotu należało zmniejszyć moc silnika poprzez naciśnięcie przycisku „minus". Trzecim zadaniem było słuchanie komend padających w trybie ciągłym w słuchawkach i szybkie reagowanie przy jednoczesnym utrzymywaniu prawidłowych parametrów lotu. Po usłyszeniu kolejno trzech liczb parzystych trzeba było nacisnąć jak najszybciej zielony guzik. Z kolei po trzech liczbach nieparzystych należało jak najszybciej nacisnąć guzik czerwony. Szeregi liczbowe w słuchawkach padały z różną prędkością i zmiennością parametrów głosu. Ćwiczenia na symulatorze, w połączeniu z trzema kontrolowanymi parametrami, wykonywane były w gradiencie od łatwego do najtrudniejszego. Najpierw było zadanie ze wznoszeniem i lądowaniem, potem zakręt w lewo, zakręt w prawo, potem zakręty w połączeniu ze zmianą wysokości i wreszcie utrzymanie toru lotu w czasie turbulencji. Na sam koniec zaserwowano test koordynacji ruchowej na sam joystick. Należało utrzymać kursor na poruszających się w różne strony blokach. Zadanie było znacząco trudniejsze niż utrzymanie pozycji na zegarach symulatora lotu, ponieważ wymagało znacznie większej dokładności i szybkości reagowania.

Niektóre testy były dla mnie znajome i proste, np. podstawowa znajomość języka angielskiego, matematyki i techniki. Zadania były w większości na poziomie szkoły średniej. Dużo trudniejsze i wymagające szczególnej ostrożności były testy szybkości postrzegania, zdolności zapamiętywania, stopnia koncentracji czy wyobraźni przestrzennej. Najtrudniejsze dla mnie było zapamiętywanie liczb i odtwarzanie ich w kolejności od końca (Rys.1). Również trudnym testem było zapamiętywanie cyfr na

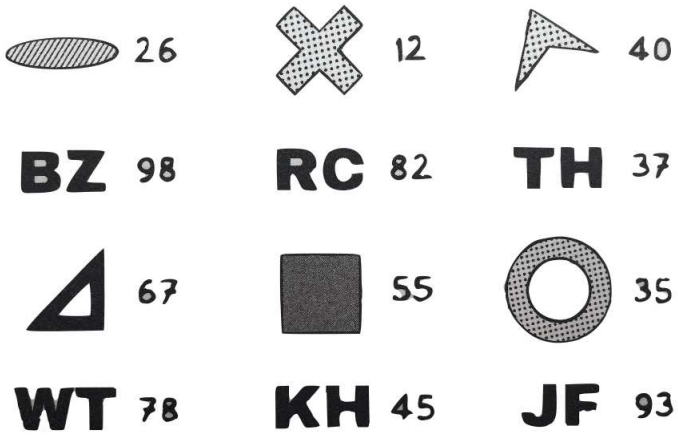


Rysunek 1. Test pamięci krótkotrwałej. Poproś drugą osobę, aby odczytywała dowolnie wybrane ciągi cyfr. Po odczytaniu staraj się wymienić usłyszany ciąg cyfr w odwrotnej kolejności. Zadanie zaprezentowano w książce Tima Peake'a i ESA. W rzeczywistości test ten wykonywało się w około dwudziestu powtórzeniach. Ciągi liczb były zdecydowanie dłuższe. Szybkość podawania liczb była duża, bardzo duża i zmienna, co dodatkowo utrudniało zapamiętywanie. Również ograniczony był czas na zapisanie zapamiętanych liczb (3 s).

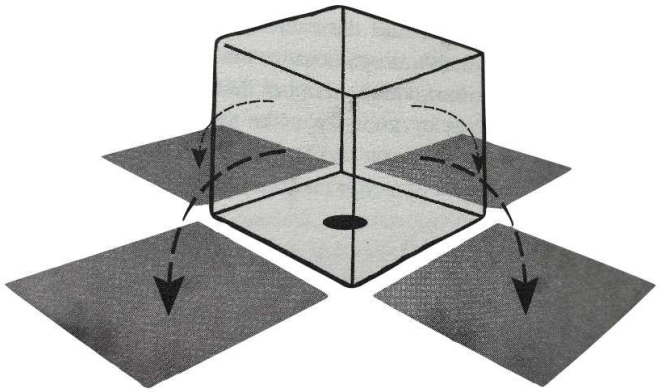
zegarach o różnych kształtach i kolorach (Rys. 2) albo zapamiętywanie cyfr z kształtami (Rys. 3). Przy takim wysiłku umysłowym odpoczynkiem zdawał się test obracania kostką z kropką na jednym boku (Rys. 4). Głos w słuchawkach mówił jak obracać kostką: do przodu, do tyłu, w lewo, w prawo, a w wyobraźni kostka tylko śmigała to w jedną, to w drugą stronę. I znowu brak czasu na zastanowienie, tylko natychmiastowa odpowiedź. Po tym wszystkim głowa pękała jak balon w stratosferze, ale warto przeżyć taką przygodę.

Nie dostałam się do kolejnej rundy. Pozostaje mi więc tylko trzymać kciuki za innych Polaków. Polska nie płaci składki na załogowe loty kosmiczne, więc jeśli wybrany zostanie Polak, prawdopodobnie będzie w rezerwie. Co to oznacza? Osoby w rezerwie nie będą zatrudnione przez ESA, ale będą miały zapewnione badania medyczne raz w roku. Będzie im też zaproponowany profesjonalny trening w Centrum Szkolenia Astronautów w Kolonii, jeden tydzień na rok. Następna rekrutacja jest planowana za pięć lat, czyli dwa razy szybciej niż w poprzednich latach. Oznacza to więcej ludzi w kosmosie. Ten trend widać również w przypadku innych agencji kosmicznych, które coraz więcej wysiłku wkładają w rozwój załogowych lotów kosmicznych.

Rysunek 2. Test percepcji wzrokowej. Zakryj kartką rysunek. Następnie odkryj kartkę i jak najszybciej zapamiętaj dane numeryczne widoczne na wskazanych instrumentach pomiarowych (tarczach zegarów). Masz 3 sekundy na odczytanie w kolejności od góry do dołu liczb, które wskazują czarne zegary. Zakryj kartkę ponownie. Zapisz wynik. Odkryj ponownie kartkę. W kolejne 3 sekundy odczytaj dane z białych zegarów. Zakryj kartkę. Zapisz wynik. To również zadanie zaprezentowane w książce treningowej. W rzeczywistości zegary były wybrakowane czyli nie było liczb poza kilkoma, które definiowały orientację. Zegary bowiem by poprzewracane w ten sposób, że raz nr 8 był na górze, raz na boku, raz na dole...



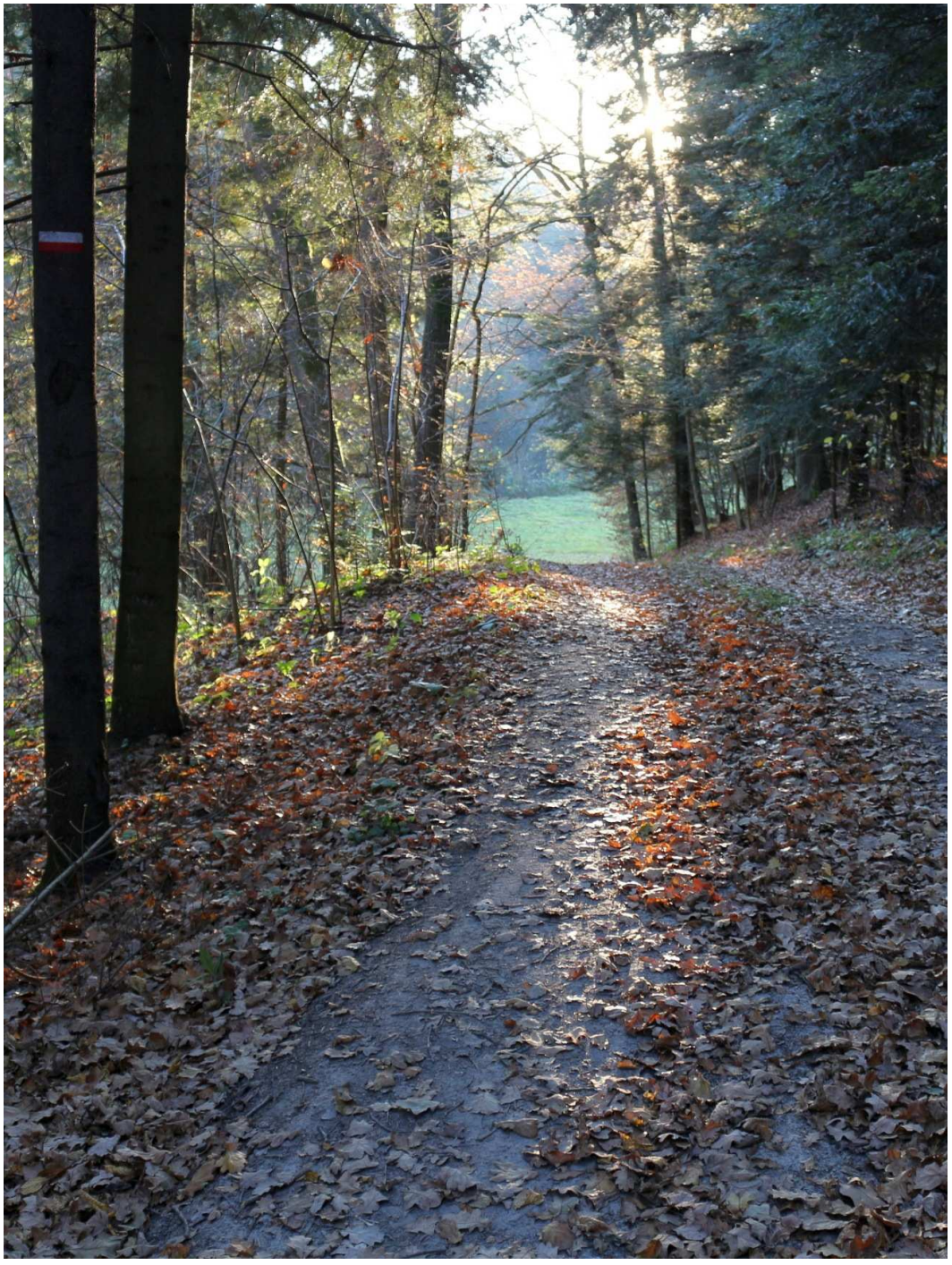
Rysunek 3. Test pamięci wzrokowej. Przyjrzyj się uważnie w czasie 3 minut na rysunek prezentujący kompozycje liczb z kształtami. Staraj się zapamiętać poszczególne rzędy i kolumny. Następnie odtwórz cały rysunek. W rzeczywistości test ten był znacznie trudniejszy i polegał na jednoczesnym prezentowaniu dwóch par liczba – kształt. W tym samym czasie należało dopasować kształt albo liczbę do poprzednio prezentowanych obiektów. Oznaczało to, że oprócz zapamiętywania kolejnych nowych obiektów, trzeba było pamiętać o wcześniejszych. Całe zadanie wykonywane było w ostrym reżimie czasowym. (Źródło: Tim Peake i ESA).



Rysunek 4. Test świadomości przestrzennej. Obracaj kostką zaprezentowaną na rysunku zgodnie z czterema kierunkami: do przodu, do tyłu, w prawo, w lewo. W wyobraźni poruszaj kostką w następujący sposób: a) do przodu, w lewo, do przodu, w prawo, do tyłu, w prawo. Gdzie teraz znajduje się kropka? b) Wyobraź sobie tę samą kostkę z kropką na dole. Obracaj kostką do przodu, w prawo, w prawo, do przodu, w lewo, do tyłu, w lewo. Gdzie teraz znajduje się kropka? (Źródło: Tim Peake i ESA)

***

Agata Kołodziejczyk (kwiecień 2021)



Migawka z rzepiennickiego szlaku 108 minut.

Rzepiennik as „Space Village”

Agata Kołodziejczyk

Queen Jadwiga Astronomical Observatory in Rzepiennik Biskupi, Poland

Rzepiennik, village in South – East of Poland, is unique when it comes to space. The first analogue space mission in Poland took place here, on August 15-21, 2016, in the domes of the astronomical observatory in Rzepiennik Biskupi. The well-kept houses of the inhabitants are scattered across the mountains and valleys in such a way that the night sky is still dark enough to see the five clouds of the Milky Way. Fewer and fewer such places exist on Earth due to street light pollution. No wonder why the private astronomical observatory of Queen Jadwiga was established in this location, founded by astronomers Magdalena and Bogdan Wszołek (oajadwiga.pl). There is not a single astronomer in several Polish cities, for example in Częstochowa, while in Rzepiennik village there are as many as three, including two with PhDs. These astronomers are the above-mentioned Magdalena and Bogdan and their daughter Agnieszka Kuźmicz.

On the occasion of the 60^{th} anniversary of the first man's flight into space, on the initiative of Bogdan Wszołek, the Gagarin Trail with valuable educational boards was opened. The trail leads through the picturesque areas of Rzepiennik, evoking 108 minutes of Yuri Gagarin's flight into orbit. For three years now, stratospheric balloon launches and rocket models launches have been taking place in the panoramic areas of the Rzepiennik, uniting astronautics enthusiasts from all over the world. The rocket workshops are organized on the initiative of Agata Kołodziejczyk (the second daughter of the Wszołek family) by the Polish Rocket Society (rakiety.org.pl) in cooperation with the Analog Astronaut Training Center (AATC) (www.astronaut.center) and the Astronomia Nova Association (astronomianova.org). Also on the initiative of Agata Kołodziejczyk, since 2018, space enthusiasts from all over the world have been coming to Rzepiennik to empathize with the role of an astronaut and

The first station of the Gagarin's Trail is located in the astronomical observatory in Rzepiennik Biskupi. 8 stations are distributed on the trail to reveal 108 minutes of flight of the first man in space. Educational tables are written both in Polish and English.

undergo unique training in her own wooden hut in Rzepiennik transformed into a space base. The house is inconspicuous, hard to access, but these are the advantages of such a place. Newcomers from the Americas, Europe and Asia admire the night sky in Rzepiennik, the beauty of nature and the kindness of its inhabitants. Here they find their dream Moon and Mars in a simulated space base called a habitat.

The road to the habitat leads from Krakow's Balice airport. The journey takes place in the cover of the night, so that the participants of the mission do not know where they are being taken in a black tinted corporate van. A number of documents to sign, such as consents for monitoring, participation in research or mental and physical health declarations – all they increase the mystery. Each person is closely observed and the decision for boarding is made just before the mission launch. The simulation of a space mission takes place in conditions as close as possible to those in orbit on the International Space Station. For a week or two (depending on the type of mission), the crew cannot see sunlight and have no access to Earth time. The locks are closed and only emergency situations allow crew to leave the base after prior approval by the Mission Control Center. The isolation of the crew in the habitat is quite different from that known from the quarantine, because the base

Analog astronauts from Yurija mission on top of the Queen Jadwiga Observatory's tower. Standing from the left: Salome Gervasoni (France), Murray Mackay (Scotland), Eleonora Kaiser (Cyprus), Bogdan Wszołek (owner of the observatory), Simonas Pukinskis (Lithuania). In the first row: Przemysław Rudziński (Poland) and Angelo Miccoli (Italy).

gathers strangers from different parts of the world who have to work together urgently in severe time constraints and harsh living conditions. There is no privacy, there is constant noise in the base from hundreds of electronic devices and most importantly, you should constantly monitor the concentration of carbon dioxide. The first task of the crew upon arrival at the habitat is to properly connect pipes and fans to remove the residual greenhouse gas pockets. The crews are small, from four to six people, but on a small area of the base (57 m^2), this number of people is enough to dangerously raise the concentration of carbon dioxide in moments of inattention and lead to an irritating headache. Same as in space. Therefore, the base in Rzepiennik is becoming more and more popular. Not only the lowest price on the world market is attractive, but also the quality of the mission in terms of acquired experience and career opportunities. So far, 58 Poles and 86 students from abroad have been trained by the owners of the Analog Astronaut Training Center. In total, more than 40 missions were organized, and in 2021 alone, 13 simulations of lunar and Martian missions were carried out in Rzepiennik. This number is currently the largest in Europe, and in the coming years it will continue to increase, which gives a chance to place Poland, in particular the space base in Rzepiennik, first in the world rankings. There are 400 people waiting for the missions and the number is still growing.

During one of our missions, Dr. Sian Proctor of the 2018 SPECTRA lunar mission, in September (2021) flew into space into orbit in the first fully civilian mission Inspiration 4 organized by Elon Musk's Space X. Students who undergo training at Rzepiennik gain internships at NASA and the European Space Agency. The facts show that participation in organized analog missions is not just a fun, but a good investment in being a better version of yourself and a real chance to find a job in the developing new branch of the country's economy, in the space sector. We have nothing to be ashamed of. Not only students, but also professionals from NASA and ESA visit Rzepiennik with undisguised curiosity and delight.

The final day of the rocket workshop is the most interesting and full off emotions. Rocketers launch their newly made rocket models 400 m above the ground and trace their landing trajectory. Successfully landed rockets can fly again.

Preparations for the mission last at least a month before the arrival to Rzepiennik. People willing to participate in the training send their CV and cover letter to agata@astronaut.center. After setting the date of the mission, the participants get acquainted with the scenario of the activities and work regulations in the habitat. The day before the mission, an integration training is organized for the crew in Krakow. One of the tasks is the night entry to the Piłsudski Mound without phones, flashlights, without a word. The crew can only communicate using body language. Physical endurance in a quick uphill climb, leadership skills and group responsibility are tested. Volunteers receive mission patches and a blue flight suits, the same as real astronauts wear. Since putting on the uniform, mission participants become analog astronauts, i.e. people who will perform tasks analogous to real astronauts. In a space

covered with silver foil illuminated by the glow of artificial sun, analog astronauts conduct experiments on plants, animals and people. They investigate the effects of reduced gravity on crop growth, the effects of artificial light on vitamin D production, the effects of isolation on stress, the effects of diet on health, etc.

There are several such bases for simulating space missions in the world, two in Poland: LunAres in Piła and the Analogue Astronaut Training Center in Rzepiennik. Both bases were established on the initiative of Dr. Kołodziejczyk. Together with her partner – multiple analog astronaut and diving instructor Mateusz Harasymczuk, Agata Kołodziejczyk founded the AATC company, which is growing rapidly. There is a growing interest in training in Rzepiennik, as well as in commercial space flights. In 2025, the International Space Station will become a hotel firstly for the rich, later for every space tourist. Multiple passenger ships are being built. Formerly, the only „taxi” into space was the Soviet Soyuz capsule, which could accommodate 3 people on board. Currently, Europe and the US Space Agency are building four-person Orion capsules that will fly to the Moon starting from 2025. In turn, private companies such as Space X and Blue Origin have built 7-seats space minibuses for everyone who can afford to fly. Prices are still high, beyond the possibilities of ordinary people. But this is just the beginning of civilians' journey into space. Diligence and determination will take us wherever we want.

With the prospect of an intensive development of the space sector in the world, we faithfully plan to develop pro-cosmic activity in Rzepiennik. Why here in the countryside and not in technologically advanced urban centers? Maybe not everyone is aware that most of the astronauts recruited by space agencies come from farmers' families. They are not only healthy and strong people, but most of all, they have an idea about life, about repairing machines, and they can cope with difficult conditions. From childhood, these people are taught to be responsible for their house, household members, household animals and plants grown in the fields. Farmer astronauts are kind, grateful people who understand the laws of nature and love the planet Earth. They are the most suitable for space, for a flight into the unknown.

Our dream is to involve the local community in the opening up of cooperation opportunities. One of them is help in organized simulations of space missions, as well as in workshops and camps for young people. In addition to the obvious support of the close family, so far we have used the local services of catering and nursing (Klaudia Beściak). Monika

EMMPOL 5 mission crew simulating microgravity in the habitat in Rzepiennik Strzyżewski. From the left: Ot van Eysendeyk (Belgium), Manuela Raimbault (Switzerland), Aoife van Linden Tol (United Kingdom), Jonas Calling (Belgium), Eline Radstake (Belgium), Silvana Miranda (Portugal). (*fot. A. Linden Toll*).

Launching stratospheric balloon (left) in Rzepiennik and testing rocket's engine in Turza.

Figas was the first local resident to play the role of an analog astronaut. We hope that more and more people from the area will benefit from the unique cosmic qualities of Rzepiennik's region. We would like to thank all those who are already with us and support our educational activities for their great heart and kindness. We hope that the space activities in the commune will bring new jobs and make this beautiful area famous all over the world ... and beyond, up to the stars!

Rzepiennik seen from the stratosphere. Red circles refer to (1) temporary habitat in Rzepiennik Strzyżewski, (2) future habitat in Rzepiennik Suchy (in preparation) with rocket launching area, (3) Queen Jadwiga Astronomical Observatory, (4) rocket engines testing pad in Turza, (5) Mission Control Center House and workshop site for modeling rockets.

Stacja ISS podczas przedostatniej wizyty wahadłowca Endeavour w maju 2011 roku.

Od Saluta do ISS i CSS

Jacek Kruk

W roku 2021 obok działającej od ponad dwóch dekad Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS, International Space Station) na orbicie wokółziemskiej pojawiła się Chińska Stacja Kosmiczna (CSS, China Space Station). Obie stacje są dziedzictwem radzieckiego programu Salut/Mir, który zainicjowany został przed pół wiekiem, gdy w kwietniu 1971 roku wyniesiona została w kosmos pierwsza stacja Salut. Był to obiekt w kształcie cylindra o maksymalnej średnicy 4.15 m, długości 13.1 m, masie 19 t i objętości 83 m^3, z czego 47 m^3 było dostępne dla załogi. Wyniesiony został rakietą Proton-K na orbitę wysokości 220 $\times$ 260 km i nachyleniu 51°.6.

Artystyczna wizja pierwszej stacji Salut i statku Sojuz (z lewej).

Początki programu Salut nie były łatwe. Pierwsza trzyosobowa załoga, która wystartowała w statku Sojuz-10 i miała spędzić na stacji około miesiąca, nie zdołała przejść na pokład Saluta i musiała powrócić na Ziemię już po dwóch dobach. Kolejna załoga w statku Sojuz-11 wystartowała w dniu 6 czerwca 1971 roku i następnego dnia pomyślnie

dotarła do stacji. Trójka kosmonautów odbyła prawie miesięczną, rekordową wówczas, misję naukowo-badawczą na stacji orbitalnej. Niestety, powrót załogi na Ziemię w dniu 29 czerwca 1971 roku zakończył się tragicznie na skutek rozhermetyzowania lądownika statku Sojuz jeszcze przed wejściem do atmosfery. W radzieckich statkach zbyt pochopnie zrezygnowano z używania skafandrów ciśnieniowych; obecnie stosowane są we wszystkich pojazdach załogowych w trakcie krytycznych momentów lotu kosmicznego, takich jak start, cumowanie i lądowanie. Po katastrofie Sojuza-11 załogi radzieckich statków zmniejszono do dwóch osób.

Pierwsza załoga stacji Salut: w takich strojach wysłano w kosmos W. Pacajewa (na pierwszym planie), G. Dobrowolskiego (w środku) i W. Wołkowa.

Radzieckie stacje orbitalne pierwszej generacji (Salut 1 – 5), które były eksploatowane w latach 1971-1977, posiadały tylko jeden węzeł cumowniczy, co uniemożliwiało dostarczanie zapasów w trakcie misji, zatem loty nie mogły trwać zbyt długo. Najdłuższą, 64-dniową, misję zrealizowała druga załoga Saluta-4 w roku 1975, ale ten wynik nie był wówczas rekordem światowym. Od roku 1974 rekord należał do Amerykanów, a konkretnie do trzeciej załogi stacji Skylab i wynosił 84 dni. Program stacji Skylab nie będzie tematem naszych rozważań, bowiem nie miał żadnej kontynuacji – stanowił raczej zamknięcie księżycowego programu Apollo. Przypomnijmy tylko, że loty księżycowe zostały przedwcześnie zakończone w 1972 roku, a niewykorzystane statki załogowe oraz infrastruktura programu Apollo, w tym księżycowa rakieta Saturn, zostały w latach 1973-1974 użyte do trzech misji na zbudowaną *ad hoc* stację Skylab.

Wypada jeszcze zaznaczyć, że do pierwszej generacji Salutów należały stacje dwóch typów – jedne o przeznaczeniu cywilnym i oznaczane

skrótem DOS (*Dołgowriemiennaja Orbitalna Stancja*), drugie o przeznaczeniu wojskowym i kryptonimie Ałmaz. Oba typy miały podobne parametry fizyczne i podobne orbity, determinował je bowiem udźwig rakiety Proton-K. Salut 1 i 4 należały do pierwszego typu, Salut 3 i 5 do drugiego, natomiast Salut-2 uległ awarii na orbicie i nie był wykorzystywany do misji załogowych. Ale była to stacja wojskowa, o czym wówczas oczywiście nie informowano. Ałmazy zostały tylko częściowo odtajnione dopiero w latach 1990-tych. Do obsługi stacji wojskowych opracowano w ZSRR specjalny statek załogowy znany pod skrótem TKS (*Transportnyj Korabl Snabżenia*), prace nad nim ukończono już po rezygnacji z programu Ałmaz. TKS nigdy nie latał z załogą, prawdopodobnie dlatego, że wynosiła go rakieta Proton, nigdy nie dopuszczona do załogowych startów. Jednak konstrukcja tego statku, zwłaszcza sekcja serwisowo-napędowa FGB (*Funkcjonalno-Gruzowoj Błok*), została wykorzystana do budowy modułów naukowych stacji Mir, a także ISS, o czym powiemy nieco dalej.

Statek TKS, z lewej stożkowaty lądownik, u góry stacja Ałmaz.

Wysłana w kosmos 29 września 1977 roku stacja Salut-6 wyposażona została w dodatkowy węzeł cumowniczy na rufie, a w kolejnym roku wprowadzono do użytku statek towarowy Progress oparty na konstrukcji statku Sojuz. Te dwie w sumie niewielkie zmiany pozwoliły znacznie rozszerzyć możliwości stacji, której rozmiary i masa nie zmieniły się. Tak powstała radziecka stacja kosmiczna drugiej generacji. Dzięki drugiemu

węzłowi załogę można było zaopatrywać za pomocą statków towarowych, mogły ją również odwiedzać inne załogi. Przy okazji tych wizyt dokonywano wymiany statków Sojuz, których żywotność w kosmosie początkowo była ograniczona do dwóch miesięcy. W stacji zainstalowano luk do wyjścia w otwartą przestrzeń kosmiczną, co pozwoliło na prowadzenie prac i eksperymentów na zewnątrz stacji. Pierwsza załoga, która wybrała się Sojuzem-25 do Saluta-6, nie zdołała przejść na jego pokład, podobnie jak niegdyś załoga Sojuza-10. Ale potem wszystko poszło jak z płatka i już kolejna załoga pobiła amerykański rekord osiągając 96 dni w kosmosie.

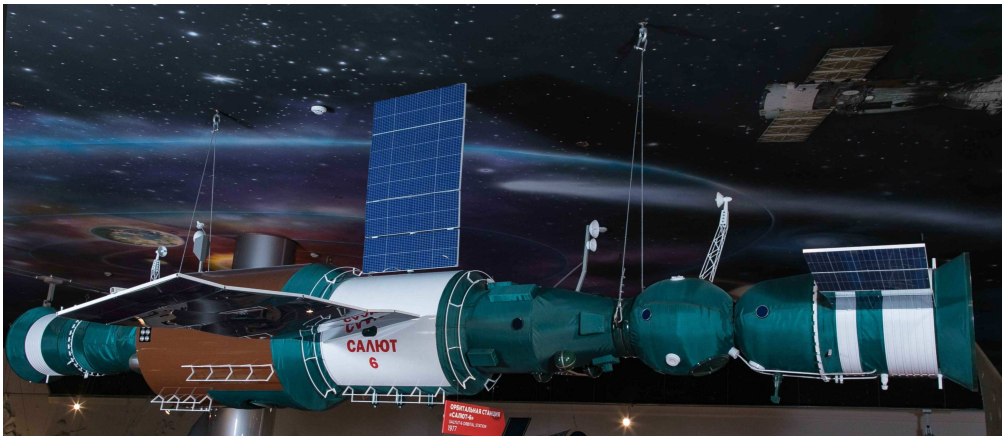
Salut-6 eksploatowany był do maja 1981 roku, na jego pokładzie przebywało ogółem 16 załóg, w tym 5 podstawowych i 11 odwiedzających. Wśród tych ostatnich przeważały załogi międzynarodowe, w których uczestniczyli przedstawiciele tzw. bratnich krajów socjalistycznych, w tym Polski (M. Hermaszewski, czerwiec/lipiec 1978). W listopadzie 1980 roku modyfikacja radzieckiego statku pod nazwą Sojuz-T po raz pierwszy od katastrofy z czerwca 1971 roku dostarczyła na stację załogę 3-osobową, oczywiście w skafandrach. Podstawowe załogi Saluta-6 pozostały jednak dwuosobowe i spędzały w kosmosie coraz dłuższe okresy: 139 dni (1978), 175 dni (1979) i 184 dni (1980). Ostatnia załoga opuściła stację 26 maja 1981 roku, ale jeszcze w trakcie jej misji wysłany został na orbitę statek TKS (bez załogi) pod nazwą Kosmos-1267. Zacumował on automatycznie do opuszczonej już stacji 19 czerwca 1981 roku. Lądownik statku automatycznie sprowadzono na Ziemię 25 maja 1982 roku, a jego przedział napędowy wykorzystany został do likwidacji Saluta-6 w dniu 29 lipca 1982 roku.

Wyeksploatowaną stację zastąpił analogiczny Salut-7 w kwietniu 1982 roku. Jego pierwsza załoga ustanowiła w grudniu 1982 roku kolejny rekord czasu spędzonego w kosmosie: 211 dni. Trzecia załoga podstawowa, która przybyła na stację w składzie 3-osobowym, ustanowiła w październiku 1984 roku nowy rekord pobytu, który wynosił 237 dni. Na Salucie-7 przebywało ogółem 10 załóg, w tym 5 podstawowych i 5 odwiedzających, między innymi z udziałem przedstawicieli Francji i Indii. Również do tej stacji dołączono bezzałogowy statek TKS (pod nazwą Kosmos-1443), stało się to 10 marca 1983 roku pod nieobecność załogi na Salucie-7. Załoga, która dotarła do stacji w kwietniu 1983 roku, po raz pierwszy miała okazję wejść na pokład statku TKS, który przywiózł na stację ok. 3 ton sprzętu i paliwa. Lądownik statku TKS powrócił na Ziemię 23 sierpnia 1983 roku, a przedział napędowy spłonął w atmosferze miesiąc później. Ostatni statek TKS (pod nazwą Kosmos-1686) dołączono do

Autor przy lądowniku statku TKS w Moskiewskim Instytucie Lotniczym (maj 1994).

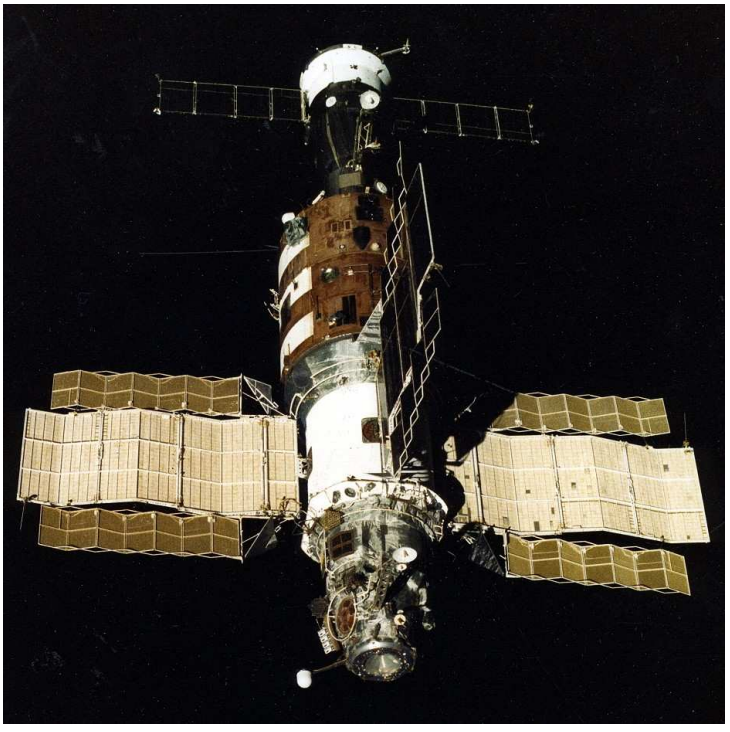
Saluta-7 w dniu 2 października 1985 roku, on również był odwiedzony przez dwie ostatnie załogi stacji. Podobnie jak Kosmos-1267 w przypadku Saluta-6, ostatni TKS pozostał w połączeniu z Salutem-7 już po opuszczeniu go przez ostatnią załogę, jednak nie posłużył do zrzucenia stacji do atmosfery, lecz przeciwnie – podniósł jej orbitę do wysokości 474 × 492 km. Salut-7 wraz z Kosmosem-1686 krążył wokół Ziemi aż do lutego 1991 roku, gdy nastąpił jego niekontrolowany upadek na Ziemię.

19 lutego 1986 roku rakieta Proton-K wyniosła na orbitę pierwszy moduł nowej stacji Mir. Jest ona określana stacją trzeciej generacji, gdyż dzięki czterem dodatkowym węzłom cumowniczym umieszczonym poprzecznie w stosunku do dwóch węzłów osiowych pozwalała na rozbudowę przestrzenną poprzez dołączanie nowych modułów. Te dodatkowe moduły naukowo-badawcze, oparte na konstrukcji statku TKS, również wynoszone były rakietami Proton-K. Tak więc rakieta o udźwigu 20 ton umożliwiła powstanie na orbicie złożonego obiektu o łącznej masie 140 ton! Mir stanowił szczytowe osiągnięcie radzieckiej (potem już rosyjskiej) technologii kosmicznej. Pierwsza załoga przybyła do stacji 15



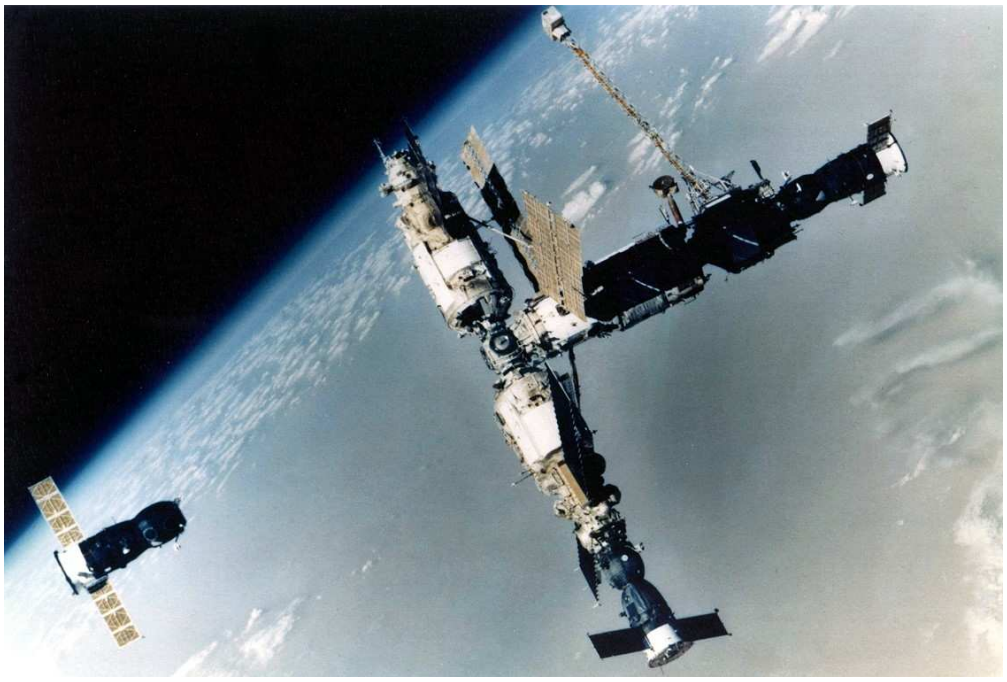
Model Saluta drugiej generacji pokazuje jego możliwości – z prawej zacumowany statek Sojuz, z lewej – Progress.

marca 1986 roku, natomiast ostatnia opuściła ją 15 czerwca 2000 r. Ogółem do Mira dotarło 39 statków załogowych z 137 osobami na pokładzie, ponieważ jednak niektórzy członkowie załóg byli tam parokrotnie, łączna liczba osób, którzy przewinęli się przez stację wyniosła 104. Dodajmy jeszcze, że w momencie wysłania pierwszego modułu Mira, funkcjonował jeszcze na orbicie Salut-7. Pierwsza załoga Mira w statku Sojuz T-15 dokonała jedynego w historii przelotu pomiędzy dwiema stacjami: po 50 dniach na Mirze spędziła kolejne 50 na Salucie-7 i ponownie wróciła na ostatnie 20 dni do Mira.



Salut-7 widziany z oddalającego się statku Sojuz T-13. U dołu zwolniony przedni węzeł cumowniczy, w węźle rufowym zacumowany Sojuz T-14 (wrzesień 1985).

Do Mira stopniowo dołączano nowe moduły – najpierw moduł astrofizyczny Kwant, który ulokowano w tylnym węźle osiowym w kwietniu 1987 r. Posiadał on na swojej rufie węzeł pasywny dla statków załogowych i towarowych. W listopadzie 1989 roku dołączono moduł technologiczny Kwant-2, który zacumował najpierw do przedniego węzła osiowego, a następnie został przeniesiony do węzła bocznego przy pomocy niewielkiego manipulatora ASPr (*Awtomaticzeskaja Sistiema Pieriestykowki*). W ten sposób stacja przybrała kształt litery L, a przedni węzeł został uwolniony dla statków Sojuz i Progress, a także kolejnych modułów. Kwant-2 miał aparaturę do obserwacji astrofizycznych i geofizycznych, posiadał urządzenia do eksperymentów technologicznych oraz komorę śluzową do wyjść w otwartą przestrzeń kosmiczną. Wyposażono ją w plecak odrzutowy wzorowany na amerykańskim MMU pozwalający (teoretycznie) na swobodne poruszanie się kosmonauty poza stacją. W czerwcu 1990 roku do stacji dotarł kolejny moduł Kristałł, który zacumował do przedniego węzła, po czym manipulatorem został przeniesiony do docelowego węzła bocznego naprzeciw Kwanta-2. Stacja przybrała wówczas kształt litery T.



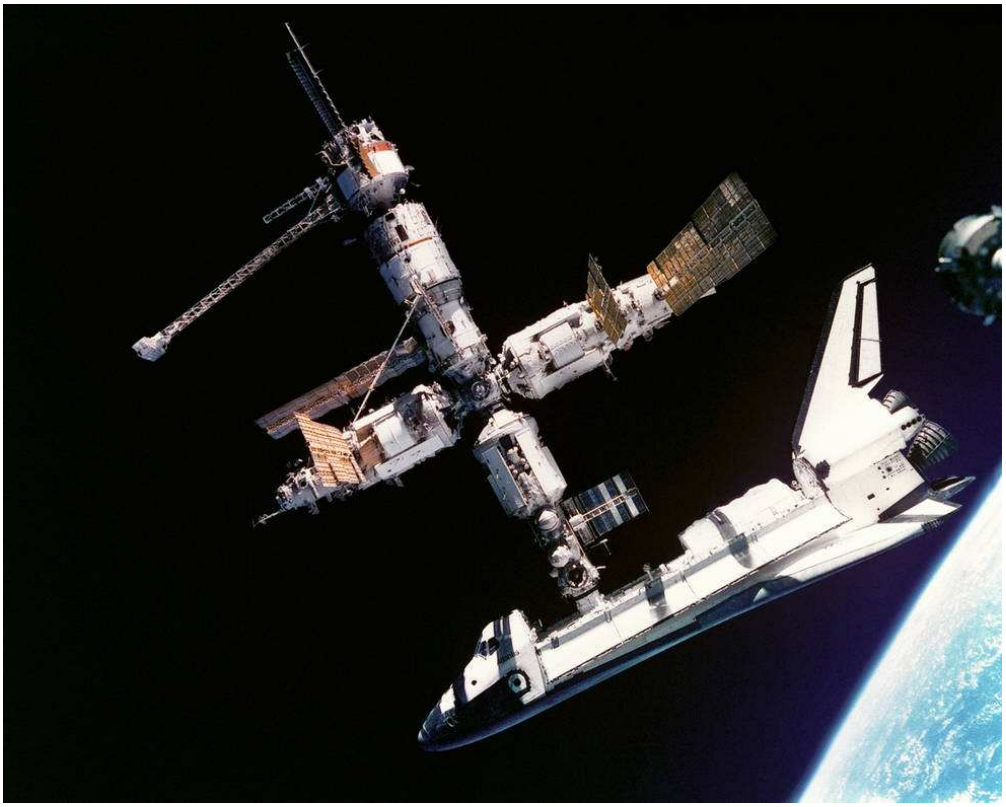
Mir w roku 1990 przybrał kształt litery T: tworzą ją moduły Kwant-2 (u góry), Kristałł (u dołu), moduł bazowy (w środku) i Kwant (z prawej), widoczne także 3 statki transportowe.

Kristałł także przeznaczony był do eksperymentów technologicznych, posiadał piece do uzyskiwania rozmaitych stopów w nieważkości oraz urządzenia do hodowli kryształów, co znalazło odzwierciedlenie w jego nazwie. Wyposażenie i wysłanie dwóch ostatnich modułów – Spiektr

i Priroda opóźniło się znacznie z uwagi na rozpad Związku Radzieckiego oraz kryzys gospodarczy w nowopowstałym państwie rosyjskim. Po podpisaniu umowy z NASA strona amerykańska mogła dofinansować wyposażenie modułów, jednocześnie zaplanowano loty wahadłowców Space Shuttle do Mira i udział amerykańskich astronautów w długotrwałych misjach na stacji. Wreszcie w maju 1995 roku moduł Spiektr, nazywany też modułem optycznym, został wysłany w kosmos i w czerwcu zacumował do przedniego węzła osiowego Mira, po czym został przeniesiony manipulatorem do węzła dolnego. Tymczasem moduł Kristałł, który miał węzeł cumowniczy pierwotnie przeznaczony dla radzieckiego wahadłowca Buran, przyszło ponownie przenieść do przedniego węzła osiowego, by umożliwić pierwsze cumowanie wahadłowca Atlantis w dniu 29 czerwca 1995 roku.

Kolejna wizyta amerykańskiego wahadłowca na stacji Mir, która odbyła się w listopadzie 1995 roku, nie wymagała już przenosin Kristałła, bowiem wahadłowiec przywiózł specjalny moduł cumowniczy i pozostawił go w składzie Mira umożliwiając przeprowadzenie kolejnych siedmiu wizyt Space Shuttle. Ostatni moduł naukowo-badawczy Priroda dołączony został do Mira w kwietniu 1996 roku i zajął ostatni z bocznych węzłów naprzeciw Spiektra. Zawierał on aparaturę do monitoringu powierzchni Ziemi i teledetekcji zasobów naturalnych. Niestety, w roku 1997 moduł Spiektr musiał zostać wyłączony z użytkowania po wypadku z udziałem statku towarowego Progress. Podczas relokacji z jednego węzła cumowniczego do drugiego transportowiec uderzył w Spiektra powodując uszkodzenie jego baterii słonecznych i rozszczelnienie powłoki. Poza tym jednym incydentem stacja Mir działała pomyślnie przez 15 lat i z żalem żegnano ją w marcu 2001 roku, gdy statek Progress M1-5 skierował ją do atmosfery nad Pacyfikiem...

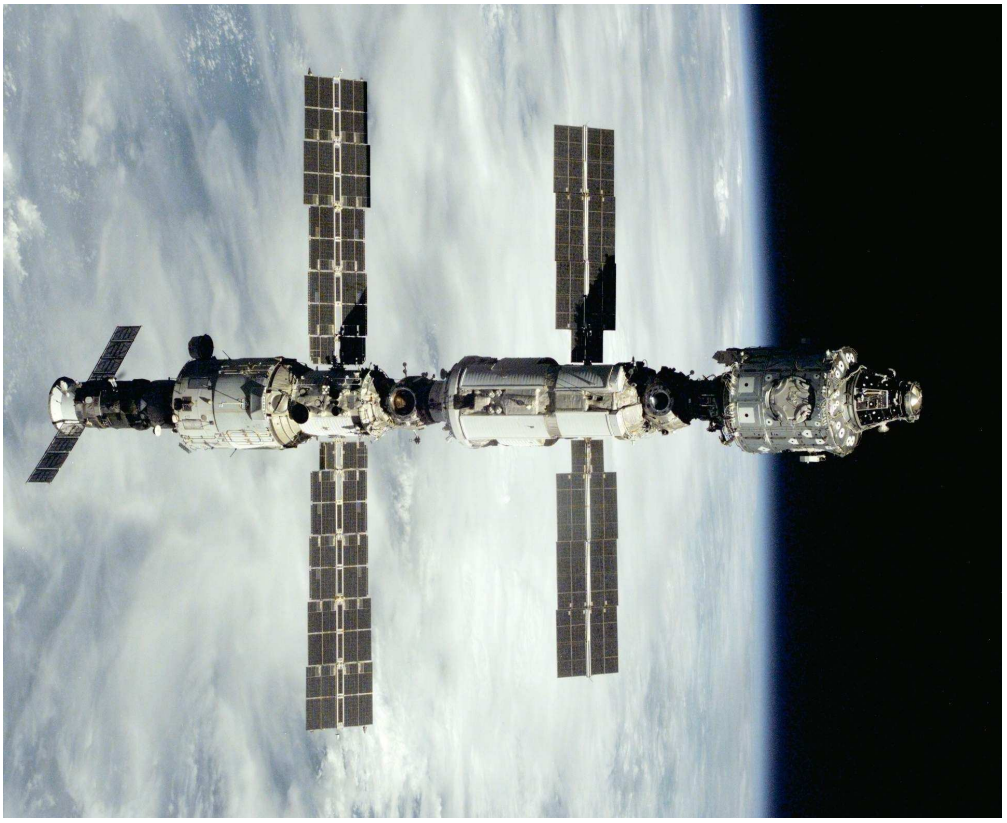
Na Mirze, podobnie jak na Salutach, padały kolejne rekordy długości lotu: 326 dni (1987), 366 dni (1988) i aktualny do dziś rekord 437 dni 17 godzin i 58 minut ustanowiony 22 marca 1995 roku. Należy on do rosyjskiego kosmonauty-lekarza Walerego Polakowa. Ale amerykańscy astronauci także bili krajowe rekordy na rosyjskiej stacji: w 1995 r. Norman Thagard osiągnął 115 dni, w następnym roku Shannon Lucid – 188 dni. Długie misje stały się udziałem Niemca Thomasa Reitera (179 dni) i Francuza J.P. Haignere (188 dni). W lotach załóg wizytujących uczestniczyli przedstawiciele Syrii, Bułgarii, Afganistanu i Słowacji – to w ramach uzupełnień w grupie „bratnich krajów" oraz „goście dewizowi" z Japonii, Anglii i Austrii. Po raz pierwszy zastosowano na Mirze



Pierwsze połączenie wahadłowca Atlantis z Mirem poprzez węzeł na module Kristałł. Nad ogonową częścią wahadłowca widoczny moduł Spiektr (czerwiec 1995).

wymiany załóg podstawowych na pokładzie stacji, dzięki czemu pozostawała ona w stanie stałego zasiedlenia przez długie okresy czasu: od lutego 1987 do kwietnia 1989 roku i od września 1989 do sierpnia 1999 – niemal 10 lat!

W listopadzie 1998 roku, a więc jeszcze w okresie działalności Mira, rozpoczęła się budowa Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Początkowo była to współpraca rosyjsko-amerykańska, która tak dobrze sprawdziła się na Mirze, z czasem dołączyły Europa, Japonia i Kanada. Pierwszy element nowej stacji – moduł Zaria – wysłany został rakietą Proton-K na orbitę o znanym już nachyleniu do równika 51°.6. Wysokość orbity stacji jest zmieniana często (zmienia się też samoistnie), jednak nachylenie pozostaje zawsze takie samo, pora zatem wyjaśnić, skąd się wzięła ta wartość. Jak wiemy, jest to kąt charakterystyczny dla wszystkich radzieckich, rosyjskich, a teraz międzynarodowej stacji. Wynika on wprost z położenia geograficznego kosmodromu Bajkonur – jedynego miejsca, skąd startuje rakieta Proton i również jedynego, skąd wyruszają statki załogowe Sojuz. Teoretycznie nachylenie orbity mogłoby być większe, ale nie mniejsze od 51°, bo wówczas trasa przelotu rakiety przebiegałaby nad terytorium Chin i w razie awarii skutkowałoby to konsekwencjami



ISS na krótko przed zasiedleniem składała się głównie z rosyjskich elementów – od lewej Progress, Zwiezda, Zaria i Unity (wrzesień 2000).

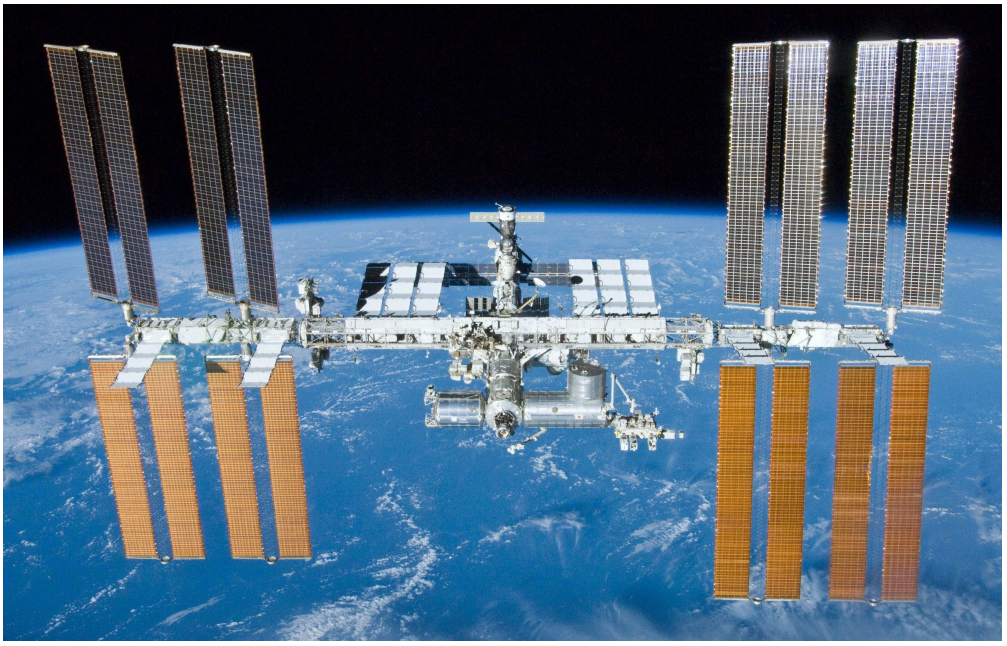
międzynarodowymi. Nie mówiąc już o tym, że wypada by zużyte stopnie rakiet nośnych spadały na terytorium gospodarza, a nie sąsiadów...

Zaria to nic innego, jak sekcja serwisowo-napędowa FGB statku TKS, wyposażona dodatkowo w głowicę cumowniczą z węzłem androgynicznym na osi podłużnej i węzłem pasywnym dla rosyjskich statków na osi poprzecznej (nadirowej). Co ciekawe, ten moduł wojskowej proweniencji i rosyjskiej produkcji jest własnością... NASA. Amerykanie sfinansowali jego budowę, bowiem Federacja Rosyjska ciągle jeszcze zmagała się z kryzysem gospodarczym. Wciągnięcie Rosji do współpracy przy ISS miało także na celu zapobieżenie emigracji zarobkowej rosyjskich specjalistów rakietowych i kosmicznych do takich krajów jak Iran czy Korea Północna. Już 15 dni po starcie Zarii, 6 grudnia 1998 roku, Amerykanie dołączyli do niej swój moduł łącznikowy Node-1, który otrzymał nazwę Unity. Był to moment równie symboliczny, jak połączenie statków Sojuz i Apollo w lipcu 1975 roku. Unity został wyniesiony na orbitę i dołączony do rosyjskiego modułu przy pomocy wahadłowca; amerykańskie statki jeszcze dwukrotnie cumowały do tego bezludnego zalążka ISS, a ich załogi dokonały niezbędnych prac przy podłączeniu systemów obu modułów. Zaria w początkowym okresie rozbudowy ISS zapewniała jej

energię elektryczną, stabilizację orbity i niezbędne manewry orbitalne.

Kolejnym krokiem milowym stało się dołączenie rosyjskiego modułu mieszkalnego Zwiezda w dniu 26 lipca 2000 roku. Obiekt analogiczny do modułu bazowego stacji Mir wyniesiony został rakietą Proton-K i dołączony automatycznie do tylnego węzła Zarii. Teraz na ISS mogła zamieszkać pierwsza stała załoga. 2 listopada 2000 roku przybyła ona statkiem Sojuz TM-31 w składzie: Amerykanin William Shepherd (dowódca), Rosjanie Siergiej Krikalow i Jurij Gidzenko. Warto zapamiętać tę datę, bowiem oznacza ona początek nieprzerwanej obecności ludzi na pokładzie ISS, trwającej już 21 lat! Stałe załogi ISS aż do roku 2003 były 3-osobowe, z udziałem Amerykanina i dwóch Rosjan bądź Rosjanina i dwóch Amerykanów na przemian. Po katastrofie wahadłowca Columbia (1 lutego 2003 roku) pomniejszono je do dwóch osób i dopiero od połowy 2006 roku przywrócono 3-osobowy skład. Równocześnie zaczęto wprowadzać do stałych załóg przedstawicieli Europejskiej Agencji Kosmicznej, później także Japonii i Kanady. Podstawowe załogi docierały na ISS nie tylko rosyjskimi Sojuzami, ale także amerykańskimi wahadłowcami aż do 2011 roku – poza przerwą 2003-2005, gdy wahadłowce były uziemione. Do 2009 roku stałe załogi mogły być co najwyżej 3-osobowe, gdyż na stacji dyżurował tylko jeden statek Sojuz, którym w razie potrzeby można było wrócić na Ziemię.

Wahadłowce posłużyły głównie do wynoszenia i dołączania do ISS zachodnich modułów, elementów kratownicowych konstrukcji, manipulatorów, baterii słonecznych i radiatorów systemu termoregulacji. Jako pierwszy dotarł amerykański moduł naukowo-badawczy Destiny (luty 2001), w kwietniu 2001 roku dołączono kanadyjski manipulator SSRMS. Regularnie dostarczano w specjalnych modułach transportowych MPLM wyposażenie naukowo-badawcze, a także zaopatrzenie dla załóg. Po wyładunku moduły wracały w ładowni wahadłowca na Ziemię. W jednym z ostatnich lotów w lutym 2011 roku jeden z owych modułów transportowych pozostał na stałe w składzie ISS jako magazyn. W październiku 2007 roku amerykański wahadłowiec wyniósł na orbitę i dołączył do ISS europejski moduł laboratoryjny Columbus. W następnym roku podobnym sposobem, tylko w dwóch rzutach (w marcu i maju) dołączony został japoński moduł Kibo. W odróżnieniu od Columbusa, będącego w całości modułem ciśnieniowym, Kibo ma dodatkowo paletę zewnętrzną wraz z manipulatorem, co pozwala na prowadzenie doświadczeń w kosmicznej próżni bez konieczności wychodzenia astronautów na zewnątrz. Specjalna śluza w japońskim module pozwala na wysyłanie mikrosatelitów bezpośrednio z wnętrza stacji ISS.



Na zdjęciu ISS z maja 2010 roku trudno dostrzec rosyjskie elementy (na brzegu tarczy Ziemi statek Sojuz wskazuje miejsce rosyjskich modułów).

Rosjanie też mieli w planie na 2007 rok dołączenie swojego modułu laboratoryjnego, gdyż na dobrą sprawę to właśnie on nadawał sens pobytowi kosmonautów na stacji, przypomnijmy wreszcie, że na stacji Mir mieli oni aż pięć modułów naukowych! Konstrukcja modułu, oparta oczywiście na przedziale serwisowo-napędowym statku TKS, była gotowa już w 1998 roku, bowiem zbudowany został jako dubler modułu Zaria. Wyposażanie modułu w aparaturę naukowo-badawczą szło bardzo opornie, a kiedy i z tym się uporano, okazało się, że przewody paliwowe i zbiorniki paliwa w nowym module zanieczyszczone są metalowymi opiłkami. Wymiana przewodów i czyszczenie zbiorników zajęły kolejne parę lat, ostatecznie moduł, który otrzymał odpowiednią dla siebie nazwę Nauka, wysłany został rakietą Proton-M 21 lipca 2021 roku i po dość dramatycznej podróży do ISS zacumował do dolnego węzła modułu Zwiezda. Rosyjski moduł został wyposażony w europejski manipulator ERA, który wraz ze śluzą powietrzną będzie służył do podobnych prac na zewnątrz modułu, jak manipulator modułu Kibo. Uruchomienie manipulatora ERA i dołączenie śluzy planowane jest dopiero na maj 2022 roku. Obecnie sektor rosyjski stanowi zaledwie 20% masy ISS, jednak nadal pełni ważne funkcje, zwłaszcza w stabilizacji orbity i jej korektach.

Nie mając własnego laboratorium badawczego Rosjanie zajmowali się na ISS głównie transportem załóg (od lipca 2011 do maja 2020 roku

Mark Vande Hei zakłada na ISS rosyjski skafander Sokoł. Być może to ostatni Amerykanin, który przybył tu rosyjskim statkiem Sojuz.

byli jedynymi udziałowcami programu, dysponującymi statkami załogowymi). Poza tym regularnie dostarczali do ISS zaopatrzenie przy pomocy statków towarowych Progress – wysłano ich jak dotąd (listopad 2021) łącznie 80, ale do celu dotarło 77, gdyż trzy uległy awarii. Od roku 2008 Europejska Agencja Kosmiczna rozpoczęła wysyłanie do ISS swoich statków towarowych ATV (Automated Transfer Vehicle). Wyposażone w rosyjski węzeł cumowniczy łączyły się z modułem Zwiezda poprzez węzeł rufowy. ATV wysyłane były na orbitę rakietą Ariane-5 z kosmodromu Kourou w Gujanie Francuskiej, ogółem w latach 2008-2014 dotarło do ISS pięć europejskich transportowców. We wrześniu 2009 roku do ISS dotarł pierwszy japoński transportowiec HTV znany też pod nazwą Kounotori. HTV wynoszone są rakietą H-II z kosmodromu Tanegashima, nie cumują one do stacji samodzielnie, lecz po zbliżeniu się na odległość 10 m przechwytywane są manipulatorem SSRMS przez załogę stacji i następnie dołączane do amerykańskiego modułu Node-3 (Harmony). Dotąd Japończycy wysłali 9 statków towarowych, w roku 2022 planowana jest wysyłka zmodernizowanej wersji HTV-X.

Zaopatrzeniem ISS zajmują się też dwie amerykańskie firmy prywatne: SpaceX oraz Orbital ATK (przejęta obecnie przez Northrop-Grumman). SpaceX w latach 2012-2020 wysłała 20 statków Dragon,

z których 19 pomyślnie dostarczyło ładunki do ISS. Dragony wynoszone były rakietą Falcon-9 z kosmodromu KSC na Florydzie i łączyły się ze stacją w taki sam sposób jak HTV, jednak w odróżnieniu od japońskich transportowców powracały na Ziemię zwożąc ładunki ze stacji ISS. W grudniu 2020 roku weszła do użycia nowa wersja towarowca o nazwie Cargo Dragon oparta na konstrukcji załogowego statku Dragon. Cumuje już automatycznie do modułu Harmony, bez angażowania załogi i manipulatora stacji. Statek towarowy Cygnus wytwarzany przez koncern Northrop-Grumman lata od stycznia 2014 roku, wynosi go rakieta Antares z kosmodromu MARS na wyspie Wallops. Łączy się ze stacją orbitalną podobnie jak HTV po przechwyceniu manipulatorem SSRMS. Jak dotąd wysłano 16 Cygnusów do ISS, jeden z nich nie dotarł do celu wskutek awarii rakiety Antares. W przyszłym roku zapowiadany jest debiut nowego amerykańskiego statku towarowego Dream Chaser firmy Sierra Nevada Corp. Będzie on wynoszony nową rakietą Vulcan z KSC na Florydzie, będzie też kolejnym po Cargo Dragonie statkiem zdolnym do sprowadzania ładunków z orbity. Jednak w odróżnieniu od statku firmy SpaceX nie będzie wodował w oceanie, lecz powracał na lotnisko jak wahadłowiec.

Powróćmy jednak do załóg ISS, które pozostawiliśmy w roku 2009 w składzie 3-osobowym. Tymczasem od maja 2009 roku liczba stałych członków załogi podwoiła się, a przy stacji ISS zaczęły dyżurować dwa statki Sojuz, zapewniając całej szóstce możliwość powrotu na Ziemię. Załogi tych statków wymieniały się średnio co pół roku, z pewnym przesunięciem jednej załogi w stosunku do drugiej, w efekcie każda z załóg Sojuza pracowała na stacji początkowo ze starą załogą innego Sojuza, a następnie z nową załogą kolejnego statku. Kolejna zmiana nastąpiła wraz z wprowadzeniem do użytku 4-osobowego statku Dragon-2 w listopadzie 2020 roku. Odtąd stała załoga ISS liczy 7 osób, przedstawiciele państw zachodnich wkrótce przestaną korzystać z rosyjskich statków przesiadając się na Dragony, a później także Starlinery. Starliner to również 4-osobowy statek zbudowany przez koncern Boeinga, który na razie przechodzi fazę testów. Cyklicznie zmieniają się dowódcy ISS, początkowo byli to na przemian Amerykanie i Rosjanie, obecnie dołączają do nich przedstawiciele Europejskiej Agencji Kosmicznej, Japonii i Kanady.

Na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej nie padają światowe rekordy długości lotu, stacja Mir pod tym względem pozostaje nieprześcignione. Załogi ISS, jak już wspomniano, pracują na półrocznych zmianach, jedyną zaplanowaną dłuższą misją był 340-dniowy lot Rosjanina Michaiła Kornijenki i Amerykanina Scotta Kelly na przełomie lat 2015/2016.

Amerykański astronauta ustanowił przy tym rekord krajowy. Niekiedy z powodów organizacyjnych zdarza się, że któryś z członków załogi musi pozostać na stacji dłużej niż koledzy, z którymi do niej przybył. Taki przypadek miał miejsce na przełomie 2019/2020, gdy Amerykanka Christina Koch pozostała na drugą zmianę, by umożliwić realizację lotu arabskiego kosmonauty, ustanowiła przy tym kobiecy rekord długości lotu: 328 dni 13 godzin 58 minut. Podobna sytuacja zaistniała w przypadku aktualnie przebywających na ISS Rosjanina Piotra Dubrowa i Amerykanina Marka Vande Hei z załogi Sojuza MS-18. Ich statek powrócił na Ziemię 17 października 2021 roku wraz z rosyjską ekipą filmową, która kręciła na ISS sceny do filmu „Wyzwanie". Dubrow i Vande Hei musieli pozostać na stacji do końca marca 2022 roku (355 dni w kosmosie), co dla Amerykanina oznacza nowy rekord krajowy ...

Przyszłość ISS określają umowy międzynarodowe: na razie obowiązują one do roku 2024, ale jest raczej pewne, że zostaną przedłużone do 2028, a jeśli stan techniczny stacji pozwoli, to nastąpią kolejne przedłużenia. Zagrożeniem dla ISS jest nie tylko pogarszająca się kondycja (zwłaszcza rosyjskiego modułu Zwiezda, z którego uchodzi powietrze), ale też projekt wokółksiężycowej stacji Gateway. Amerykanie wraz ze swymi zachodnimi partnerami z ISS zamierzają skonstruować tę stację w połowie lat 2020-tych, a ponieważ utrzymanie dwóch kosztownych programów dla agencji NASA byłoby zbyt dużym obciążeniem, rozważana jest możliwość oddania ISS w ręce prywatnych przedsiębiorców. Rosjanie prawdopodobnie nie będą uczestniczyć w projekcie Gateway, mimo formalnego zaproszenia. Obecne władze agencji Roskosmos preferują budowę własnej stacji ROSS (*Rossijskaja Orbitalnaja Służebnaja Stancja*), która okrążałaby Ziemię po orbicie okołobiegunowej (97°) lub przynajmniej o znacznie większym nachyleniu do równika, niż obecne 51 stopni. Miałaby być budowana w oparciu o nową rakietę nośną Angara-5, która obecnie przechodzi serię lotów testowych. Angara ma stanowisko startowe na północnym kosmodromie Plesieck, kolejne zaś powstaje na dalekowschodnim kosmodromie Wostocznyj.

Stacja Gateway nie będzie tematem naszych rozważań, natomiast projekt ROSS, jeśli będzie przyjęty do realizacji, jest o tyle interesujący, że stanowi znaczne odejście od wzorca stacji wokółziemskiej powstałego przed półwieczem. Głównym *novum* będzie orbita okołobiegunowa, po której jeszcze nigdy nie poruszały się obiekty załogowe. Wprawdzie były plany wysyłania amerykańskich wahadłowców na orbity biegunowe i nawet przygotowano dla nich wyrzutnię na kosmodromie Vandenberg nad Pacyfikiem, ale po katastrofie Challengera w styczniu 1986 roku zostały

zarzucone. Co daje orbita okołobiegunowa? Przede wszystkim możliwość obserwacji każdego zakątka ziemskiego globu, dlatego tak chętnie jest wykorzystywana przez wojskowych. Większość satelitów zwiadowczych porusza się po takich właśnie orbitach. To oczywiście wcale nie oznacza, że rosyjscy kosmonauci będą się zajmować szpiegowaniem ze swojej nowej stacji, ona po prostu umożliwi obserwację całego ogromnego terytorium Federacji Rosyjskiej, które z orbity ISS jest widoczne w niewielkiej części. Loty na okołobiegunową orbitę wiążą się z większą dawką promieniowania kosmicznego, jaką załogi będą otrzymywać w czasie misji, bowiem nad biegunami magnetosfera Ziemi nie chroni przed radiacją prawie w ogóle. Stacja ROSS w założeniu jednak nie ma być zamieszkiwana na stałe, jak Mir czy ISS, lecz tylko okresowo. Dziś automatyzacja i robotyzacja pozwalają na takie rozwiązanie.

Czy ROSS, podobnie jak Salut 50 lat temu, wytyczy nowy kierunek w załogowej astronautyce? Przyszłość pokaże, choć nie najbliższa, bo budowa okołobiegunowej stacji rozpocznie się najwcześniej w 2025 r.

Na koniec przyjrzymy się chińskiemu programowi załogowemu, który w dużym stopniu przypomina program radziecki. Chińczycy zaczęli wysyłać swoich kosmonautów (zwanych taikonautami) od roku 2003. Załogowy statek Shenzhou wzorowany jest na statku Sojuz, jest również 3-osobowy, a skafandry awaryjne taikonautów to kopia rosyjskich skafandrów Sokoł. Modernizacji uległ głównie przedział orbitalny statku, który w Sojuzie stanowi dodatkowe pomieszczenie na czas dolotu do stacji. W trakcie powrotu na Ziemię jest odrzucany i spala się w atmosferze. Przedział orbitalny Shenzhou początkowo pełni podobne funkcje, jednak przy powrocie statku na Ziemię pozostaje na orbicie i dzięki własnym bateriom słonecznym, systemowi orientacji i silnikom korekcyjnym może działać jak klasyczny satelita. Statki Shenzhou wynoszone są rakietami CZ-2F z kosmodromu Jiuquan na orbitę o nachyleniu 41 stopni. Podczas trzeciego lotu załogowego we wrześniu 2008 roku chińscy kosmonauci dokonali wyjścia ze statku Shenzhou-7 korzystając z rosyjskiego skafandra Orłan i jego chińskiej kopii Feitian.

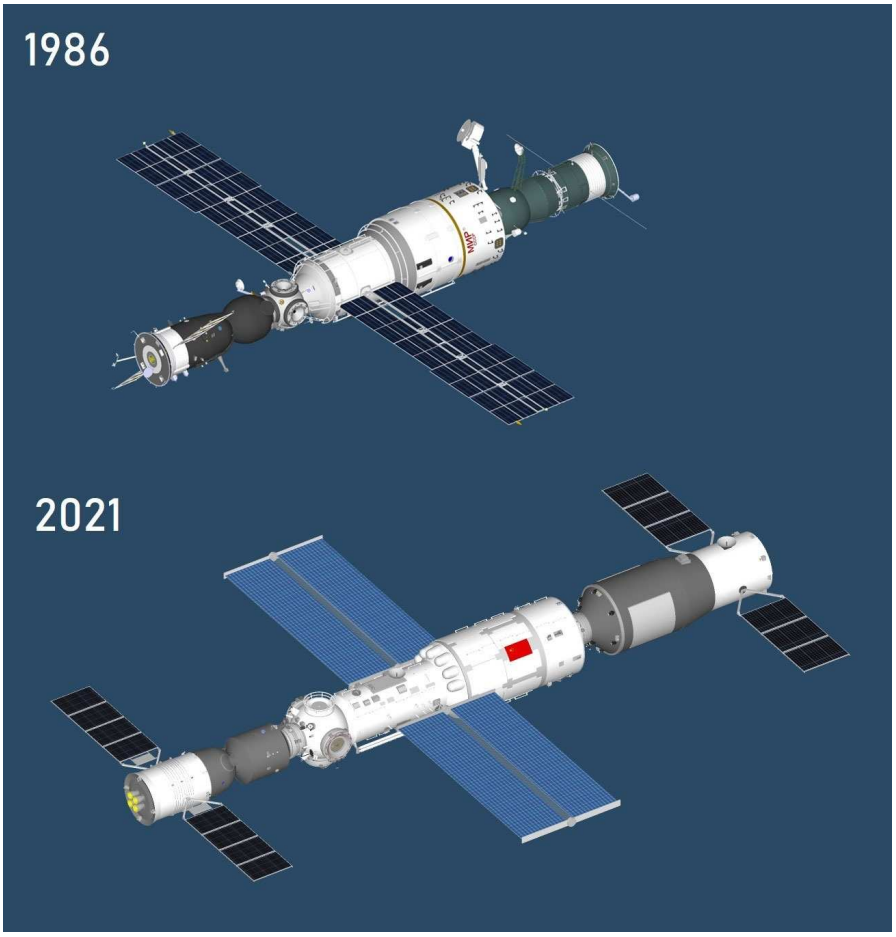
Kolejnym krokiem w chińskim programie załogowym stały się loty do miniaturowych stacji orbitalnych Tiangong-1 (2012-2013) i Tiangong-2 (2016). Stacja Tiangong wynoszona była także rakietą CZ-2F, jej masa była zaledwie o 700 kg większa od statku Shenzhou. Nie był to zatem odpowiednik radzieckiego Saluta, niemniej program Tiangong odpowiadał Salutom pierwszej generacji: podobnie jak one Tiangong posiadał tylko

jeden węzeł cumowniczy. Był to wszakże węzeł androgyniczny, a więc odmienny od węzłów używanych na radzieckich stacjach, aczkolwiek to też jest patent radziecki, opracowany niegdyś dla programu Sojuz-Apollo. Do Tiangong-1 wysłano dwie załogi trzyosobowe, które spędziły w kosmosie odpowiednio 12 i 14 dni. W każdej z tych załóg była kobieta. Do Tiangong-2 wysłano tylko jedną załogę dwuosobową, która spędziła na stacji 32 dni. Potem w chińskich lotach nastąpiła pięcioletnia przerwa, zupełnie jak gdyby Chińczycy pominęli w tym czasie etap stacji drugiej generacji i dopiero w 2021 przystąpili do konstruowania odpowiednika Mira, czyli stacji trzeciej generacji.

Pierwsza załoga stacji Tiangong-1 po lądowaniu (29 czerwca 2012). Za taikonautką Liu Yang widoczny lądownik statku Shenzhou, identyczny do lądownika Sojuza.

29 kwietnia 2021 roku nowa chińska rakieta CZ-5B wyniosła z kosmodromu Wenchang moduł bazowy o nazwie Tianhe. Został on umieszczony na orbicie o wysokości 373 × 386 km i nachyleniu 41°.47. Rakieta o udźwigu 25 ton na niską orbitę jest odpowiednikiem rosyjskiego Protona, zaś Tianhe dość dobrze przypomina moduł bazowy Mira. Posiada pięć węzłów cumowniczych (wszystkie androgyniczne), w miejscu szóstego (zenitalnego) znajduje się luk do wyjścia w otwartą przestrzeń kosmiczną. Masa Tianhe wynosi 22.6 t (bazowego bloku Mira 20.9 t), długość 16.6 m, maksymalna średnica 4.2 m (dla Mira odpowiednio 13.2 m oraz 4.15 m). Kolejnym krokiem było wysłanie i dołączenie do Tianhe statku towarowego Tianzhou-2. Chińskie transportowce są znacznie większe od rosyjskich Progressów, masa startowa wynosi 13.5 t wobec

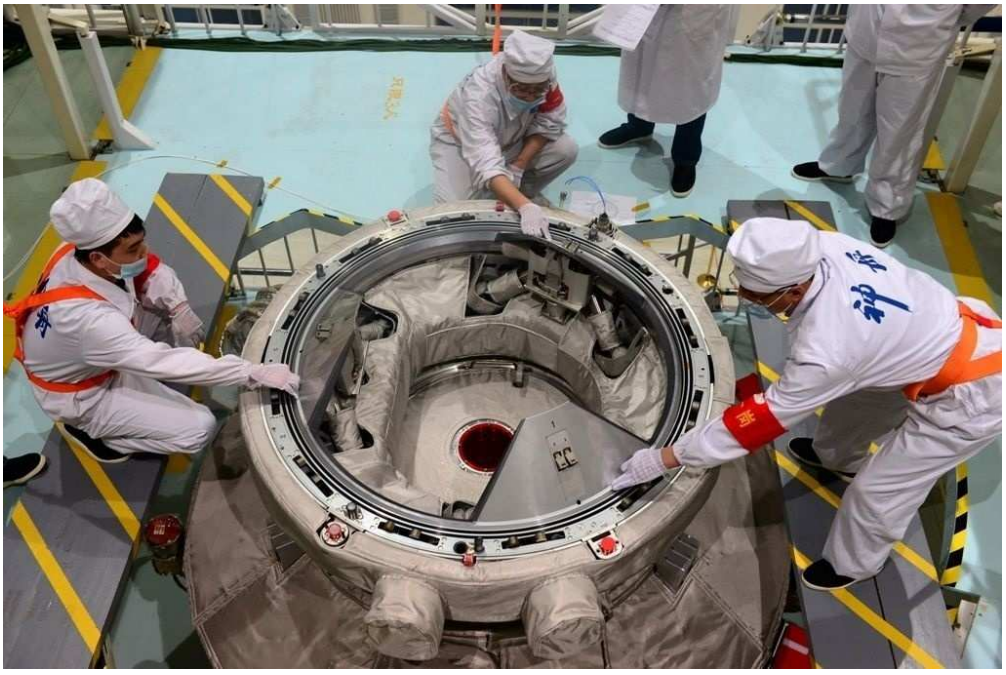
7.3 t rosyjskiego statku. Wynoszone są rakietą CZ-7 także z kosmodromu Wenchang. Pierwszy statek Tianzhou wysłany został jeszcze w 2017 roku do stacji Tiangong-2, już opuszczonej przez załogę. Był to lot testowy, statek nie przewoził żadnych ładunków, natomiast wykonano próby przepompowania paliwa ze statku do zbiorników stacji. Statek Tianzhou-2 zacumował 29 maja 2021 roku do rufowego węzła Tianhe i oczekiwał na rozładunek przez pierwszą załogę stacji. Ta przybyła statkiem Shenzhou-12 w dniu 17 czerwca 2021 r. cumując do przedniego węzła osiowego.



Porównanie modułów bazowych Mira i CSS wraz ze statkami, u góry od lewej: Sojuz-Mir-Progress, u dołu: Shenzhou-Tianhe-Tianzhou.

Pierwsza trzyosobowa załoga CSS spędziła w kosmosie 92 dni ustanawiając krajowy rekord. Chińczycy bardzo szybko odrabiają kosmiczne zaległości – uzyskali ten wynik w ósmym zaledwie locie załogowym, podczas gdy Rosjanie swój 96-dniowy rekord osiągnęli w 32 locie. Po powrocie na Ziemię załogi Shenzhou-12 w dniu 17 września 2021 r. statek towarowy Tianzhou-2 został automatycznie przedokowany na zwolniony węzeł przedni modułu Tianhe. 20 września wysłano kolejny statek

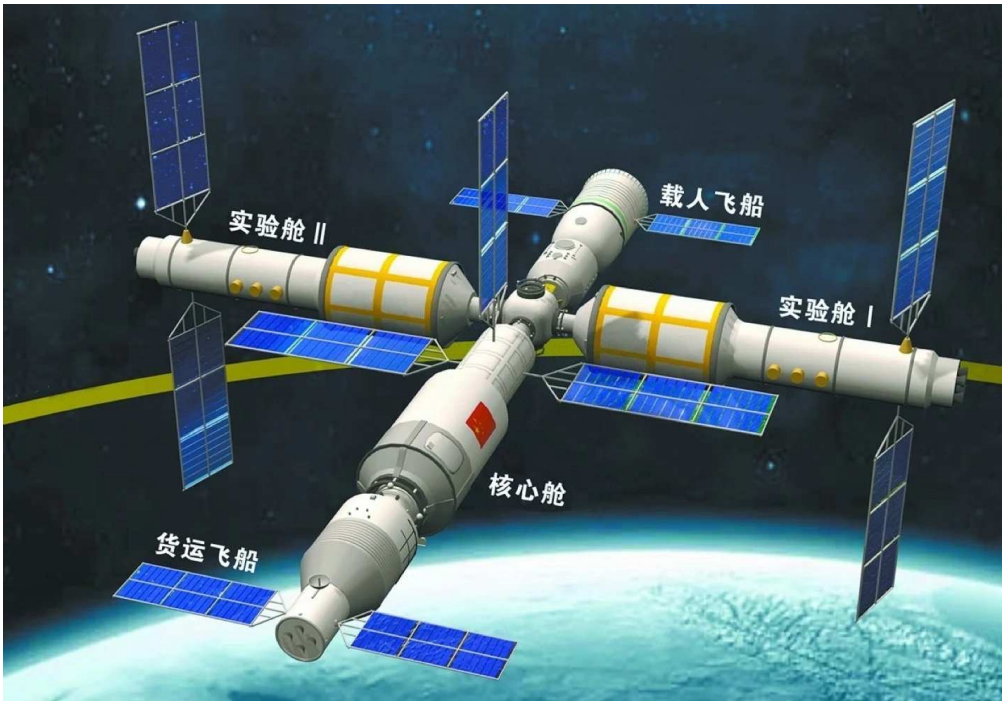
towarowy Tianzhou-3 i zacumowano do węzła rufowego. 15 października wystartowała druga 3-osobowa załoga w statku Shenzhou-13 i tego samego dnia zadokowała do nadirowego węzła Tianhe. Teraz Chińczycy podwoili stawkę – celem jest 180-dniowa misja! W nowej załodze CSS jest taikonautka z misji na Tiangong-1 w 2013 roku, Wang Yaping. Do najważniejszych zadań nowej załogi należały manewry z transportowcem Tianzhou-2: odcumowanie i ponowne ręczne cumowanie do Tianhe, a także uchwycenie go i przemieszczanie manipulatorem stacji. To testy przed przenoszeniem modułów naukowo-badawczych Wentian i Mengtian do węzłów bocznych Tianhe. Moduły wyniesie rakieta CZ-5B kolejno w maju i sierpniu 2022 roku. Każdy z nich automatycznie zadokuje do przedniego węzła Tianhe, a następnie manipulatorem wzorowanym na rosyjskim ASPr zostanie przeniesiony do węzła bocznego. CSS przyjmie wówczas kształt litery T, podobnie jak Mir w 1990 roku po dołączeniu modułów Kwant-2 i Kristałł.



Androgyniczny węzeł cumowniczy statku Shenzhou.

Tak wyglądają opublikowane do tej pory plany rozbudowy CSS. Nieoficjalnie mówi się o możliwości dołączenia dublera Tianhe (zbudowanego na wypadek niepowodzenia przy starcie pierwszego egzemplarza), a to otworzyłoby perspektywę dołączenia kolejnych modułów naukowo-badawczych, np. europejskiego i arabskiego. CSS mogłaby stać się stacją międzynarodową, oczywiście bez udziału Amerykanów, którzy nie dopuszczają Chińczyków do ISS. Rosjanom także nie byłoby z Chińczykami po drodze, bo jak pamiętamy, CSS krąży po orbicie 41 stopni,

a Rosjanom się marzy 97 stopni. Być może do współpracy byliby chętni Hindusi, którzy budują swój załogowy statek kosmiczny Gaganyaan. W roku 2022 powinien się odbyć jego test bezzałogowy, a pod koniec 2023 r. – pierwszy lot załogowy. Oddzielnym elementem CSS ma być teleskop kosmiczny Xuntian, wzorowany na Teleskopie im. Hubble'a. Ma być wyniesiony po roku 2023 na orbitę zbliżoną do CSS i działać autonomicznie, ale z możliwością przechwycenia przez załogę stacji w celu serwisowania. Teleskop Hubble'a wymagał aż pięciu lotów wahadłowca, by mógł działać bezawaryjnie przez trzy dekady. Chińczycy uczą się nie tylko od Rosjan...



Finalny wygląd stacji CSS: u dołu Tianzhou – Tianhe – Shenzhou, z lewej i prawej moduły Mengtian i Wentian.

Testy silnika rakietowego B4

Kamila Kopacz

Koło Naukowe AGH Space Systems

Dnia 12 września 2021 roku członkowie Koła Naukowego AGH Space Systems przeprowadzili, w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim, testy statyczne układu napędowego rakiety Skylark. Ich celem była weryfikacja finalnej iteracji hybrydowego silnika B4, przygotowanego na zawody inżynierii rakietowej European Rocketry Challenge 2021.

AGH Space Systems to studencki zespół konstrukcyjny zajmujący się rozwijaniem technologii przemysłu kosmicznego. Zrzesza około 80 studentów o różnorodnych umiejętnościach, których łączy wspólny cel – chęć podboju kosmosu. Praca zespołu nie ogranicza się do konstruowania rakiet sondujących, ale także łazików marsjańskich oraz gondoli balonów stratosferycznych.

Zespół wielokrotnie osiągał sukcesy w międzynarodowych zawodach inżynieryjnych. W roku 2021 były to 1. miejsce w zawodach Spaceport America Cup i 2. miejsce w Space Dynamics Payload Challenge. Do wcześniejszych osiągnięć grupy należą 1. miejsce w Indian Rover Challenge 2020, 2. miejsce w Spaceport America Cup 2019 czy 3. miejsce w CanSat Competition 2019. Członkowie koła prowadzą także zaawansowane projekty badawcze, dotyczące m. in. wpływu warunków stratosferycznych na rozwój komórek nowotworowych.

Najnowsza z konstrukcji tworzonych przez zespół, Skylark, to rakieta sondująca o napędzie hybrydowym. Jej zadaniem jest wzniesienie się na wysokość 3 km wraz ze znajdującym się na pokładzie ładunkiem badawczym oraz bezpieczny powrót na ziemię.

Podczas testów systemu napędu podjęto dwie próby odpalenia silnika – pierwsza zakończyła się niepowodzeniem. Było to spowodowane awarią serwozaworu głównego przepływu utleniacza – Main Oxidizer Valve (MOV). Problem rozwiązano poprzez wymianę elementu na zawór z siłownikiem pneumatycznym. Pomimo udanego odpalenia silnika przy

Przygotowania silnika do testów. Na zdjęciu od lewej: Piotr Sławęcki, Karol Głodek, Bartosz Wyciszkiewicz, Wojciech Kłos, Eryk Jamróz, Piotr Duszkiewicz, Radosław Korczyński, Paweł Szczepaniak. (*fot. S. Janaczek*)

drugim podejściu, testy nie zostały uznane za całkowity sukces. Badanie wykazało problem wytrzymałości mechanicznej izolacji termicznej komór mieszania i dopalania. W przypadku komory dopalania powstało duże pęknięcie, które spowodowało silne rozgrzanie się stalowej końcówki silnika i jej nadtopienie. Rozwiązanie tego problemu przed nadchodzącymi zawodami stało się priorytetem dla zespołu.

Zespół z rakietą Skylark na zawodach EuRoC 2021 w Portugalii. Na zdjęciu od lewej: Paweł Graczak, Wojciech Kłos, Eryk Jamróz, Radosław Korczyński, Wojciech Żebrowski, Eliza Marzec, Jakub Turaj, Dawid Scechura, Piotr Sławęcki, Dagmara Stasiowska, Barbara Szaflarska, Magda Król, Agata Zwolak, Mariusz Gibiec (opiekun koła), Bartosz Wyciszkiewicz. (*fot. M. Talar*)

Najnowsza z konstrukcji tworzonych przez zespół, Skylark, to rakieta sondująca o napędzie hybrydowym. Jej zadaniem jest wzniesienie się na wysokość 3 km wraz z znajdującym się na pokładzie ładunkiem badawczym oraz bezpieczny powrót na ziemię.

Podczas testów systemu napędu podjęto dwie próby odpalenia silnika – pierwsza zakończyła się niepowodzeniem. Było to spowodowane awarią serwozaworu głównegowiązanie tego problemu przed nadchodzącymi zawodami stało się priorytetem dla zespołu.

Podczas przeprowadzonych testów zastosowano nowy rodzaju wtrysku – zderzeniowego. Oględziny i pomiar masy bloku paliwa po badaniu wskazały na istotne zwiększenie spalania pomimo mniejszego przepływu masowego utleniacza. Ponadto przeprowadzono udany test zdalnego tankowania utleniacza oraz przetestowano wytrzymałość elementów przenoszących ciąg, czyli klatek i butli.

Testy te zostały przeprowadzone jako jeden z ostatnich etapów przygotowań do studenckich zawodów inżynierii rakietowej European Rocketry Challenge, odbywających się miesiąc później w Portugalii. Pomimo dokonanych modyfikacji, rakieta nie wystartowała podczas konkursu z powodu awarii systemu elektronicznego odpowiedzialnego za aktywację zapalnika. Zespół przeprowadził analizę czynników, które przyczyniły się do powstania problemu, wyciągając wnioski i przygotowując nowe rozwiązania do zastosowania w konstrukcji. Po wykonaniu koniecznych

Techniczne poprawki przed zamocowaniem silnika na hamowni, w akcji Agata Zwolak. (*fot. S. Janaczek*)

napraw i modyfikacji, Skylark odbyła swoją misję dwa miesiące później, podczas Lotów Rakiet Eksperymentalnych w Drawsku Pomorskim. Zostały wówczas przetestowane wszystkie dotychczasowe systemy i zaimplementowane rozwiązania techniczne.

Dane zebrane podczas opisanych testów oraz lotu rakiety umożliwiły zespołowi podjęcie nowego projektu – konstrukcji kolejnej rakiety hybrydowej, 3-TTK. Przed instalacją jednostki napędowej w rakiecie, nowy silnik czeka seria wymagających testów, celem potwierdzenia zgodności założeń konstrukcyjnych oraz korekty poszczególnych parametrów urządzenia. Po ich przeprowadzeniu, nastąpią dalsze modyfikacje i usprawnienia poszczególnych elementów rakiety, w ramach przygotowań do nadchodzących zawodów.

Podziękowanie: AGH Space Systems wyraża wdzięczność Bogdanowi Wszołkowi, właścicielowi Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi, za darmowe udostępnienie hamowni oraz za okazaną różnoraką pomoc.

Numeryczne prognozowanie pogody

Marcin Kolonko

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy,
Zespół ACCORD Polska

Meteorologia jako umiejętność przewidywania i opisu pogody, stanowiła przedmiot zainteresowania od zarania ludzkości. Podobnie jak kapłani w czasach egipskich przewidywali zaćmienia i sterowali emocjami ludu, tak mędrcy (powszechna nauka jeszcze nie istniała) potrafili po kolorze zachodzącego Słońca czy specyficznych zjawiskach atmosferycznych przewidzieć pogodę na kilkanaście godzin do przodu.

Za pierwszych meteorologów sensu stricto uważa się żeglarzy – pomyłka w oszacowaniu siły nadchodzącego sztormu mogła kosztować ich życie. Wspomnieć należy Francisa Beauforta i Roberta Fitz Roy'a. Pierwszy na potrzeby klasyfikacji siły wiatru stworzył fenomenologiczną skalę używaną do dziś. Drugi wymyślił termin prognoza pogody (ang. *forecast*) i założył pierwsze w świecie biuro meteorologiczne – późniejsze brytyjskie *Met Office*. Jego pierwsze prognozy były adresowane do żeglarzy i rybaków.

Prawdziwym przełomem technologicznym dla doskonalenia prognoz pogody okazał się wynalazek telegrafu. Poprzez przesyłanie sygnałów na odległość specjalnym kodem (np. Morse'a) można było szybko przekazywać informacje pogodowe na duże odległości – i tak, od połowy XIX wieku, regularnie przesyłano do biura aktualne warunki pogodowe z miejsc oddalonych o dziesiątki czy setki kilometrów od *Met Office*.

Warto dodać, że w XX wieku do grona zainteresowanych pogodą dołączyli lotnicy i baloniarze – loty na pułap 10-30 km wymagały trudnej zdolności przewidywania wiatrów w całej troposferze. W 1922 roku Wilhelm Bjerknes sformułował koncepcję prognozy pogody, którą można byłoby policzyć. Nie było wówczas komputerów. Skomplikowane rachunki prowadzili rachmistrze z pomocą suwaków logarytmicznych.

W latach trzydziestych XX wieku Lewis Fry-Richardson opracował pierwszą matematyczną prognozę dla Monachium. Liczył ją niemal „na

piechotę" i okazała się (co do wyniku) porażką, jednak zdołał też opublikować książkę „Weather Prediction by Numerical Process", która zainspirowała kolejne umysły na świecie. Sformułował w swojej książce teoretyczną koncepcję „fabryki pogody" i stał się tym samym prekursorem obliczeń równoległych – tyle, że nie procesorem a na suwakach obsługiwanych przez około 60 tysięcy osób, przy czym każda osoba była odpowiedzialna tylko za jeden węzeł siatki obliczeń.

Przyszedł wytężony wysiłek wojenny (II Wojna Światowa), a niedługo po nim wynalazek komputerów. Pośród nich amerykański ENIAC i skandynawski BESK. Drzwi do nowoczesnej meteorologii numerycznej stanęły otworem.

Pionierem w tworzeniu kodu prognoz numerycznych okazał się Jule Charney, który w latach pięćdziesiątych XX wieku stworzył komputerowy model dynamiki atmosfery. Od tego czasu zaczęto używać komputerów jako narzędzi pomagających synoptykom postawić trafną prognozę. Dział wiedzy potrzebnej do tego celu nazwano „NWP" – (ang. Numerical Weather Prediction).

Wybrane zagadnienia z użytkowania modeli ALADIN

Wiemy już, że głównym czynnikiem ograniczającym dokładność modeli numerycznych, jest – oprócz złożoności równań – także moc obliczeniowa komputerów. Zwiększenie rozdzielczości siatki modelu o czynnik 2 wymaga około 20-krotnego zwiększenia mocy obliczeniowej. Dzieje się tak z kilku powodów. Pierwszym są wymiary przestrzenne (trzy: długość geograficzna, szerokość geograficzna i przyjęta ilość poziomów wertykalnych). Współgrać z nimi powinien także krok czasowy modelu: w dawnych modelach 10-15 minut, obecnie kilkadziesiąt sekund. Dodatkowo, przejściu na drobniejszą skalę powinna towarzyszyć zmiana równań na bardziej odzwierciedlające rzeczywistość (czyli rezygnacji z niektórych parametryzacji na rzecz dokładnych równań np. mikrofizyki, turbulencji, modułu powierzchniowego) a także, w razie potrzeby, zmiana modelu na niehydrostatyczny, czyli uwzględniający przyspieszenia pionowe elementów powietrza. Takim musi być z natury każdy model konwekcyjnoskalowy, jak np. AROME [1]. Nie ma sensu prognozowanie burz czy nawałnic bez uwzględnienia zmian prędkości pionowej mas powietrza (gdyż to one stanowią istotę konwekcji). Modele niehydrostatyczne są bardziej dokładne (niektóre zjawiska są w nich lepiej opisane), ale wymagają mocniejszych komputerów. Model ALARO [2] ma wersję hydrostatyczną i niehydrostatyczną. Model AROME jest wyłącznie niehydrostatyczny.

Poniżej rozdzielczości modelu ALARO, dla około 4-7 km, istnieje tzw. szara strefa modeli.

Pomyślmy jeszcze, co może wpływać na wymagania co do mocy obliczeniowej komputera? Oprócz rozdzielczości czasowo-przestrzennej modelu, także rozmiar siatki. Jeśli życzymy sobie modelu na całą Europę – siatka musi liczyć przynajmniej 900 × 900 oczek. Przemnożenie liczby oczek przez rozdzielczość przestrzenną modelu (dla ALARO 4 km) da nam wielkość boku domeny rzędu 3500 km. Jeśli zadowolimy się terytorium Polski z przyległościami, siatka 800 × 800 oczek przy rozdzielczości 2 km × 2 km (jak w obecnym modelu AROME) pokrywa domenę o rozmiarze boku rzędu 1600 km. Gdybyśmy chcieli policzyć całą Europę z rozdzielczością 2 km, potrzebowalibyśmy siatki o rozmiarach nie mniejszych niż 2000 × 2000 oczek.

Dla wystartowania obliczeń potrzebne są – oprócz szybkiej maszyny liczącej – także warunki początkowe i brzegowe brane z modelu o większej domenie i niższej rozdzielczości. W przypadku modeli ALADIN [3], pierwszym modelem jest model globalny ARPEGE [4], o rozdzielczości (aktualnie dla Europy) 7-10 km. Jest on eksploatowany we Francji (w Tuluzie), jednak część jego produktów (w postaci warunków początkowych i brzegowych) trafia do wszystkich członków konsorcjum ACCORD [5]. Następny w kaskadzie jest ALARO o horyzoncie 72 godzin, którego uruchomienie (i tzw. przebieg) umożliwia opracowanie warunków brzegowych i początkowych dla ostatniego elementu kaskady – modelu AROME (liczonego z wyprzedzeniem 30 godzin). Czas trwania obliczeń umożliwia dawanie prognoz 4 razy na dobę, w przebiegu porannym (najistotniejszym – r00), południowym (r06), popołudniowym (r12) i wieczornym (r18).

Oprócz tego model regionalny do poprawnej inicjalizacji potrzebuje odpowiednio wyselekcjonowanych i skalibrowanych (z nadanymi konkretnymi wagami statystycznymi) danych wejściowych oraz danych obserwacyjnych, które przyswaja w procesach zwanych analizą oraz asymilacją (ta druga jest opcjonalna, ale poprawia jakość prognozy, zwłaszcza pierwszych jej godzin). Przed obliczeniami poszczególnych kroków czasowych trzeba też zmienić współrzędne z geograficznych na prostokątne (kartezjańskie), czyli dyskretyzować dane i uwzględnić fakt, że ALADIN operuje w rzucie stożkowym Lamberta. Są to kolejne, czysto matematyczne, źródła błędu prognozy. Do kompletu potrzebne są także uprzednio przygotowane pliki klimatyczne, zawierające informacje sezonowe dla danego modelu i dla każdego miesiąca osobno.

Po wyliczeniu prognozy następuje jej *post-processing*: przejście z powrotem z współrzędnych kartezjańskich na geograficzne (długość i szerokość, ang. *lat-lon*), ekstrakcja części interesujących nas pól meteorologicznych do dalszej obróbki (zwana *full-pos'*em) oraz produkcja map (jest ich dziennie ponad 100 tysięcy), meteogramów i tabel. Pliki na wyjściu kiedyś miały format FA (*Format Aladin*) a obecnie są to GRIB-y [6]. Pól wyjściowych każdy model ma po kilkaset, jednak nie ma sensu składować ich wszystkich na dysku. W razie potrzeby archiwizowane są dane początkowe i brzegowe, aby można było policzyć jakiś interesujący nas przebieg z przeszłości.

Czy modele drobnej skali mają jakąś przewagę nad modelem dużej skali? Tkwi ona w sposobie, jakim ujmują zjawiska o mniejszej skali. Model globalny ich albo nie uwzględnia, albo w najlepszym razie je parametryzuje (przybliża). Modele o mniejszej skali przestrzennej ujmują je dokładniej, całościowymi równaniami. Z kolei model globalny czy synoptyczno-skalowy (jak kiedyś ALADIN, gdy miał rozdzielczość grubszą niż 10 km $\times$ 10 km) lepiej prognozują zjawiska o średniej i dużej skali. Na tym polega sens wymiany informacji między różnymi modelami numerycznymi pogody.

Jeśli już jesteśmy przy procesach atmosferycznych, w latach siedemdziesiątych XX wieku Orlansky sformułował prawo, zgodnie z którym procesy o mniejszej skali zachodzą szybciej niż wielkoskalowe. Sporządził specjalną skalę, zgodnie z którą procesy dzielą się na klimatologiczne (obejmujące całą planetę), synoptyczne (wielkości frontu atmosferycznego, rzędu 1000 km), mezoskalowe (o średniej skali – opady, konwekcja) i mikroskalowe (o skali drobniejszej niż 1 km $\times$ 1 km, nie eksploatowanej operacyjnie w konsorcjum ACCORD Polska). Procesy mikroskalowe trwają kilkadziesiąt sekund lub kilka minut, mezoskalowe – kilka godzin, synoptyczne – parę dni a klimatologiczne – około 2-4 tygodni.

Czy istnieje doskonały, ujednolicony, model do zaprognozowania wszystkiego? Wydaje się, że nigdy taki nie powstanie. Powodem jest nie tylko ograniczona moc komputerów, ale i rozpiętość skal różnych zjawisk meteorologicznych. Możemy uzyskiwać zadowalające wyniki w pewnych zakresach tych skal, np. dla mezoskali, ale nigdy dla wszystkich skal jednocześnie. Nadzieją dla meteorologii jest dalszy postęp technik obliczeniowych.

Jest jeszcze jeden czynnik, który wpływa na czas obliczeń. Jest nim horyzont prognozy. Wraz ze wzrostem sprawdzalności modeli numerycznych (prognoza 1- lub 3-dniowa mają już powyżej 90% sprawdzalności,

choć zależy to stricte od założonej tolerancji na błąd) porywamy się na coraz to większe wyprzedzenia. Modele globalne przewidują dość trafnie na 7-8 dni do przodu. Wiąże się to z faktem, że na prognozy długoterminowe wpływ mają czynniki o dużej skali czasowej i przestrzennej. Domeną modeli mezoskalowych jest horyzont 2-3 dniowy. Istnieje teoretyczne ograniczenie długości prognozy numerycznej – jest nim horyzont czasowy około 16 dni. Dalej rozciąga się obszar prognoz sezonowych.

Wiąże się to z charakterem równań rządzących atmosferą. Od pewnego momentu liczenia prognozy nie sposób z góry ograniczyć oszacowania jej błędu po kilku czy kilkunastu dniach liczenia (a zatem kilku tysiącach kroków czasowych). Są to równania (mówiąc językiem matematyki) różniczkowe i nieliniowe, gdzie od pewnej wartości wyprzedzenia błąd zaczyna narastać lawinowo. Wtedy prognoza staje się mało wartościowa a cały obszar domeny, począwszy od brzegów a skończywszy na jej centrum, zaczyna reprezentować chaotyczne zaszumienie danych. Konstrukcją, która chroni przed przedwczesnym wypełnieniem całej domeny przez chaos (mówimy o modelu mezoskalowym czyli Limited Area Model), jest zastosowanie warunków brzegowych z modelu globalnego. One też są wprawdzie obarczone błędem, ale do sporządzenia prognozy na trzy dni są wystarczająco dokładne.

Przyszłość meteorologii numerycznej

Wydaje się, że póki komputery będą coraz szybsze, a ludzie będą intensywnie pracować nad optymalizacją algorytmów, przyszłość NWP pozostaje niezagrożona. W pracy synoptyka, póki co, jest wiele elementów, które trzeba wykonać ręcznie. Na razie trudno sobie wyobrazić sytuację pełnej automatyzacji procesu przewidywania pogody. Nadal doświadczony synoptyk jest skarbem, a nie dodatkiem do maszyny liczącej. Maszyny wymagają konserwacji i naprawy i, póki co, najbliższe lata wydają się rysować spokojną i bezpieczną perspektywę (choć oczywiście poziom automatyzacji rośnie). Możliwość oszczędzenia zbędnej pracy przy klikaniu myszą zachęciła nas do operowania w środowisku Linux, ułożenia systemu skryptów w C i Bash i sprowadzenia naszych ingerencji w system do minimum. Niektórzy starają się do opisu i ulepszenia prognozy wykorzystać metody uczenia maszynowego, zwane też potocznie sztuczną inteligencją. Póki panujemy nad narzędziami, a system nie jest w pełni autonomiczny, jesteśmy potrzebni. Zamiast powtarzać wielokrotnie niezbyt twórcze czynności, zaprzęgamy do tego skrypt i tylko kontrolujemy prawidłowy jego przebieg. Albo piszemy kolejny skrypt kontrolujący

pracę tego pierwszego skryptu. I tak dalej...

Konsorcjum co parę lat opracowuje przenośną (kanoniczną) wersję modelu. Programiści z całej Europy (ACCORD to 26 krajów) doskonalą kod modelu (liczący kilka milionów linii). Samych cykli ALADINa było już kilkadziesiąt. W utrzymanie kodu jest zaangażowanych łącznie około kilkuset osób. Niewiele jest osób, które panują nad całością, ale i takie istnieją (jak choćby Andrey Bogatchev z Bułgarii). Podobnie, mało kto potrafi przewidzieć kierunki rozwoju modelu na wiele lat do przodu. Jednym z takich wizjonerów (a jednocześnie założycieli ALADINa) był zmarły w 2015 r. Jean-François Geleyn.

Definicje użytych skrótów

[1] AROME – (ang.) Application of Research to Operations at Mesoscale

[2] ALARO – ALadin + AROme, model mezoskalowy „sklejony" z 2 innych modeli, ALADIN i AROME, które powstały wcześniej

[3] ALADIN – (franc.) Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement International

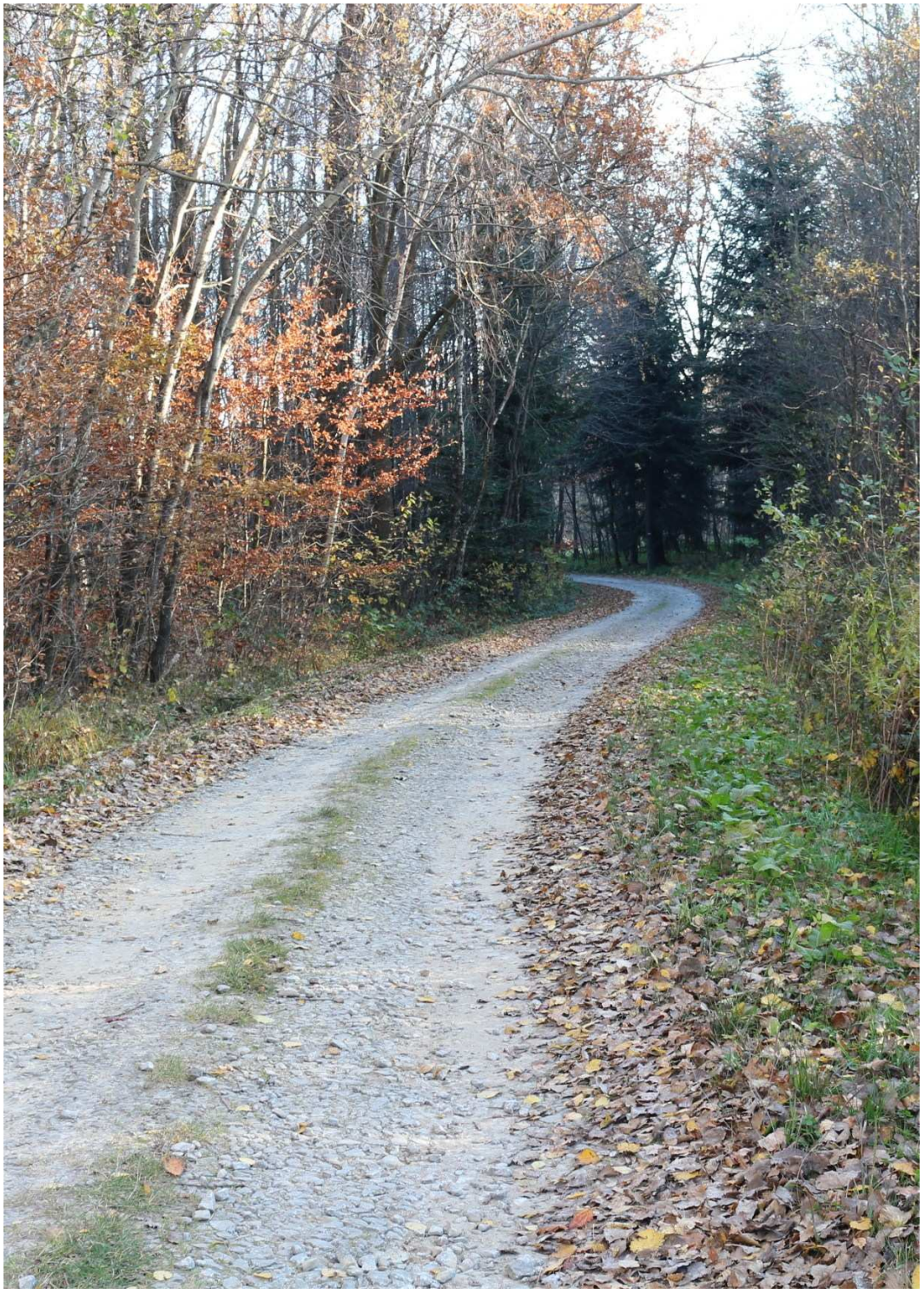
[4] ARPEGE – (franc.) Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle

[5] ACCORD – A Consortium for COnvective-scale modeling – Research and Development

[6] GRIB – (ang.) GRIdded Binary albo General Regularly-distributed Information in Binary form

Część trzecia

(naukowa)



Migawka z rzepiennickiego szlaku 108 minut.

J0028+0035 – radiogalaktyka fidget spinner

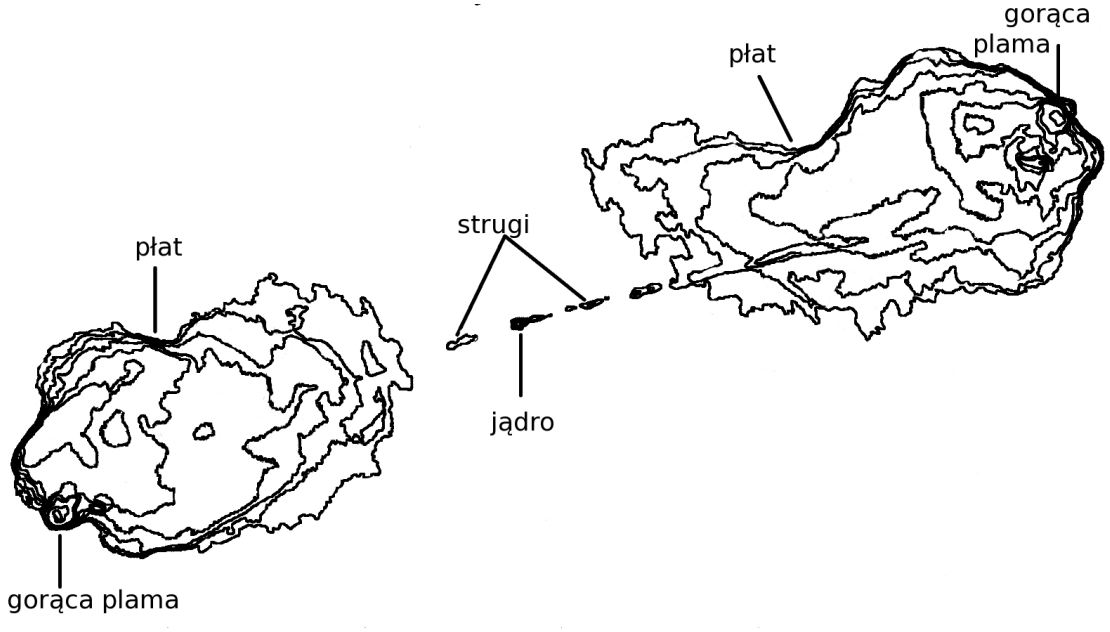
Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Początki radioastronomii sięgają lat 30. zeszłego stulecia, kiedy to eksperymenty inżyniera Karla Guthe Janskyego – pracownika Bell Telephone Laboratories (Holmdel, New York, USA) doprowadziły do odkrycia 20 MHz pozaziemskiego szumu radiowego, pochodzącego z centralnych obszarów Drogi Mlecznej ([1], [2]). Dopiero jednak dedykowane badania Grote Rebera z początku lat 40. XX wieku ([3], [4]) ugruntowały to odkrycie i doprowadziły do powszechnych obserwacji nieba na falach radiowych. Reber jako pierwszy zdał sobie sprawę z tego, że 30° zdolność rozdzielczą uzyskaną przez Janskyego można poprawić prowadząc obserwacje na krótszych falach (zdolność rozdzielcza jest proporcjonalna do długości fali i odwrotnie proporcjonalna do rozmiaru radioteleskopu). Jednak dopiero zastosowanie interferometrów radiowych w końcu lat 40. ([5], [6], [7]) oraz nowej techniki prowadzenia obserwacji tzw. syntezy apertury ([8], [9]) pozwoliło na uzyskanie zdolności rozdzielczych rzędu minut i sekund łuku. W 1946 r. zaobserwowano dziwny zmienny (scyntylujący) obiekt w gwiazdozbiorze Łabędzia (łac. Cygnusa; [10]), dla którego Reber sporządził mapę radiową na 62 cm ze zdolnością rozdzielczą ok 3° [11]. Pierwsze obserwacje interferometryczne tego obiektu nazwanego Cygnusem A (Cyg. A) zaprezentowano w 1953 r. [12], a rok później udało się powiązać jego promieniowanie radiowe z odległą galaktyką [13]. W ten sposób narodziła się radioastronomia pozagalaktyczna, a Cygnus A (patrz Rys. 1) stał się sztandarowym reprezentantem nowej klasy obiektów zwanych radiogalaktykami, których kompletny opis i zasady funkcjonowania poznano dopiero po wielu dziesięcioleciach badań.

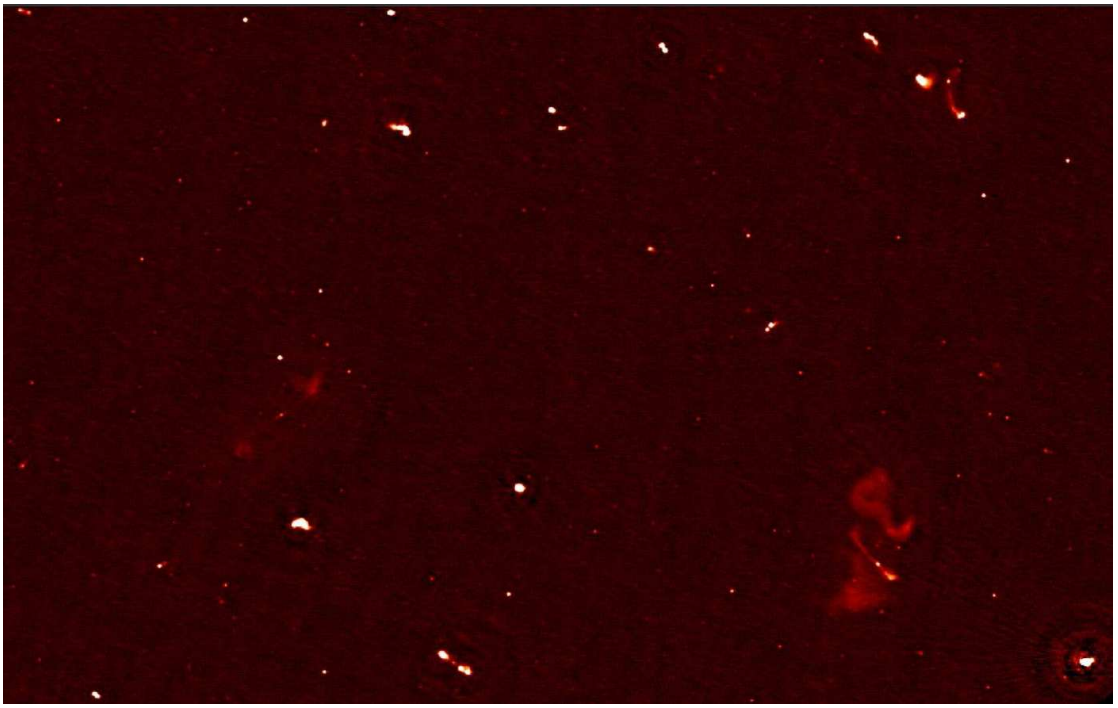
Radioastronomowie dla sporządzenia map nieba korzystają z potężnych radioteleskopów, w podobny sposób, w jaki przeprowadza się obserwacje teleskopami optycznymi, np. przy użyciu Kosmicznego Teleskopu

Hubble'a, wykonującego zdjęcia gwiazd i galaktyk. Obrazy wykonane za pomocą teleskopu radiowego prezentują niebo jednak zupełnie inaczej. Na „niebie radiowym" gwiazdy i galaktyki nie są widoczne bezpośrednio. Widać na nim liczne złożone struktury połączone z supermasywnymi czarnymi dziurami w centrach galaktyk. Większość gazu otaczającego supermasywną czarną dziurę zostaje przez nią pochłonięta, ale część materii może zostać z bardzo dużą prędkością wyrzucona w przestrzeń kosmiczną. Naładowane cząstki tej materii, poruszające się w słabym polu magnetycznym tworzą rozległe struktury – radiogalaktyki (w dużej ilości widoczne na Rys. 2), podobne do wspomnianego już Cygnusa A. Możemy je obserwować właśnie dzięki radioteleskopom, których wspólne działanie w większych zespołach anten nazywamy radiointerferometrami.



Rysunek 1. Cygnus A – obraz typowej radiogalaktyki i jej podstawowych składników. Jądro radiowe znajdujące się w centrum niezbyt odległej galaktyki (o przesunięciu ku czerwieni z ~ 0.06) jest stowarzyszone z supermasywną (ok. 2.5 mld. mas Słońca) czarną dziurą. Emanują z niego w przeciwnych kierunkach, nie zawsze dobrze widoczne, strugi naładowanych relatywistycznych cząstek, które są zakończone gorącymi plamami. Z gorących plam materia dyfunduje w kierunku centrum obiektu tworząc olbrzymie, ekspandujące płaty. Rozmiar radiogalaktyki (mierzony pomiędzy gorącymi plamami) wynosi ok. 400 tys. lat świetlnych. (Źródło: kompozycja własna na podstawie obserwacji VLA przedstawionych w pracy [14])

Wspomniana w tytule radiogalaktyka J0028+0035, której obraz znajduje się na Rys. 3, posiada w centrum zamiast jądra, nietypowo, aż



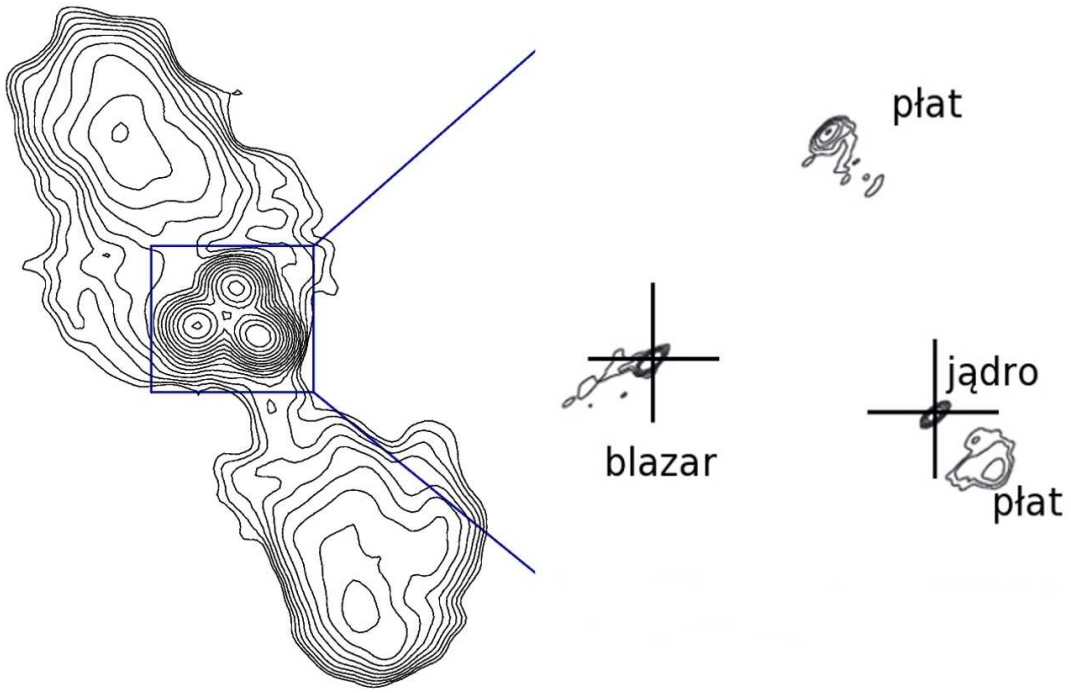
Rysunek 2. Przypadkowy fragment nieba pochodzący z przeglądu LOFAR na 144 MHz centrowany na pozycję J2000: RA $13^{h}34^{m}30^{s}$ i Dec $53°41'00''$ [15]. W tym niewielkim obszarze (ok. 45 na 30 minut łuku) widocznych jest mnóstwo radiogalaktyk o różnych kształtach, jasnościach, rozmiarach i orientacji przestrzennej. Patrząc na te obiekty doznaje się wrażenia, że są to najpiękniejsze twory we Wszechświecie.

trzy składniki, których morfologia przypomina fidget spinnera[1]. Centralny składnik po lewej stronie to odległy blazar nie związany fizycznie z pozostałymi, widocznymi na mapie, obiektami. Dwa pozostałe składniki znajdujące się po prawej stronie (lepiej widoczne w powiększeniu) stanowią miniaturową radiogalaktykę składającą się z jądra i płatów. J0028+0035 należy do rzadkiej klasy radiogalaktyk restartujących, które posiadają składniki pochodzące z dwóch różnych cyklów aktywności centralnego obiektu. Zewnętrzne rozległe płaty są dużo starsze od tych widocznych w centrum. Radiogalaktyki restartujące przypominają matrioszkę[2], gdyż posiadają kilka (dwie, trzy) bliźniaczych przeskalowanych struktur powiązanych z tym samym źródłem.

W oparciu o dane radiowe z szerokiego zakresu od 74 MHz do 14

[1]Fidget spinner to spopularyzowana w 2017 r. zabawka zręcznościowa składająca się zazwyczaj z czterech łożysk połączonych wytrzymałym plastikiem, przypominająca swym kształtem trójkąt z centralnym łożyskiem, służącym jako uchwyt.

[2]Matrioszka to rosyjska popularna zabawka dziecięca, złożona z podobnych różnej wielkości drewnianych lalek, włożonych jedna w drugą.



Rysunek 3. Lewa strona: mapa radiogalaktyki J0028+0035 z nietypową potrójną strukturą w centrum, uzyskana na 323 MHz interferometrem GMRT. Jej rozmiar wynosi ok. 3.8 mln. lat świetlnych (dla porównania odległość między naszą Galaktyką i M31 wynosi tylko ok. 2.5 mln. lat świetlnych). Prawa strona: centrum radiogalaktyki J0028+0035 w powiększeniu. Mapa na 5.5 GHz wykonana z lepszą zdolnością rozdzielczą niż ta widoczna po lewej stronie. Krzyż z lewej strony wskazuje pozycję odległego blazara znajdującego się na przesunięciu ku czerwieni z=0.7. Krzyżyk z prawej strony wskazuje pozycję jądra radiowego stowarzyszonego z galaktyką SDSS J002838.86+003539.7 położoną na przesunięciu ku czerwieni z=0.4. Rozmiar wewnętrznej struktury – od krańca jednego do krańca drugiego płata wynosi ok. 320 tys. lat świetlnych (dla porównania rozmiar Galaktyki wynosi ok. 100 tys. lat świetlnych).

GHz udało się określić [16] parametry fizyczne (np. wiek, ciśnienie, gęstość, szybkość propagacji) struktur radiowych J0028+0035. Wiek zewnętrznych (starych) płatów wynosi ok. 245 mln. lat, a wewnętrznych (młodych) tylko 3.6 mln. lat. Pomiędzy pierwszą i drugą fazą aktywności nastąpił okres uśpienia na 11 milionów lat. W tym czasie nie były generowane relatywistyczne wypływy materii w postaci skolimowanych strug. Powodem tego mógł być zanik wewnętrznej części dysku akrecyjnego, spowodowany obecnością w centrum drugiej masywnej czarnej dziury. Dysk odbudował się i aktywność rozbudziła się ponownie po tym, kiedy czarne dziury zlały się w jeden centralny obiekt. Uzyskana z modelowania moc strug zewnętrznej oraz wewnętrznej struktury jest podobna i wynosi odpowiednio 2.20×10^{37} oraz 2.29×10^{37} W. Występują jednak duże różnice ($\sim$3 rzędy wielkości) w gęstości centralnej

dla zewnętrznej oraz wewnętrznej struktury, które wynoszą odpowiednio 2.67 oraz 0.005×10^{-22} kg m^{-3}. Więcej szczegółów fizycznych dotyczących tytułowej radiogalaktyki, znajduje się w oryginalnej publikacji, do której odsyłamy.

Przedstawione tutaj badania J0028+0035 zostały uzyskane przy finansowym wsparciu Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu NCN 2018/29/B/ST9/01793.

Literatura

[1] Jansky K. G., 1932, Proc. Inst. Rad. Eng., 20, 1920
[2] Jansky K. G., 1933, Nature, 132, 66
[3] Reber G., 1940, ApJ, 91, 621
[4] Reber G., 1944, ApJ, 100, 279
[5] Ryle M., Vonberg D. D., 1946, Nature, 158, 339
[6] Pawsey J. L., Payne-Scott R., McCready L. L., 1946, Nature, 157, 158
[7] McCready L. L., Pawsey J. L., Payne-Scott R., 1947, Proc. R. Soc., Ser. A., 190, 357
[8] Ryle M., Hewish A., 1960, MNRAS, 120, 220
[9] Ryle J., 1975, Science, 188, 1071
[10] Hey J. S., Parsons S. J., Phillips J. W., 1946, Nature, 158, 234
[11] Reber G., 1948, Proc. Inst. Rad. Eng., 36, 1215
[12] Jennison R. C., Das Gupta M. K., 1953, Nature, 172, 996
[13] Baade W., Minkowski R., 1954, ApJ, 119, 206
[14] Perley R. A., Dreher J. W., Cowan J. J., 1984, ApJ, 285L, 35
[15] Shimwell T. W., Tasse C., Hardcastle M. J. i in., 2019, A&A, 622, 1
[16] Marecki A., Jamrozy M., Machalski J., Pajdosz-Śmierciak U., 2021, MNRAS, 501, 853 (https://arxiv.org/pdf/2011.09293.pdf)

Marek Jamrozy

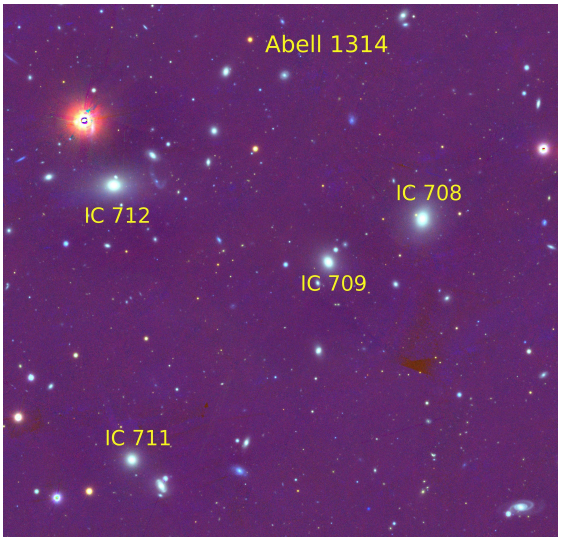
Radiogalaktyki w gromadach galaktyk – wyznaczanie orbit

Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Astronomowie potrafią precyzyjnie wyznaczać parametry orbit wielu bliskich ciał niebieskich. Najprostszym, idealnym, przypadkiem jest rozważanie ruchu dwóch izolowanych obiektów. Przypadek ten nosi fachowo nazwę *zagadnienia dwóch ciał* lub inaczej *zagadnienia keplerowskiego*. Kolejnym przybliżeniem jest opis ciała poprzez punkt, w którym skupiona jest cała jego masa. Stoimy więc przed problemem wyznaczenia ruchu dwóch izolowanych punktów materialnych pod działaniem wzajemnego przyciągania newtonowskiego. W prostokątnym układzie inercjalnym problem ten można opisać przy użyciu 6 równań różniczkowych drugiego rzędu. W celu ich rozwiązania musimy, w ogólności, znaleźć 12 całek (tzw. stałych całkowania). Przez zaczepienie układu odniesienia w środku masy (barycentrum) można ten problem zredukować do układu rzędu szóstego, odnosząc ruch obu punktów materialnych do ich barycentrum lub też rozważając ruch względny jednego punktu materialnego w odniesieniu do drugiego. Takie podejście stosuje się jako pierwsze przybliżenie w wyznaczaniu orbit planet, komet czy gwiazd. Pamiętać jednak należy, że w rzeczywistości nigdy nie mamy do czynienia z układem keplerowskim. W Układzie Słonecznym istnieje wiele ciał (mówimy fachowo o *n-ciałach*), dlatego nie możemy Słońca i planety rozpatrywać jako odosobnionych, lecz musimy uwzględniać jednoczesne przyciąganie przez inne ciała znajdujące się w pobliżu. Ponieważ rozwiązanie n-ciałowe jest skomplikowane i analitycznie nierozwiązywalne (podobnie zresztą jak ogólny przypadek 3 ciał). W dalszym opisie będziemy uwzględniać jedynie oddziaływania 2-ciałowe. Będziemy się jednak zajmować obiektami, dla których skale odległości i czasu będą nieporównywalnie większe niż ma to miejsce w przypadku ciał Układu Słonecznego. Będziemy bowiem wyznaczać orbity galaktyk w gromadach galaktyk.

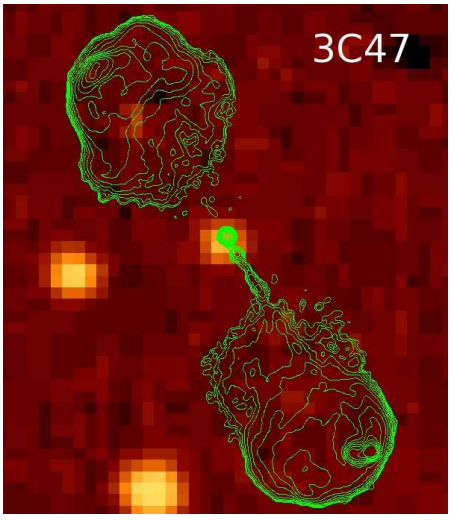
Zdefiniujmy na początku czym są gromady galaktyk. To skupiska od kilkudziesięciu, do kilku tysięcy galaktyk tworzących układ związany grawitacyjnie (Zwicky, 1937). Galaktyki w gromadzie galaktyk poruszają się po skomplikowanych torach wokół środka masy gromady, znajdującego się zazwyczaj w pobliżu największych galaktyk w gromadzie. Prędkości galaktyk w małych grupach galaktyk osiągają 200 km/s, ale rosną do ok. 800 km/s w dużych gromadach galaktyk. Typowe rozmiary gromad wynoszą przeciętnie kilka (1-3) megaparseków (Mpc). Przyjrzyjmy się uważniej jednej z takich gromad. Gromada galaktyk Abell 1314 znajduje się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy (UMa, pozycja środka – RA: $11^{\mathrm{h}}\ 34^{\mathrm{m}}\ 50^{\mathrm{s}}$, DEC: $+49^{\circ}\ 03'\ 28''$, J2000.0) w odległości ok. 150 Mpc od nas, co odpowiada przesunięciu ku czerwieni z=0.0335. Jej rozmiar kątowy na niebie to ok. 80 minut łuku. Najjaśniejsze galaktyki w centrum tej gromady zostały zaznaczone na Rys. 1.



Rysunek 1. Centrum gromady Abell 1314 z zaznaczonymi najjaśniejszymi galaktykami. Odległość kątowa IC 708 i IC 709 wynosi ok. 2.7 minut łuku. Mapa optyczna pochodzi z przeglądu Pan-STARRS (https://panstarrs.stsci.edu/).

Większość galaktyk posiada w swych centrach supermasywne czarne dziury. Niektóre z nich mogą akreować otaczający je gaz i wyrzucać z obszarów biegunowych z relatywistyczną prędkością materię w postaci plazmonów tworzących skolimowane strugi (dżety). Wielkoskalowe dżety tworzą rozległe płaty, w których naładowane cząstki w obecności pola magnetycznego wyświecają się w procesie synchrotronowym i mogą być obserwowane w zakresie radiowym. Obiekty takie nazywamy radiogalaktykami, a jeden z nich został przedstawiony na Rys. 2.

Co istotne, płaty radiogalaktyki mogą być widoczne na falach radiowych przez długi czas (kilkadziesiąt-kilkaset milionów lat) po ustaniu zasilania ich przez dżety energetycznymi cząstkami. Są więc zapisem



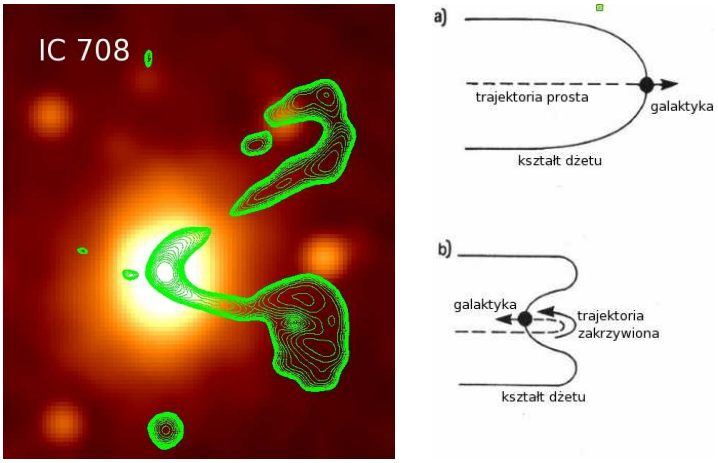
Rysunek 2. Radiogalaktyka 3C 47 przedstawiona w postaci zielonych konturów odpowiadających natężeniu promieniowania radiowego. W centrum widzimy zwarty obiekt – jądro – koincydujący z centrum galaktyki (zaznaczonej jaskrawym kolorem). Z jądra emanują dżety w dwóch przeciwstawnych kierunkach, które zasilają naładowanymi cząstkami i polem magnetycznym rozległe płaty. Dżet w kierunku południowym jest wyraźnie widoczny, w przeciwieństwie do jego północnego odpowiednika, gdyż jest dopplerowsko pojaśniony. Cała struktura posiada (mniej więcej) strukturę osiowo-symetryczną.

wcześniejszych zdarzeń, które możemy odtwarzać podobnie jak czynią to archeolodzy. Przechowywana w rozległych strukturach radiowych informacja fizyczna i geometryczna może być cennym źródłem wiedzy o obiekcie centralnym oraz kształcie jego orbity. Powróćmy do opisywanej wcześniej gromady Abell 1314 i skoncentrujmy się na IC 708, która jest nazywana galaktyką *motylem*, co jest związane z morfologią jej wielkoskalowej emisji radiowej przedstawionej na Rys. 3.

Zachęcam do obejrzenia pracy Wilber i in. (2019), a w szczególności rysunku 4 w niej umieszczonego. Przedstawia on obraz radiowy omawianej tutaj gromady Abell 1314 pochodzacy z nisko-częstotliwościowego przeglądu Low Frequency Array (LOFAR[1]; van Haarlem 2013). Zobaczyć tam można rozciągłą kometarną strukturę radiową związaną z IC 711, której struktura, w okolicy IC 708, jest zaburzona. Patrząc na powyższy rysunek można domyślać się co może być powodem tego zaburzenia.

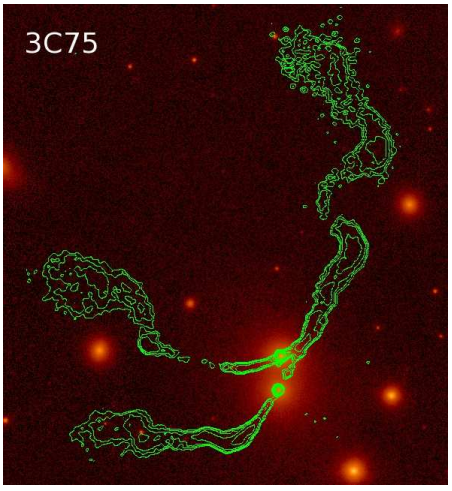
Galaktyki rzadko kiedy występują osobno. Często tworzą pary lub grupy. W ciasnych układach wielokrotnych galaktyki intensywnie ze sobą oddziałują – obiegają wspólny środek masy i – w dłuższej perspektywie czasowej – mogą się nawet zlewać (Zwicky, 1956). Układ podwójny galaktyk stanowią na przykład NGC 1128-1 oraz NGC 1128-2, które na

[1]https://lofar-surveys.org/



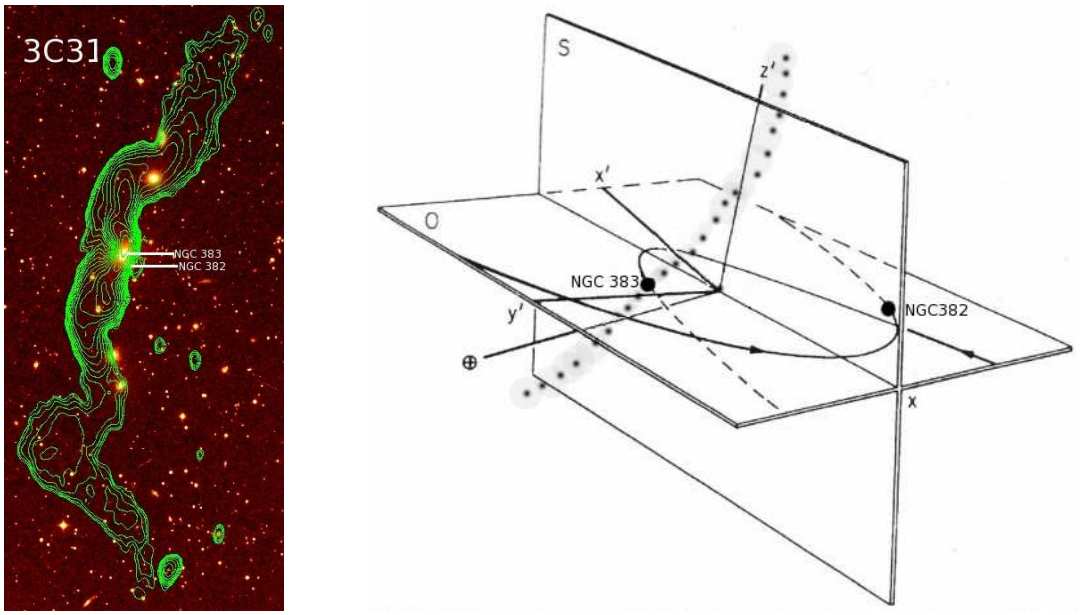
Rysunek 3. Galaktyka IC 708 z zaznaczonymi (na zielono) konturami emisji radiowej (**lewy panel**). Na **prawym panelu** przedstawiono możliwe wyjaśnienie przyczyny „powykrzywianej" struktury radiowej obiektu. Na obrazku **(a)** galaktyka porusza się w prawo, kształt dżetów przypomina odwróconą literę C. Obrazek **(b)** przedstawia późniejszą w czasie konfigurację, kiedy galaktyka skręciła i zaczęła się poruszać w przeciwnym kierunku, powstały wtedy charakterystyczne zakrzywienia dżetów.

zdjęciach z dużą rozdzielczością kątową widziane są jako dwa składniki, których centra są oddalone od siebie o ok. 8 kpc. Tak się składa, że obie supermasywne czarne dziury tego układu są radiowo aktywne i posiadają rozległe struktury radiowe, które w przeciwieństwie do 3C 47 nie są jednak proste, a powyginane – jest to efekt ruchu orbitalnego obu składników oraz ich wspólnego ruchu przez gorący gaz gromady, z prędkością ok. 1200 km/s.



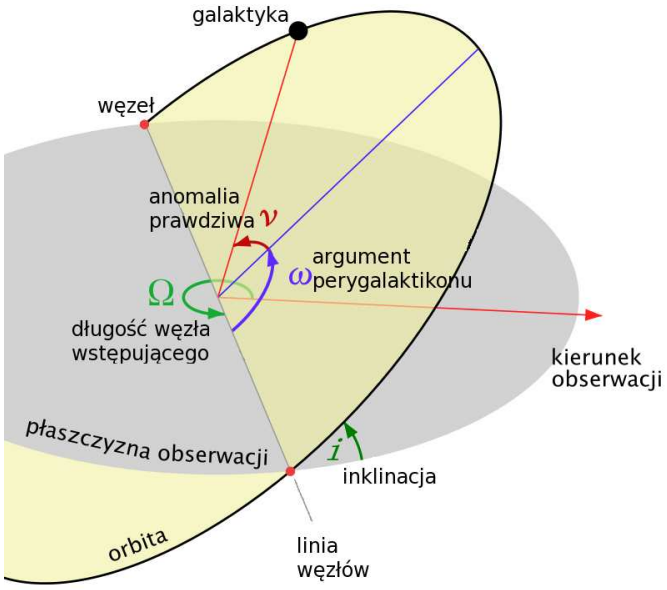
Rysunek 4. 3C 75 – podwójne radioźródło w gromadzie galaktyk Abell 400, znajdujące się na przesunięciu ku czerwieni z=0.023. Radioźródła są generowane w jądrach dwóch zlewających się galaktyk. W końcowym etapie łączenia się galaktyk i „zlania" się supermasywnych czarnych dziur obiekt stanie się silnym źródłem fal grawitacyjnych.

Układ podwójny stanowią również galaktyki NGC 382 i NGC 383 widoczne na Rys. 5. NGC 383 jest radiowo aktywna, jej olbrzymia megaparsekowa struktura nie jest jednak osiowo-symetryczna jak to było w przypadku 3C 47 (patrz Rys. 2), ale powyginana, podobnie jak struktury radiowe obiektów 3C 75 lub IC 708. Jej dziwna morfologia radiowa jest związana z oddziaływaniem grawitacyjnym galaktyki macierzystej z NGC 382.



Rysunek 5. Oddziałujące grawitacyjnie galaktyki NGC 383 i NGC 382, z których ta pierwsza jest radiogalaktyką o nazwie 3C 31. Jej morfologię radiową przedstawiono w postaci zielonych konturów na lewym panelu. Orbity tych dwóch galaktyk i ich usytuowanie w stosunku do Ziemi (⊕, kierunek osi z) przedstawiono na prawym panelu. Płaszczyzna O jest płaszczyzną orbity, płaszczyzna S jest płaszczyzną nieba. Współrzędne prostokątnego układu x', y', z', zaczepionego w środku masy dwóch składników, opisują orbitę NGC 383. Symbolicznie przedstawiono również powykrzywiane dżety, których położenie będziemy badać, emanujące z NGC 383.

Zagadnienie ruchu względnego dwóch ciał, np. dwóch galaktyk, opisują, jak już wspomniano na początku, równania różniczkowe szóstego rzędu. W całkowaniu równań ruchu występuje 6 stałych dowolnych. Stałymi tymi może być 6 elementów opisujących jednoznacznie orbitę. Są to: a – wielka półoś orbity; e – mimośród (ekscentryczność) orbity; i – nachylenie orbity do wyróżnionej płaszczyzny (np. płaszczyzny nieba); Ω – długość węzła wstępującego; ω – odległość perycentrum od węzła wstępującego (tzw. argument perycentrum); T_0 – moment przejścia przez perycentrum (Wierzbiński, 1973). Elementy te zaznaczono na Rys. 6.



Rysunek 6. Keplerowskie elementy orbity wykorzystywane w opisie ruchu układu dwóch ciał, np. dwóch galaktyk.

Pozycja na orbicie galaktyki macierzystej radioźródła w chwili (t) w układzie prostokątnym x', y', z' jak przedstawiono na Rys. 5 (prawy panel) jest dana w następujący sposób:

$$\begin{aligned} \mathrm{x'_{gal}(t)} &= \mathrm{r(t)\{\cos(\Omega)\cos[\omega+\nu(t)] - \sin(\Omega)\cos(i)\sin[\omega+\nu(t)]\}} \\ \mathrm{y'_{gal}(t)} &= \mathrm{r(t)\{\sin(\Omega)\cos[\omega+\nu(t)] + \cos(\Omega)\cos(i)\sin[\omega+\nu(t)]\}} \\ \mathrm{z'_{gal}(t)} &= \mathrm{r(t)\{\sin(i)\sin[\omega+\nu(t)]\}} \end{aligned}$$

gdzie, podobnie jak uprzednio, Ω jest długością węzła wstępującego, ω – argumentem perygalaktikonu (perycentrum), i – inklinacją orbity, $\nu(t)$ – anomalią prawdziwą. Równanie krzywej stożkowej, po której porusza się galaktyka macierzysta radioźródła, jest dane równaniem:

$$\mathrm{r(t) = a(1\text{-}e^2)/\{\ 1+e\ \cos[\nu(t)]\}}\ ,$$

gdzie r(t) jest odległością pomiędzy galaktyką macierzystą, a centrum masy, p to parametr (*semilatus rectum*) $\mathrm{p = a(1\text{-}e^2)}$.

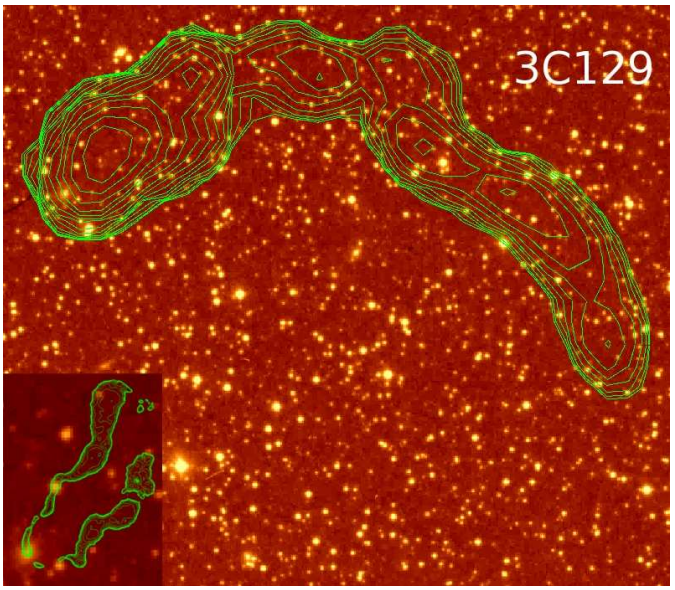
Zmienna w czasie pozycja plazmonu ($\mathrm{x'_{plaz}}(\tau)$, $\mathrm{y'_{plaz}}(\tau)$, $\mathrm{z'_{plaz}}(\tau)$), który został wyrzucony w chwili τ', a obserwujemy go w chwili τ w dżecie, wyrzuconego z centralnego obiektu (okolic supermasywnej czarnej dziury) z prędkością v, jest następująca:

$$\begin{aligned} \mathrm{x'_{plaz}}(\tau) &= \mathrm{x'_{gal}}(\tau') + (\tau-\tau')\{[\mathrm{dx'_{gal}/dt}]_{\tau'} + \mathrm{v_{x'}}\} \\ \mathrm{y'_{plaz}}(\tau) &= \mathrm{y'_{gal}}(\tau') + (\tau-\tau')\{[\mathrm{dy'_{gal}/dt}]_{\tau'} + \mathrm{v_{y'}}\} \\ \mathrm{z'_{plaz}}(\tau) &= \mathrm{z'_{gal}}(\tau') + (\tau-\tau')\{[\mathrm{dz'_{gal}/dt}]_{\tau'} + \mathrm{v_{z'}}\} \end{aligned}$$

Wolnymi parametrami w powyższych równaniach są: a, i, e, Ω, ν oraz v. Ich wartości szacujemy na podstawie dopasowania do zmierzonych współrzędnych (pozycji) plazmonów $x'_{plaz}(\tau)$, $y'_{plaz}(\tau)$, $z'_{plaz}(\tau)$ w obserwowanych dżetach. Blandford i Icke (1978) wyznaczyli w ten sposób parametry orbitalne radiogalaktyki 3C 31 (Rys. 5) w układzie NGC 383/382. Otrzymali następujące wartości:

masa NGC 383 (m_1)	1.1×10^{12} $M_\odot$
masa NGC 382 (m_2)	3.1×10^{11} $M_\odot$
odległość perygalacticonu od środka siły (p/1+e)	53 kpc
ekscentryczność (e)	1.0
długość perygalacticonu (ω)	176°
nachylenie orbity (i)	98°
anomalia prawdziwa (ν)	89°
prędkość plazmonów (v)	∼500 km/s

Ciekawą, z punktu widzenia wyznaczania orbit galaktyk w gromadach, jest szybko poruszająca się radiogalaktyka 3C 129 posiadająca przesunięcie ku czerwieni z=0.0208. Jej struktura radiowa przypomina morfologię komety (Rys. 7). Posiada „głowę" i wygięty „warkocz". Kształt warkocza zbliżony jest do fragmentu elipsy. Ten fragment może być użyty do rekonstrukcji całej orbity radiogalaktyki 3C 129, która porusza się wokół gigantycznej galaktyki typu cD o bardzo dużej masie 3×10^{13} $M_\odot$ ulokowanej (w pozycji RA: $04^h49^m08^s.3$, DEC: $+44°55'40''.4$, J2000.0), ok. 5 minut łuku na południe od galaktyki macierzystej 3C 129.



Rysunek 7. Radiogalaktyka 3C 129 z charakterystycznym „ogonem" radiowym (zielone kontury). W tle obraz optyczny. W lewym dolnym rogu zbliżenie na „głowę" radiogalaktyki i dobrze widoczną jasną galaktyką macierzystą.

Byrd i Valtonen (1978) zajmowali się estymowaniem parametrów orbitalnych 3C 129 i otrzymali następujące wyniki e = 0.67, a = 377 kpc, i = 36°, kat pozycyjny linii węzłów 2°, $\omega = 91°$, $\nu = 271°$. Estymowany okres orbitalny wynosi aż 3.7×10^9 lat! Prędkość orbitalna 3C 129 jest równa 732 km/s. W powyższych estymacjach założono wartość stałej Hubble'a H_0=50 km/s/Mpc.

Ponieważ z upływem czasu struktury radiowe wyświecają się (głównie synchrotronowo) dobrze jest je badać na niskich częstotliwościach radiowych. Doskonałym narzędziem jest LOFAR, którego stacje odbiorcze umieszczone są również w Polsce. Stworzony ostatnio przez niego przegląd, nosi nazwę LOFAR Two-metre Sky Survey (LoTSS[2]) i obejmuje aż jedną czwartą nieba północnego, na którym widocznych jest ponad 4.4 miliona obiektów radiowych. Bardzo wiele z nich jest podobnych do opisywanych w niniejszym artykule. Istnieją nawet takie gromady, gdzie dwa lub więcej radioźródeł porusza się wokół wspólnego środka masy.

Podziękowania

Autor zajmuje się badaniami radiogalaktyk w ramach projektu pt. „Ewolucja dynamiczna radiogalaktyk – sondowanie przeszłości centralnej supermasywnej czarnej dziury w oparciu o analizę stowarzyszonej wielkoskalowej emisji radiowej" finansowanego z grantu Narodowego Centrum Nauki UMO-2018/29/B/ST9/01793. Jest również członkiem dwóch zespołów badawczych w ramach LOFAR: Surveys Key Science Project (SKSP) i Magnetism Key Science Project (MKSP). Trzy stacje LOFAR w Polsce (Łazy, Baudy, Borówiec) wchodzą w skład konsorcjum International LOFAR Telescope (ILT), które jest finansowane m.in. przez polskie Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego (obecna nazwa Ministerstwo Edukacji i Nauki).

Literatura

[1] Blandford R. D., Icke V., 1978, MNRAS, 185, 527
[2] Byrd G. G., Valtonen M. J., 1978, ApJ, 221, 481
[3] Shimwell T. W., Hardcastle M. J., Tasse C. i in., 2022, 659, 1
[4] van Haarlem M. P., Wise M. W., Gunst A. W. i in., 2013, A&A, 556, 2
[5] Wierzbiński S., 1973, Mechanika Nieba, PWN, Warszawa
[6] Wilber A., Brüggen M., Bonafede A. i in., 2019, A&A, 622, 25 https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2019/02/aa33884-18.pdf
[7] Zwicky F., 1937, ApJ, 86, 217
[8] Zwicky F., 1956, ErNW, 29, 344

[2]https://lofar-surveys.org/

Kepler Telescope: History, Observing Scheme, Planets around sdBV Stars

Jerzy Krzesiński[1] and Adam Blokesz[2]

[1]Jagiellonian University Astronomical Observatory, Cracow, Poland
[2]Pedagogical University, Cracow, Poland

Abstract. Kepler telescope was one of the most important space programs which led to a discovery of a few thousands of exoplanets (and exoplanet candidates) around stars other than our Sun. It had an extraordinary strategy of observations. Instead of getting images of interesting objects (like for example the Hubble space telescope) or short-term photometry of stars, Kepler relied on observing thousands of stars for an extended period of time.

It worked successfully for 3.5 years – the time assumed for the mission – collecting continuous photometric data of objects from the same field in the sky. The telescope fulfilled all scientific goals of the primary mission then, due to a failure of the reaction wheels, the mission was resumed in ∼3 months observing mode (called Kepler 2 or K2) where two reaction wheels and the Sun radiation pressure were used to stabilize the telescope.

Both parts of the Kepler mission allowed to push forward our knowledge not only in the planetary field but also, just to recall a few: in asteroseismology, binary systems, stellar evolution, early and late type of stars, AGNs and others. We will present here a short history of Kepler space telescope mission, some technical information, observing modes and exoplanet search results including our own quest for planets around sdBV stars.

Scientific goals

From Cape Canaveral Air Force, the rocket carrying the Kepler telescope was lunched on march 6$^{\text{th}}$ of 2009 year. The Delta II rocket successfully

placed its precious cargo a day later on 372.5 day orbit around the Sun and the Kepler mission begun. The primary scientific goal of the mission (cited after NASA) was to "determine the percentage of terrestrial and larger planets that are in or near the habitable zone of a wide variety of stars", while more detailed project goals were to:

- determine the distribution of sizes and shapes of the orbits of these planets
- estimate how many planets there are in multiple-star systems
- determine the variety of orbit sizes and planet reflectivities, sizes, masses and densities of short-period giant planets
- identify additional members of each discovered planetary system using other techniques
- determine the properties of those stars that harbor planetary systems.

Short history

As of the day of writing, Kepler mission seems to be the most successful project dedicated to the search for exoplanets. This space program ended in October 2018 but during almost nine years of the mission, the data collected by the telescope allowed to discover over 2800 confirmed exoplanets and even more candidates.

The first thoughts about the project raised among astronomers in early eighties, but the first proposal for three-year mission program of searching for planets using transit photometry was submitted to NASA in 1992 by William J. Borucki and his team (in the same year a discovery of the first planets orbiting a pulsar was announced by [1]). The proposal was rejected but it was resubmitted in different version in 1994 under the name FRESIP (FRequency of Earth-size Inner Planets), then again in 1996 (after a discovery of a hot Jupiter around the star like our Sun, subsequently named 51 Pegasi b, Michels and Queloza, 1995). This time the project name was changed to "Kepler", to honor the 17th century German astronomer Johannes Kepler. The fourth proposal received high marks in 1998 but it was still not approved till 2001 when the Kepler team demonstrated that their method of transit observations is able to detect exoplanets and NASA gave a green light for funding the Kepler space telescope mission.

There were several institutions involved in the project, just to name a few, these would be: NASA Ames Research Center, Jet Propulsion Laboratory, Ball Aerospace & Technologies Corp., Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, Data Archive at the Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST), NASA's Deep Space Network and other. The project was dedicated to discovery exoplanetary systems including Earth-size exoplanets in the habitable zone surrounding other stars using a transit method. This in turn was done by continuous observations of nearly 150 thousands of stars for extended period of time with a large CCD. For that purpose a $\sim 12^\circ \times 12^\circ$ region in the sky, on a border of Cygnus and Libra constellations, was chosen.

Technical details

To provide this wide field of view, the Schmidt telescope was built of a 0.95 m correcting plate and 1.4 m mirror covered with protected silver layer to assure the highest reflectivity between 4000 – 10000 Å. The CCD camera consisted of 42 CCD matrices (1044 × 1100 pixels) grouped in 21 sectors covering $\sim$30 × 30 cm imaging region. Each 27 × 27 μm CCD pixel corresponded to $4 \times 4''$ in the sky but the telescope was de-focused to ensure $10 \times 10''$ star images.

In a standard observing mode only small images (Fig. 1) of stars were sent to the Earth. These were a post stamp size CCD images around the stars of interest. Large full frame images (FFI) of the sky from the entire CCD camera were obtained and sent approximately once per month. A real integration time of each Kepler exposure was set to 6.02 seconds but exposures were stacked into 58.85 second short cadence (SC) data and $\sim$29.42 minutes long cadence (LC) ones and divided into quarters (3 months of the data) named Q1, ..., Q17. The division into quarters is connected to the 90° rotation of the telescope which was done every 3 months to avoid the light from the Sun getting into the telescope aperture while the telescope was moving around our star.

Each target star had it's light curve extracted using a simple aperture method, where a mask (or aperture, see a green line around the star image in Fig. 1) was calculated for each object by the reduction pipeline software. Therefore users can work on "ready to use" light curves from the MAST database or download whole sets of CCD images for a given object and set their own apertures to extract the object light curve. This in turn allows sometimes to create a better light curve than the standard one prepared by the Kepler pipeline. The CCD data downloaded from

MAST are in a shape of multiple CCD images stored in fits files. In Fig. 1. we show just two single CCD images of the same object taken out from data collected in two different quarters.

Because the telescope rotates every quarter around an optical axis by 90°, the star images are created on different CCDs of the telescope matrix. This requires changing an aperture from quarter to quarter to get the best photometry of the target star. Note the bright neighbor star in the right bottom corner of both images in Fig. 1. Due to a different target object position relative to the bright neighbor in the images the light contamination of the apertures in both cases are different.

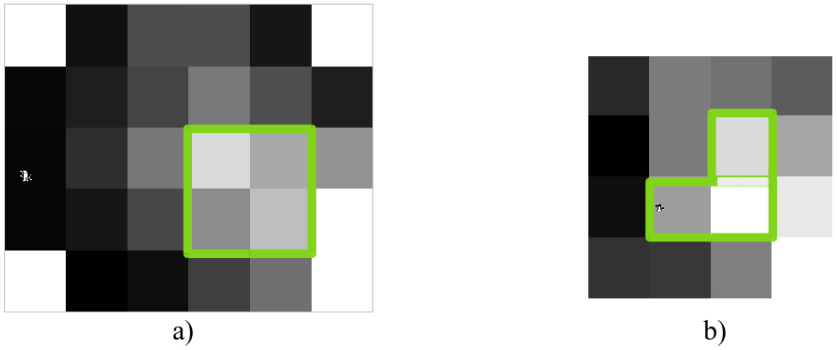


FIGURE 1. Images sent to Earth from Kepler telescope of the same star in different quarters, a) before, b) after the telescope rotation. Since after the rotation the image of the star is saved by a different CCD module, the Kepler pipeline masks (marked with green lines) used to extract light curves from the CCD data are set differently.

Second light – K2 mission

Not everything was going as planned in the project and during the primary Kepler mission several problems occurred. There were a few resets of the processor on a board of the telescope (in 2009 and 2010), then in 2010 a half of one CCD module refused working (which decreased by ∼5% the imaging area of the whole CCD). In 2012 one of four reaction wheels failed and the second one in May 2013 which ended the first part of the Kepler mission. Since then, the telescope lost its ability of pointing into the primary target region in the sky. Fortunately NASA engineers and astronomers figured out a new method to stabilize the telescope by using solar radiation pressure and telescope engines. For this purpose the telescope had to observe regions located in the ecliptic. In this mode each region was observed for 3 months only, before the telescope had to be rotated by 90° in the ecliptic plane to avoid the Sun light getting into the telescope's aperture. After the telescope pointing problem was solved, in November 2013 a new mission plan was presented and in May

2014 the extended Kepler mission named K2 has begun. This way 19 regions in the sky located around the ecliptic were observed.

Due to a different observing mode of the K2 mission, the scientific goals had to be changed but the main purpose of the Kepler mission remained (to observe exoplanets around stars). Besides its primary goal, K2 part of the mission appeared to be extremely successful in many other fields of astronomy. Especially in terms of added scientific goals dedicated to stellar astrophysics, asteroseismology, activity of AGNs, photometry of small bodies in the Solar System, binary stars and stellar systems etc.

Exoplanet discovery summary 1

The whole Kepler project was planed for 3.5 years and the primary mission reached this goal giving astronomers nearly 4 years of continuous data. The failure of reaction wheels changed the way of observing method nevertheless the extended K2 mission brought another 4 years of multiple stellar regions photometry of thousands of stars. In October 2018 the telescope was retired on its orbit due to the fuel exhaustion leaving the astronomer's community with over 2800 confirmed exoplanets and over 4000 exoplanetary candidates. The summary of confirmed exoplanets is shown below(September 2021):

2869 – (467 K2) number of confirmed exoplanets
1377 – exoplanets in planetary systems
205 – gas giants
1251 + 1252 + 158 – Neptun-type, super-Earth, Earth-type
361 – exoplanets in ecospheres
$\sim$12 – exoplanets around binary and multiple stellar systems (for example: Kepler-47 – 3 planets, [2]).

Number of planets discovered by using other than transit methods:

18 – Transit Timing Variations
2 – O-C minima time changes (this includes 1 exoplanet around sdBV+dM, which was shown doubtful in later publications, [3])
1 – Pulsation Timing Variations.

Kepler project have shown that typical exoplanetary systems are different from the Solar one. Most of planetary systems are composed of Neptune and super-Earth size planets. A few planets were discovered using different than transit methods and several of them were discovered around multiple stellar systems. While the Kepler telescope was retired, we are still working on it's data and likely we will for many years ahead.

A search for exoplanets around subdwarf stars type-B using the time delay method

In the second part of this work we present one of the method we used for detecting planets around pulsating subdwarf type-B (sdBV) stars, called the time delay method. It relies on a precise natural clock in a shape of pulsation frequencies of a star. The method is similar to detecting radial velocities of stars via detecting frequency change of the light (absorption line shifts in stellar spectra) due to a movement of the stars. However, instead of detecting a change in the light frequency in a spectrum, we were trying to observe a phase shift of the pulsation frequencies of the sdBV stars using light curves. Out of a few different approaches to the time delay method we choose the one called binarogram method developed by [4] who successfully used the method to detect companions to δ Sct stars. Here we demonstrate how to use the method to sdBVs.

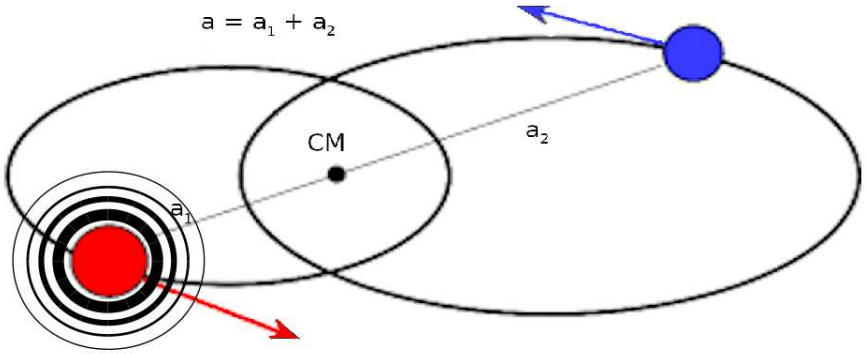


FIGURE 2. Binary components orbit around the center of mass CM. m_1 and m_2, a_1 and a_2 – red (m_1) and blue (m_2) component masses and their semi-major orbital axies respectively, a is the relative semi-major axis of the system. Star m_1 is a pulsating star.

The binarogram method presents results of a light curve analysis in a simple graph showing the orbital frequency of an unseen companion vs. $a_1 sin(i)$, where a_1 is a semi-major axis of the investigated star orbit around the binary mass center CM (Fig. 2) and i is the inclination of an orbital plane of the binary to the view direction. In Fig. 2. we present the notation of the binary orbit parameters for an example binary system

composed of two red and blue stars of m_1 and m_2 masses and semi-major axes a_1 and a_2 respectively. The m_1 star is a pulsating component used to detect the time delays. When the star moves around the center of mass (CM), it's pulsating frequency phase shifts periodically. From the phase shifts variations the $a_1 sin(i)$ of the pulsating star can be deduced. Since a single pulsation frequency is often not a very accurate clock we use multiple sets of pulsation frequencies to calculate a binarogram for each of the frequency set. Finally we check resulting binarograms for real signals among artifact frequencies which can show up when some of the pulsation frequencies are not stable or are interfering. The real signal in a binarogram has to be seen above the detection threshold at the same orbital frequency and has to be of similar amplitude in all binarograms. On the other hand the artifact frequencies would be different for different sets of pulsation frequencies used to calculate binarograms. Sometimes, instead of using different frequency sets to differentiate between artifacts or real signals, one can calculate binarograms for different chunks of the data and the same frequency set as shown in Fig. 3.

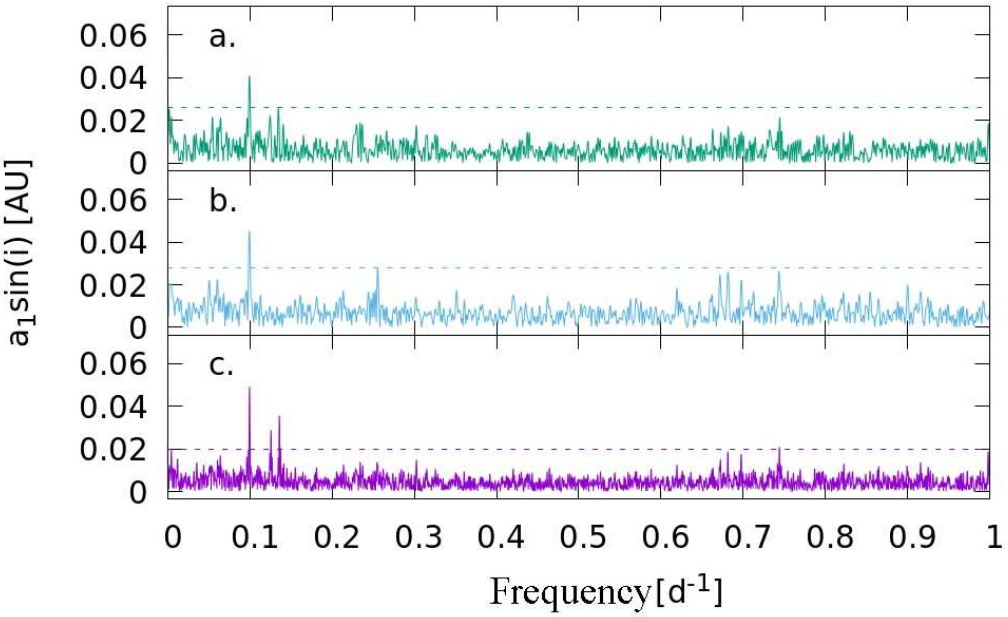


Figure 3. KIC 11558725 (sdBV+WD) binarograms calcuated for different chunks of the data: a) Q6–Q11, b) Q12–Q17.2, c) Q6–Q17.2. Horizontal lines mark 4σ detection thresholds (from top to bottom: 0.026, 0.028, 0.02 AU).

In Fig. 3. one can notice that there are three orbital frequencies visible in the bottom binarogram, but only the highest signal on the left is a real one since it is visible at the same frequency in all three binarograms while other signals are not. A real signal read from Fig. 3. shows an invisible component orbiting the KIC 11558725 sdBV star with frequency 0.1 cycles/day (∼10 days orbital period P). Knowing

mass of the sdBV one can calculate $a_2 sin(i)$ of the second component from the central mass equation $m_1 a_1 = m_2 a_2$ and the Kepler third law $a^3 = (a_1 + a_2)^3 = (m_1 + m_2)\mathrm{P}^2$.

Results of our search

In the past, there were several publications claiming exoplanet discoveries around sdB stars: [5], [6], [7], [8], [9]. Yet all the claims (but [6]) were refuted or softened in later publications. Therefore, it is disputable if exoplanets can be found around these type of stars but searches for planets around these evolved star continuous. We also performed our own search hoping, that if not exoplanets, we may find substellar objects around some of the sdBVs. This way we analyzed the light curves of 8 single sdBVs and 8 sdBV+ binary systems (Table 1.) found in Kepler telescope field of view.

Table 1. A list of single sdBV stars investigated in the project.

KIC number	notes	KIC number	notes
1718290	single	2438324	sdBV + dM
2569576	single	2991403	sdBV + dM
2697388	single	7664467	sdBV + WD
2569583	single	7668647	sdBV + WD
3527751	single	9472174*	sdBV + dM
8302197	single	10553698	sdBV + WD
10139564	single	11179657	sdBV + dM
10670103	single	11558725	sdBV + WD

* already described in Krzesinski and Blokesz (2020)

The first binarogram calculation (Fig. 4.) performed for one of the stars from Table 1. (KIC 10139564) was promising and showed that the detection threshold in binarograms can be low enough (0.002 AU) to find an exoplanet of a minimum mass equal to a few Jupiter masses (or less) at 0.3 AU distances upwards from the star (see Fig. 1. in [3]). However all signals visible in the KIC 10139564 were classified as artifacts and no planet was detected. For the rest of the single sdBVs from Table 1. the situation was different and detection thresholds appeared to be high, allowing only for stellar or substellar-mass objects (brown dwarfs) to be detected at distances greater than 1 AU from the host stars (and periods longer than 200 days), but we found no such objects.

For binary stars, besides binarograms based on pulsation frequencies, we used a novel method of calculating binarograms using their orbital frequencies as clocks [3]. Yet again, we failed to find planets around

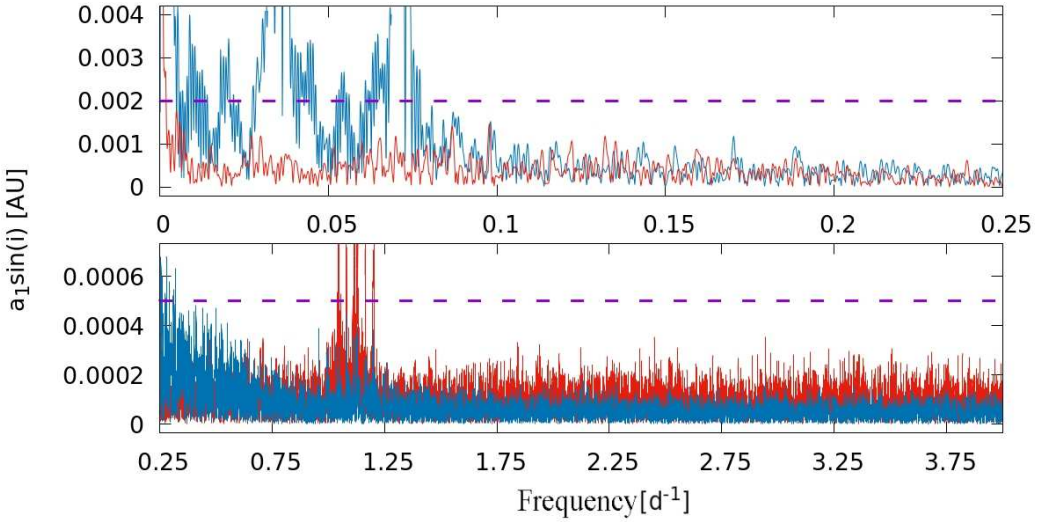


FIGURE 4. A binarogram calculated for the sdBV star KIC 10139564. Horizontal dashed lines mark detection thresholds.

binary stars with this approach and the reason was the same as above: to high binarogram detection thresholds. The only case of low detection threshold of the binarogram was for KIC 9472174 sdBV+dM binary. The star was claimed in the past to have an exoplanet of a $\sim$2 M_J minimum mass orbiting the system at 0.9 AU within 416 days [10]. However, our investigations proved no such planet around this star exists [3]. Therefore instead of finding a planet around KIC 9472174 we "removed" it from the system.

Our search for the planet resulted in finding none, mostly due to high detection thresholds of the binarograms. The two cases which actually allowed to find a planet resulted in non detection. It is not surprising since survival of late stages of the stellar evolution by a planet orbiting the star at closer distances is problematic. Investigations by [11], who performed hydrodynamic simulations for a 3.5 $M_\odot$ zero-age main sequence (ZAMS) star, have shown that it takes less than $\sim$3 yr for a 10 M_J planet to spiral down onto the host star's core if the planet gets engulfed by the stellar envelope during the red giant (RG) stage or during asymptotic giant phase (AGB). During the AGB phase the time is close to $\sim$100 yr but in both RG and AGB cases the fate of a planets is fatal.

Summary 2

The binarogram method (or other the time delay methods) can be used to search for planets around pulsating stars. However finding a planet is possible only in a few cases where the detection thresholds of binarograms are low (below 0.004 AU). Binarograms will give decent detection

thresholds only for a few percent of the light curves. This makes the method non-effective. Also, it can be used only on long photometric runs like these collected in Kepler primary mission. For K2, TESS or future missions which photometric data are shorter (a month or three) one can detect only sub-stellar objects at detection thresholds of ∼0.01 AU. Nevertheless, when software and procedures are ready, it is worth to spend some time and check what kind of a detection threshold one can receive. In some cases this may pay off and will be cheaper than getting spectroscopic data for a specific star.

As for the moment Kepler data are the best photometric data we ever have been working with. There is still a possibility for a new discovery using new methods of analysis of the data. We tried for example to extract fluxes of stars in crowded fields and separate fluxes of the faint ones from the brighter stars by using the profile fitting (PSF) method. It turned out that this task is difficult to achieve and in most cases the aperture flux was of the lower noise then the PSF one. Out of a few cases we tried to extract PSF flux from two adjacent or overlapping images of stars in small CCD images were successful only in one case: KIC 10001893 described in [12]. However we cannot exclude other similar cases where the method can give good results. Yet with new methods there might still be a room for new discoveries awaiting in data collected by this spectacular mission.

Acknowledgement: This work was partially supported by the National Science Centre, Poland.
The project registration number is 2017/25/B/ST9/00879.

References

[1] Wolszczan A., Frail D.A., 1992, Nature, 355, 145
[2] Orosz J. A., Welsh W. F., Haghighipour N., et al., 2019, AJ, 157, 174
[3] Krzesiński J., Blokesz A., Siwak M., Stachowski G., 2020, A&A, 642, A105
[4] Balona L., A., 2014, MNRAS, 443, 1946
[5] Silvotti R., Schuh S., Janulis R., et al., 2007, ASP Conf. Ser., 372, 369
[6] Geier S., Edelmann H., Heber U., Morales-Rueda L., 2009, ApJ, 702, L96
[7] Charpinet S., Fontaine G., Brassard P., et al., 2011, Nature, 480, 496
[8] Silvotti R., Charpinet S., Green E., et al., 2014, A&A, 570, A130
[9] Bear E., Soker N., 2014, MNRAS, 437, 1400
[10] Baran A. S., Zola S., Blokesz A., Østensen R. H., Silvotti R., 2015, A&A, 577, A146
[11] Staff J., De Marco O., Wood P., Galaviz P., Passy J.C., 2016, MNRAS, 458, 832
[12] Blokesz A., Krzesiński J., Kedziora-Chudczer L., 2019, A&A, 627, A86

Grawitacja i inercja

Stanisław Ryś i Marian Soida

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Streszczenie

Prezentujemy hipotezę czym może być niewidoczna część substancji Wszechświata nazywana potocznie 'ciemną energią' i 'ciemną materią'. Postulujemy uzupełnienie paradygmatu o pełnej symetrii wszystkiego co wypełnia Wszechświat, tj. postulujemy istnienie materii, która posiada ujemną masę grawitacyjną i dopuszczamy też ujemną masę bezwładną. Taka pełna symetria wymaga istnienia czterech rodzajów cząstek.

Dlaczego?

Nagrodzone Noblem odkrycie, że do poprawnego opisu ekspansji kosmologicznej niezbędne jest wprowadzenie 'niewidzialnych bytów' wypełniających Wszechświat zainicjowało szereg eksperymentów, które znajdują odzwierciedlenie w publikacjach (np.: [1,2,3,4,5,6,7,8]). Te publikacje skłoniły nas do przedyskutowania problemu równości mas nie tylko pod względem równości ich wartości numerycznych, ale też koncepcji istnienia cząstek obdarzonych różnymi znakami masy grawitacyjnej i bezwładnej.

Trochę historii

Istnieje stary problem równości masy grawitacyjnej i bezwładnej. Isaac Newton posługiwał się pojęciem „ilość materii" – która jest miarą wynikającą z jej gęstości i objętości łącznie. (ang.: „measure arising from density and bulk conjunctly", łac.: „mensura ejusdem orta ex illius Densitate et Magnitude conjuctim"). Nie rozróżniał masy grawitacyjnej od bezwładnej – czyli dokonał unifikacji tych mas (historycznie to pierwsza unifikacja – unifikacja elektryczności i magnetyzmu dokonana przez Maxwell'a jest drugą unifikacją w historii fizyki). Z lekcji elementarnej

fizyki wiemy, że obiekty spoczywające mają masę grawitacyjną, natomiast trudno oszacować ich masę bezwładną bez próby zadziałania siłą tj. ich poruszenia. Masa bezwładna objawia się gdy chcemy ją poruszyć – zmienić stan spoczynku, lub zmienić prędkość obiektu obdarzonego masą bezwładną.

Problem nie jest do końca zrozumiały gdyż w prawie powszechnego ciążenia wprowadzona pierwotnie stała grawitacji była parametrem obowiązującym dla układu słonecznego i przybierała formę k^2 (nazywane stałą Gaussa). Wzór opisujący to prawo miał postać $F=k^2Mm/r^2$ co można by przepisać w bardziej symetrycznej formie $F=(kM/r)(km/r)$. To przypomina klasyczny dylemat z tych czasów: czy i dlaczego masa bezwładna jest identyczna z masą grawitacyjną, który zaowocował szeregiem eksperymentów (Eőtvős 1890, 1922, Dicke 1964 – więcej historii można znaleźć pierwszym rozdziale książki S. Weinberg'a 1972).

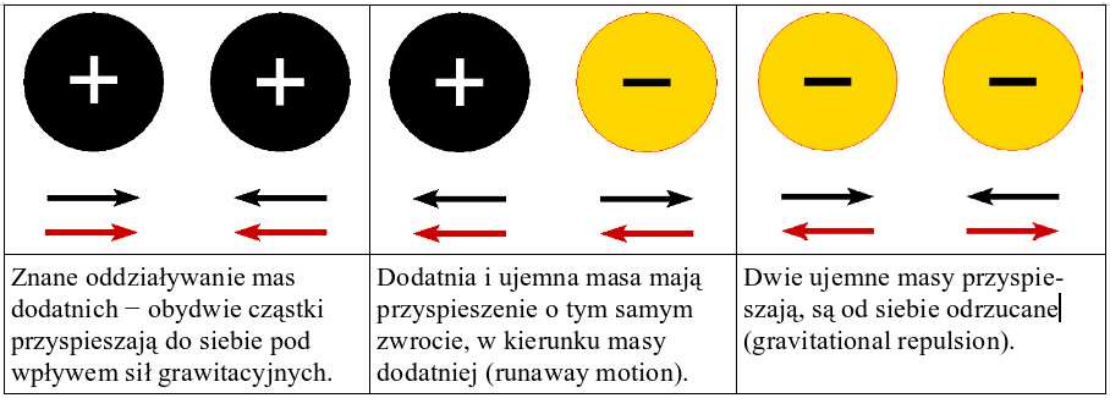
Już szczególna teoria względności wskazuje, że bezwładność rośnie znacząco gdy prędkość masy zbliża się do prędkości światła – czy masa grawitacyjna też rośnie i w którymś momencie przyspieszany obiekt stanie się dla obserwatora czarną dziurą? A może należy zapytać co się dzieje z masą bezwładną w reakcji „anihilacji" elektronu z pozytonem – ich masa bezwładna znika bo pojawiają się dwa wysoko energetyczne fotony poruszające się z prędkością światła – czy masa grawitacyjna w tej reakcji też znika? Zapytajmy wprost – czy z fotonów można zbudować czarną dziurę?

Czy wszystkie „różnice" można przypisać stałym współczynnikom i jednostkom w których mierzymy numeryczne wartości wielkości fizycznych? A co z nieszczęsną „kwantową stałą kosmologiczną, która jest o 60 rzędów wielkości za duża?

Poszukuje się ALP-ów (axion like particles), neutrina „nabrały" masy i mogą oscylować, ale brak informacji o spektrum nisko-energetycznym – i pojawił się postulat modyfikacji prawa powszechnego ciążenia (MOND). Najciekawszymi dla astronomów są jednak opublikowane na ten temat prace astronomiczne, które już w tytule sugerują istnienie ujemnych mas:
– „Can a negative-mass cosmology explain dark matter and dark energy?" [9]
– "A unifying theory of dark energy and dark matter: Negative masses and matter creation within a modified „ΛCDM framework"" [10].

J. S. Farnes dyskutuje oddziaływania cząstek obdarzonych dodatnią i ujemną masą – utożsamiając masę grawitacyjną z masą bezwładną. Pojawiają się trzy rodzaje oddziaływań elementarnych między tymi cząs-

tkami w których siła grawitacyjna $F_G \sim M_{G1}M_{G2}/r^2$ oraz przyspieszenie a=F_G/M mogą mieć zgodne bądź przeciwne zwroty tj.:
- dla mas dodatnich – siła grawitacyjna F_G i przyspieszenie a mają te same zwroty;
- dla mas ujemnych – siła grawitacyjna oraz przyspieszenie mają przeciwne zwroty;
- dla mas z różnymi znakami – siła grawitacyjna jest odpychająca, a przyspieszenia mają zwroty jednokierunkowo zgodne (patrz Tabela.1).



Znane oddziaływanie mas dodatnich – obydwie cząstki przyspieszają do siebie pod wpływem sił grawitacyjnych.	Dodatnia i ujemna masa mają przyspieszenie o tym samym zwrocie, w kierunku masy dodatniej (runaway motion).	Dwie ujemne masy przyspieszają, są od siebie odrzucane (gravitational repulsion).

Tabela 1. Schemat trzech oddziaływań opisywanych przez J.S.Farnes'a. Czarne kule to nasze klasyczne masy dodatnie, żółte mają masę ujemną. Czarne wektory opisują siłę grawitacyjną a czerwone opisują przyspieszenie – zgodnie z prawami Newtona.

Propozycja

Problem równości mas to nie tylko problem wartości numerycznych ale również problem ich znaków (ładunków) – tu brakuje cząstek – nie ma symetrii jak w elektrodynamice, gdzie znajdujemy dodatnie i ujemne ładunki. Poszukiwania brakujących fragmentów kosmologicznej rzeczywistości otwierają przed nami duże możliwości spekulowania „o co chodzi?". Pomysł wypełnienia 75% braków w sposób naturalny sprowadza się do konkluzji, że widzimy 1/4 tego co jest, a nie widzimy 3/4. To by oznaczało, że widzimy jedną z czterech istniejących cząstek.

Dlatego postanowiliśmy zbadać jak wygląda oddziaływanie materii składającej się z „kulek" obdarzonych różnymi 'ładunkami masy'. Rozpatrujemy cztery rodzaje:
a) z dodatnią masą grawitacyjną i dodatnią masą bezwładną;

● = {Mg+ & mI+}

b) z dodatnią masą grawitacyjną i ujemną masą bezwładną;

● = {Mg+ & mI−}

c) z ujemną masą grawitacyjną i dodatnią masą bezwładną;

● = {Mg– & mI+}

d) z ujemną masą grawitacyjną i ujemną masą bezwładną;

● = {Mg– & mI–}

To nasz kwartet, dla którego przeprowadziliśmy proste symulacje komputerowe jak zachowuje się symetryczna mieszanina takich kulek w konwencji rachunkowej mechaniki klasycznej, tj. mechaniki I. Newtona. Oddziaływania elementarne pomiędzy dwoma cząsteczkami są opisane w Tabeli.2.

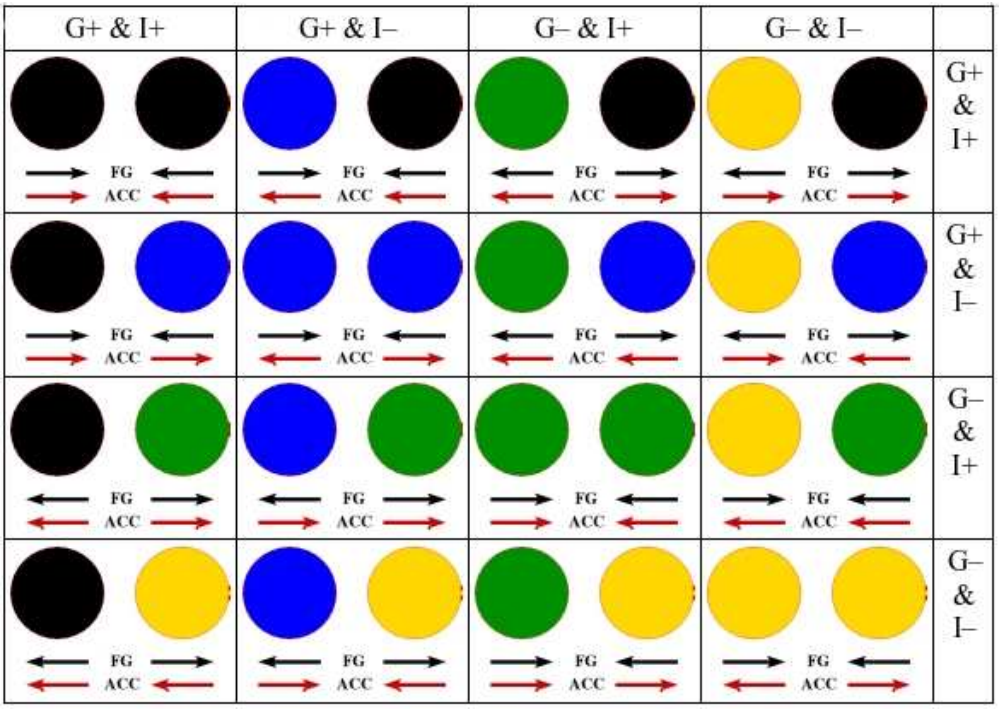


Tabela 2. Kolor czarny i niebieski oznacza masę grawitacyjną dodatnią a żółty i zielony masę grawitacyjną ujemną. Jednocześnie czarny i zielony mają masę bezwładną dodatnią, natomiast niebieski i żółty masę bezwładną ujemną. Dla ułatwienia w pierwszym wierszu są opisane masy (G=grawitacyjna, I=inercjalna) kulek znajdujących się po lewej stronie każdej z komórek tabeli, piąta kolumna opisuje w ten sam sposób własności kulek po prawej stronie. Czarny wektor $\mathbf{F}_{\mathrm{G}}$ opisuje siłę grawitacji, czerwony $\mathbf{A}_{\mathrm{CC}}$ to wektor doznawanego przez cząstkę przyspieszenia.

Symulacje dynamiczne

W symulacjach oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy cząstkami powinniśmy zatem uwzględnić możliwość rozróżnienia różnych mas. Samo równanie ruchu masy (m), na które grawitacyjnie oddziałuje inne ciało (M) możemy opisać równaniem:

$$\frac{dm_i\vec{v}}{dt} = GM_a m_p \frac{\vec{x}}{r^3},$$

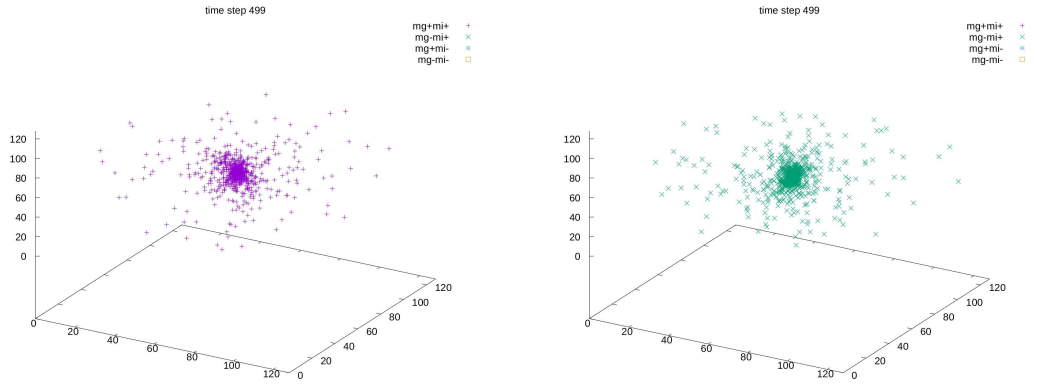
gdzie m_i to masa bezwładna, m_p – masa grawitacyjna (bierna) ciała, na które oddziałuje aktywna masa grawitacyjna M_a drugiego ciała. W naszych symulacjach utożsamiliśmy grawitacyjne masy aktywną i pasywną. Masy grawitacyjna i bezwładna są równe co do wartości bezwzględnej – mogą się różnić tylko znakiem. Do symulacji wykorzystaliśmy prosty schemat całkowania typu „cząstki w komórce", gdzie śledzimy N cząstek w trójwymiarowej przestrzeni podzielonej na L^3 komórek. W każdym kroku czasowym:

- z rozkładu cząstek liczymy rozkład gęstości masy grawitacyjnej ρ
- z rozkładu gęstości potencjał grawitacyjny $\nabla^2\Phi = -G\rho$
- dla każdej cząstki zmianę jej prędkości $m_i\frac{d\vec{v}}{dt} = -\nabla\Phi$ i zmianę jej położenia $\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{v}$

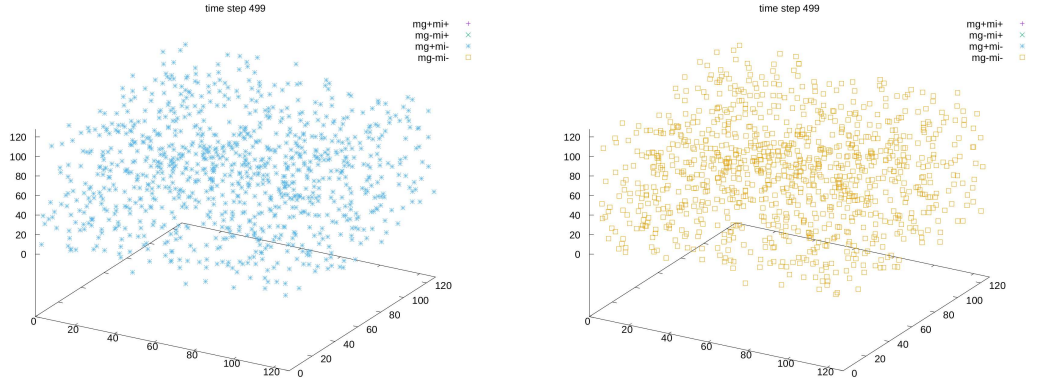
Dla prostoty samych symulacji zastosowaliśmy cykliczne warunki brzegowe. Takie założenie pozwala uniknąć utraty cząstek z układu (odlatujących daleko – poza obszar symulacji), z drugiej strony obliczony potencjał grawitacyjny odpowiada rozkładowi masy cząstek powielanego w przestrzeni wielokrotnie względem każdej współrzędnej. Zastosowany schemat całkowania również ma swoje zalety i wady – pozwala unikać bliskich spotkań cząstek (śledzimy tylko oddziaływanie cząstki z polem) i przez to konieczności zmniejszania kroku całkowania do nieakceptowalnie małych wartości, z drugiej strony – bliskie cząstki (w obrębie jednej komórki) praktycznie ze sobą nie oddziałują.

Obliczenia wykonaliśmy dla N=1000 cząstek w przestrzeni podzielonej na L=128 komórek w każdym z trzech wymiarów. Startowaliśmy z początkowego eksponencjalnego rozkładu gęstości cząstek z początkowymi prędkościami dla kołowych orbit w przypadkowych orientacjach. Cząstki jednego rodzaju o bezwładnych masach dodatnich poruszały się wokół środka masy i pozostawały mniej więcej w podobnej konfiguracji przez cały czas symulacji (Rys. 1), cząstki o masie bezwładnej ujemnej rozpierzchały się szybko od początkowej konfiguracji i wypełniały całą przestrzeń praktycznie jednorodnie (Rys. 2).

Mieszanka cząstek z grawitacyjną masą dodatnią ale różnoimiennymi masami bezwładnymi pokazuje finalny rozkład podobny do symulacji z jednakowymi cząstkami – te z dodatnią masą bezwładną pozostają związane w centrum a te z ujemną rozpierzchają się po całej przestrzeni

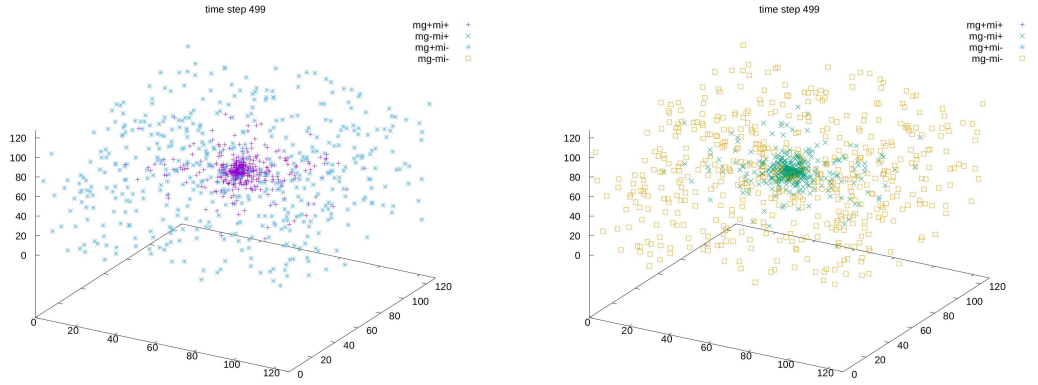


Rysunek 1. Rozkład cząstek o dodatniej masie bezwładnej i dodatniej (z lewej) oraz ujemnej (z prawej) grawitacyjnej po pięciuset krokach całkowania.



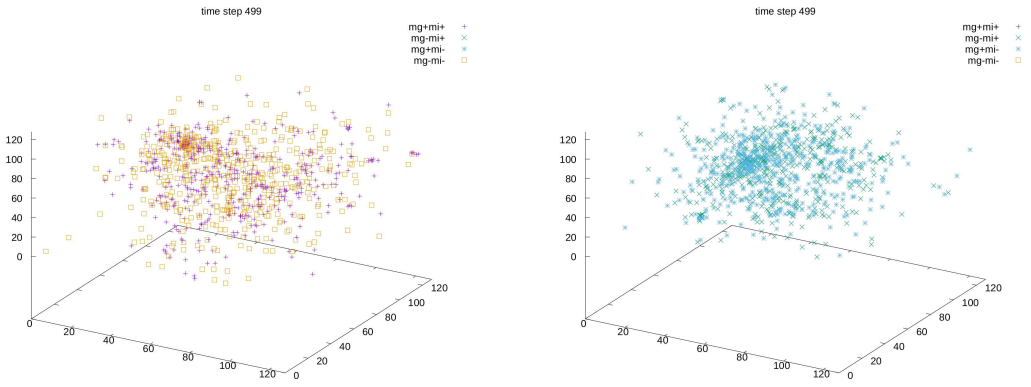
Rysunek 2. Rozkład cząstek o ujemnej masie bezwładnej i dodatniej (z lewej) oraz ujemnej (z prawej) grawitacyjnej po pięciuset krokach całkowania.

(Rys. 3. lewy). Podobnie z mieszanką cząstek z ujemną masą grawitacyjną i różnoimiennymi masami bezwładnymi (Rys. 3. prawy).



Rysunek 3. Rozkład cząstek o dodatniej (z lewej) i ujemnej (z prawej) masie grawitacyjnej i różnoimiennymi masami bezwładnymi po pięciuset krokach całkowania.

Mieszanina cząstek z jednakowymi znakami mas grawitacyjnej i bezwładnej (Rys 4. lewy) oraz mieszanina cząstek z przeciwnymi znakami tych mas (Rys. 4. prawy) dość wolno jednak rozpierzchają się po przestrzeni, nie tworząc istotnych lokalnych zgęszczeń z żadnego typu cząstek. Powolna ewolucja mieszaniny cząstek z różnymi znakami masy grawitacyjnej jest skutkiem efektywnie słabego potencjału grawitacyjnego od takiej mieszaniny cząstek – przyczynki do potencjału od obu znaków masy się wzajemnie znoszą.

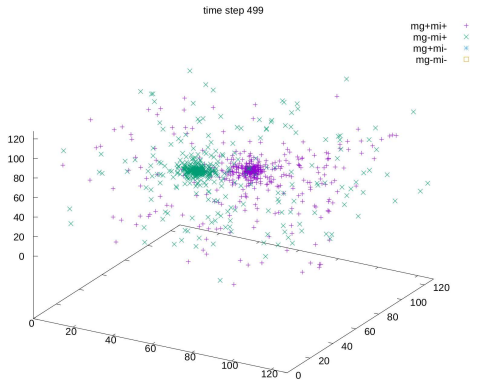


Rysunek 4. Rozkład cząstek z jednakowymi znakami mas grawitacyjnej i bezwładnej (z lewej) i z różnymi znakami tych mas (z prawej) po pięciuset krokach całkowania.

Ciekawy rezultat daje ewolucja układu cząstek z dodatnimi masami bezwładnymi i różnoimiennymi masami grawitacyjnymi (Rys. 5). Z uwagi na wspomnianą przed chwilą „niemrawą" ewolucję układu z mieszaniną dodatnich i ujemnych mas grawitacyjnych można byłoby się spodziewać wolno ewoluującego układu, jednak w symulacji dość szybko oba typy cząstek się separują, tworząc dwa wzajemnie się unikające skupiska jednorodnych cząstek.

Konkluzje

Symulacje pokazały, że wszystko czego nie widać uciekło sobie „gdzieś tam" i dlatego tego nie widzimy. Jednak ciągnąc dalej nasze spekulacje powinniśmy zrobić te rachunki w pełnym relatywistycznym reżimie, no i uwzględnić fakt, że poruszające się różnoimienne ładunki grawitacyjne będą generowały fale grawitacyjne – inne od 'klasycznych' ale znacznie mocniejsze.



Rysunek 5. Rozkład cząstek z dodatnią masą bezwładną ale różnymi masami grawitacyjnymi po pięciuset krokach całkowania.

Drugim ważnym wnioskiem jest możliwość praktycznie nieograniczonego przyspieszania cząstek znajdujących się w mniejszości w jakiejś hipotetycznej chmurze. Ujemną masę grawitacyjną możemy wprost transformować do ujemnej energii ($-mc^2$) otrzymując zerowy bilans energetyczny Wszechświata. Te spekulacje wymagają jednak potwierdzenia eksperymentalnego [2], lub wyliczenia nowej obserwabli, która zasugeruje nowe eksperymenty potwierdzające bądź obalające naszą hipotezę.

Literatura

[1] Kajari E. i in., 2010, Applied Physics, 100, 43
[2] Amole C. i in., 2013, Nature Commun., 4, 1785 (ALPHA weighs in on antimatter. Physicists at the ALPHA experiment at CERN have taken an important first step towards measuring the gravitational mass of antihydrogen)
[3] Chou Aaron S., 2009, Proceedings of the XXIX PHYSICS IN COLLISION - International Symposium, Held in Kobe, Japan, 30 August - 2 September 2009 Universal Academy Press, Kiyotomo Kawagoe, Yuji Yamazaki, Wydanie 57 z Frontiers science series (arXiv:1009.4718)
[4] Yang Q., 2015, Physics Department, Huazhong Univ. of Science & Technology, Wuhan, 430074 (arXiv:1509.00673)
[5] Kelley K., Quinn P. J., 2017, ApJ, 845, 4
[6] Slosar A., Mandelbaum R., Eisenstein D., 2019, Astro2020 Science White Paper, vol 51, iss 3.
[7] Aguilar-Arevalo A., (CONNIE Collaboration), 2019, PhRvD, 100, 2005
[8] Fang Y., (The DES Collaboration), 2019, MNRAS, 490, 3573
[9] Socas-Navarro H., 2018, A&A, 626, 5
[10] Farnes J. S., 2018, A&A, 620, A92
[11] Dicke R. H., 1964, w „Relativity, Groups and Topology" p.167, ed. C. DeWitt, B. S. DeWitt, Gordon and Breach.
[12] Eőtvős R., Pekár D., Fekete E., 1890, Math.nat.Ber. Ungarn, 8, 65
[13] Eőtvős R., Pekár D., Fekete E., 1922, Ann.Phys. 68, 11
[14] Weinberg S., 1972, „Gravitation and Cosmology", J.Wiley and Sonss Inc.

“Grawitacja i inercja” – komentarz

Marek Biesiada

Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa

W bieżącym wydaniu *Annales Astronomiae Novae* ukazuje się oryginalna praca pt. „Grawitacja i inercja”, do której o komentarz zostałem poproszony przez Redakcję. Praca prezentuje niestandardową koncepcję, że istnienie ciał obdarzonych ujemną masą grawitacyjną lub bezwładną (w różnych kombinacjach tych własności) może tłumaczyć „problem ciemnej energii” oraz „ciemnej materii”. W moim odczuciu nie dowiemy się z pracy jak miało by się to stać.

Przypomnijmy, na wstępie, na czym polegają te problemy – pamiętając, że oczywiście stanowią one wielką zagadkę! Tzw. „ciemna energia” to robocza nazwa problemu przyspieszającej ekspansji Wszechświata. Niewątpliwie jest to fakt obserwacyjny odkryty w 1998 roku na podstawie pierwszych obserwacji supernowych typu Ia wykalibrowanych jako świece standardowe. Od tego czasu fenomen ten był testowany (i potwierdzany!) niezliczoną ilość razy, różnymi technikami.[1] Co jest zagadkowego w przyspieszającej ekspansji? Współczesna kosmologia opiera się na Ogólnej Teorii Względności (OTW) Einsteina. W myśl OTW czasoprzestrzeń (ściślej jej krzywizna) jest modelowana przez rozkłady materii, energii i ich przepływów. Zatem na kosmologię możemy patrzeć jako na naukę badającą geometrię czasoprzestrzeni w największych skalach. W szczególności w skalach kosmologicznych doskonale sprawdza się model jednorodnego i izotropowego wszechświata. Metryka takiej czasoprzestrzeni, czyli miara odległości między zdarzeniami to tzw. metryka Friedmana - Lemaître'a - Roberstona - Walkera (FLRW). Określający ją interwał czasoprzestrzenny ma postać $ds^2 = c^2dt^2 - a(t)^2d\mathbf{l}^2$, gdzie $d\mathbf{l}$ jest elementem odległości przestrzennej (np. między bliskimi węzłami siatki układu współrzędnych), natomiast $a(t)$ nazywa się czynnikiem

[1] Fakty, które tu przytaczam są dokładnie opisane, z odnośnikami do literatury, w każdym porządnym, współczesnym podręczniku kosmologii. Na przykład S. Weinberg, *Cosmology*, Oxford University Press, 2008.

skali i jest funkcją czasu. Fizyczne odległości między obiektami (galaktykami) umieszczonymi w węzłach siatki układu współrzędnych mogą więc maleć lub rosnąć, w zależności od zachowania się czynnika skali $a(t)$. Na tym polega ekspansja Wszechświata. Prawo ewolucji $a(t)$ wynika z równań Einsteina, które sprowadzają się tu do dwóch równań: na tempo ekspansji $\dot{a}/a$ (tzw. równanie Friedmana) oraz na przyspieszenie ekspansji:

$$\frac{3\ddot{a}}{a} = -4\pi G(3p + \rho),$$

gdzie p i ρ oznaczają odpowiednio: ciśnienie i gęstość energii materii wypełniającej Wszechświat. Dla wszelkich form materii jakie znamy, zarówno ciśnienie jak i gęstość energii są nieujmne, więc ekspandujący Wszechświat powinien spowalniać.

Wracając do koncepcji podanej w omawianej pracy, można by uznać, że w świetle przyspieszającej ekspansji Wszechświata „grawitacja działa odpychająco". Natomiast, prezentowane tam ciała (w domyśle galaktyki) obdarzone ujemną masą nie pomogą. Jak widać, z przytoczonego powyżej wzoru, równanie stanu takiego hipotetycznego składnika musi być podobne do równania stanu promieniowania, ale ciśnienie musi być ujemne $p < -1/3\rho$. Stąd przezwisko „ciemna energia".

Z kolei, problem „ciemnej materii" to deficyt masy, którą w skalach galaktycznych i gromad galaktyk możemy ocenić obserwacyjnie dysponując całym spektrum promieniowania elektromagnetycznego, w stosunku do masy odpowiedzialnej za efekty grawitacyjne. Tutaj zupełnie nie ma powodu oczekiwać, że ujemne masy pomogą – przeciwnie mogą zaostrzyć ten problem. Podkreślić należy, że problem ciemnej materii to nie tylko płaskie krzywe rotacji galaktyk. Jest on także potwierdzany przez ruchy galaktyk w gromadach (masy gromad bardzo dokładnie są obecnie oceniane z obserwacji w promieniach X gazu międzygalaktycznego), soczewkowanie grawitacyjne, powstanie i narastanie pierwotnych zaburzeń (zarodków struktry wielkoskalowej) we wczesnym Wszechświecie, rozdźwięk między budżetem masy obecnej w postaci znanych nam cząstek i atomów (żargonowo, tzw. masa lub materia „barionowa") w stosunku do całkowitego budżetu masy grawitującej (dane z nukleosynetzy pierwotnej). Dodatkowo, niezależnie od tego wszystkiego teoria cząstek elementarnych jest traktowana przez teoretyków jako niekompletna, a jej rozszerzenia mogą skutkować przewidywaniami nieznanych dotąd cząstek (supersymetrycznych, lub aksjonów ...). Trudno dostrzec jak proponowany pomysł mógłby się odnieść do tych wszystkich aspektów.

W streszczeniu czytamy: „Postulujemy uzupełnienie paradygmatu

o pełnej symetrii wszystkiego co wypełnia Wszechświat, tj. postulujemy istnienie materii, która posiada ujemną masę grawitacyjną i dopuszczamy też ujemną masę bezwładną. Taka pełna symetria wymaga istnienia czterech rodzajów cząstek." To stwierdzenie rozmija się z powszechnym w fizyce fundamentalnej rozumieniem symetrii. Współczesne teorie fzyczne oparte są na symetriach: cechowania, niezmienniczości Lorentza, prawa zachowania wynikają z symetrii (twierdzenie Noether), cząstki elementarne w obecnym rozumieniu są to nieredukowalne reprezentacje grupy Poincare'go. Symetrie Natury to coś znacznie głębszego niż uzupełnienie różnych możliwych kombinacji znaków mas.

Przejdźmy do dwóch fundamentalnych problemów. Pierwszy to: jakie miały by to być cząstki? Autorzy mają na myśli ciała materialne (z konteksktu wynika, że wielkości gwiazd lub galaktyk) obdarzone dodatnimi i ujemnymi masami, ale ... z czego byłyby one zbudowane? Nikt nigdy nie widział w akceleratorach cząstek o ujemnych masach ... Może dlatego, że nie wiemy jak ich szukać, ale ... żadna teoria opierająca się na kwantowej teorii pola (z fenomenalną dokładnością potwierdzonej jak dotąd) nie ma takich przewidywań. Przeciwnie – rozszerzenia modelu standardowego typu supersymetrii oraz rozważania symetrii Peccei-Quinna przewidują istnienie nowych, nieznanych cząstek o dodatnich masach! Co więcej w supersymetrii[2] najlżejsze cząstki mogą być neutralne elektrycznie – więc „ciemne" – niewidoczne w teleskopach, bo nie oddziałujące z fotonami. Najlżejsze – więc stabilne, czyli długo żyjące. Cząstki ciężkie rozpadają się, najlżejsze nie mają się do czego rozpaść ($E = mc^2$). Dlatego np. neutron, nieco cięższy od protonu rozpada się (rozpad beta), a proton już nie – o ile wiemy.

Drugi fundamentalny problem to: masa grawitacyjna i bezwładna. To rozróżnienie jest obecnie (w XXI wieku) czysto historyczne – bardzo przydatne w wykładach i budowaniu zrozumienia oraz intuicji młodych adeptów fizyki. Obecnie najlepszym opisem grawitacji jest Ogólna Teoria Względności. Szczególna Teoria Względności (STW) jest jej szczególnym przypadkiem (płaska czasoprzestrzeń Minkowskiego). STW obowiązuje też w ogólnych czasoprzestrzeniach OTW w małych otoczeniach zdarzeń. Analogicznie do znanego np. z geodezji działek budowlanych faktu, że lokalnie „Ziemia jest płaska". W świetle Teorii Względności, fundamentalnym pojęciem jest energia, która z masą wiąże się słynnym wzorem $E = mc^2$. Masa ma tu znaczenie „masy bezwładnej".

[2]Supersymetria postuluje, że każdej znanej cząstce będącej fermionem (o spinie połówkowym) odpowiada pewien bozon (o spinie całkowitym) i v-ce versa. Byłby to więc rodzaj „pełnej symetrii" w obrębie fundamentalnych budulców materii.

Nota bene, masa (spoczynkowa) jest niezmiennikiem relatywistycznym: $E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$ charakteryzującym ciało (cząstkę). Wyraźnie trzeba powiedzieć, iż w XXI wieku wiemy, że teoria grawitacji Newtona jest nieprawdziwa (np. implikuje nieskończoną prędkość oddziaływania grawitacyjnego). Jest ona natomiast niezmiernie użyteczna jako graniczny przypadek równań Einsteina, doskonale sprawdzający się w większości astrofizycznych zastosowań. Podobnie jest z zasadami dynamiki Newtona – są nieprawdziwe, ale są odtwarzane z praw dynamiki STW w granicy małych (w porównaniu z c) prędkości. Wróćmy do kwestii „masy grawitacyjnej". W myśl OTW nie ma siły grawitacji – jest natomiast zakrzywienie czasoprzestrzeni przez energię (więc i masę) i jej przepływy (tensor energii-pędu). Trajektorie ciał są zakrzywione (np. orbity) nie dzięki działaniu siły, lecz jako ruchy swobodne (geodetyki) w zakrzywionej czasoprzestrzeni. Stąd wynika równość „masy bezwładnej" i „masy grawitacyjnej".

Opieranie się na fizyce XIX-wiecznej rodzi pytania postawione przez autorów: skoro w STW masa bezwładna rośnie gdy ciało jest przyspieszane do prędkości zbliżonych do c, to czy rośnie też masa grawitacyjna i czy powstanie czarna dziura? Po pierwsze, nie ma dwóch mas, jest tylko bezwładna, a w zasadzie energia. Po drugie, w układzie własnym (spoczynkowym) cząstki masa zawsze jest równa masie spoczynkowej – wcale nie rośnie.

Podsumowując – pomysł kreuje więcej problemów niż obiecuje rozwiązać (a de facto nie rozwiązuje). Po pierwsze, nie ma sensu rozróżniać mas bezwładnej i grawitacyjnej. Aby takie rozróżnienie mogło zaistnieć trzeba by zmienić teorię grawitacji (a w zasadzie całą fizykę) w taki sposób, aby wszystkie znane i zrozumiałe obecnie fakty mogły znaleźć tam naturalne wyjaśnienie. Po drugie, masa cząstek elementarnych jest obecnie wyjaśniana mechanizmem Higsa-Brouta-Englerta-Kibble'a, co zostało sprawdzone i nagrodzone Noblem. Nie ma tu miejsca na ujemne masy. Jest to kolejne wyzwanie dla proponowanego projektu. Po trzecie, Schouten, Yau oraz Witten udowodnili twierdzenie o dodatniości energii więc o dodatniości masy.[3] Znów trzeba by było zmienić fundamenty – i to tak aby uniosły cały ciężar znanej fizyki. Obecne fundamenty niosą ten ciężar, choć pojawiły się dwa problemy: ciemnej energii i ciemnej

[3] R. Schoen, S.-T. Yau (1979). „On the proof of the positive mass conjecture in general relativity". Communications in Mathematical Physics. 65 (1): 45–76; R. Schoen, S.T. Yau (1981). „Proof of the positive mass theorem. II". Communications in Mathematical Physics. 79 (2): 231–260; E. Witten, (1981). „A new proof of the positive energy theorem". Communications in Mathematical Physics. 80 (3): 381–402.

materii.

Post Scriptum

Faktycznie, w dobrym czasopiśmie Astron. and Astrophys. opublikowne zostały prace Farnes’a 2018 oraz Socas-Navarro 2019 odnoszące się do koncepcji ujemnej masy. Farnes prowokacyjnie zaproponował ten pomysł nawiązując do starego modelu stanu stacjonarnego z kreacją materii. Natomiast Socas-Navarro skrytykował go de facto odnosząc się do danych dotyczących krzywych rotacji galaktyk.

***

Stanisław Ryś, Marian Soida i Marek Biesiada.

M42 (*fot. H. Dróżdż*)

Poland in the International Astronomical Union

Virginia Trimble[1,2]

[1]Department of Physics and Astronomy, University of California, Irvine, vtrimble@uci.edu

[2]Queen Jadwiga Astronomical Observatory, Rzepiennik Biskupi, Poland

Since both the Second Republic and the initial cohort of scientific unions came fairly directly out of the Treaty of Versailles, that seems a logical place to start, the more so as I happen to have an authentic 1919 copy here on my desk (purchased at auction, and I've never regretted it). We'll also need a small comparison sample of countries with similar origins. So, here are:
Signing for Poland – Ignacy J. Paderewski and Roman Dmowski (representing the President of the Republic); For Romania: Ian Brâtiano and General Constantin Coandă (representing the King); For the Serbs, Croats, and Slovenes (soon to be Yugoslavia): Nicolas Pachitch, Ante Trumbić, and Milenko Vesnitch (representing the King); For Czechoslovakia: Karel Kramář and Eduard Beneš (representing the President of the Republic). To save you looking it up, the two kings fled in 1940 and 1941 respectively, and no kings returned after the Second World War.

The four newly-situated nations, having ended the First World War on the winning side, were entitled to adhere to the International Research Council and all its member union, including the IAU, as soon as the Unions formed, and the countries could afford it. In fact, Poland, Czechoslovakia, and Romania all joined in 1922, and Yugoslavia in 1935. Two of the four nations have since fragmented, but we will end the story in 1973, avoiding the details, because that was the year in which the IAU scheduled its only truly separate Extraordinary General Assembly in Poland to recognize the 500^{th} birthday of Nicolaus Copernicus (or half a dozen variant spellings).

And, a couple of pounds (well may be a kilogram) lighter than the

Treaty of Versailles, here on the other side of my desk is the orange-covered final programme of the IAU EGA. No, I wasn't there, rather teaching an introductory astronomy course at the university of Maryland. But Joseph Weber was there and happened to bring back the programme, where I found it among his papers when he died in 2000. Details of the event will appear at the end of this discussion, and, by the way, Joe also brought back three lovely, sparkly necklaces in ruby red, light blue, and dark gray, made of the very best Polish glass.

The Early Days and Some Statistics

Very very approximately, the population in 1922 were Poland 26 million, Romania 12 million, Czechoslovakia 1.5 million, Kingdom of the Serbs, Croats, and Slovenes 12 million. The numbers matter because initial dues per country were proportional to the population, which actually put Poland in the largest category, owing 8 units of contribution. The initial unit was 1500 French Francs. The categories changed over the years, the units, the ways payments could be made, and at one stage the IAU had bank accounts in seven currencies, British Pounds, Dutch Guilders, US Dollars, Gold Francs, Swiss Francs, Danish Crowns, and Swedish Crowns. Countries from time to time fell behind, got caught up, were de-adhered from the Union, rejoined, and so forth. None of these indignities befell Poland, a continuous member since 1922. The present IAU financial structure remains precariously sound, and national subventions are, more or less, proportional to the numbers of astronomer members from each nation.

A more meaningful measure of national IAU participation is surely the numbers of members and commissions they served on over the years. Even this is a bit tricky, because individuals became members either by being invited by an existing commission or by being a member of their country's National Committee. And each country could decide who was part of its national committee. Table I has some of the numbers for national committee members for 1928, 1932, 1935, and 1938. Typically the total include individuals designated as president, vice president, and secretary, but not always.

Of course the best metric is the astronomers who were IAU members and who attended the early General Assemblies! Not all of the early Transactions volumes are available on line, and those that are tend to be rather difficult to read, or to be permitted for only one hour of reading, etc. Those I caught from Rome 1922 were Banachiewicz (Cracow,

C 27, 31), Kamieński (Cracow, C20), Kępiński (Warsaw, C8), Krassowski (Warsaw, C20), Ernst (Lviv, C22), Gorczyński (Warsaw, C12), Dziewulski (Wilno, C25).

Another snapshot, from 1928 at Leiden, the participants were Banachiewicz (Cracow), Ernst (Lviv), Hufnagel (Warsaw), Kamieński (Warsaw), Kępiński (Warsaw), and Kordylewski (Cracow). For 1938, the National Committee was Banachiewicz (President), Witkowski, Dziewulski, Grabowski, Kamieński, Warchałowski, and Wilk. The IAU members coming out of Stockholm 1938 (and therefore until 1948, Rome), with their Commissions where I caught them were Banachiewicz (President of 17, plus 20, 27, 31). This, by the way, does not make him a real "Commission Hog"; Harlow Shapley and others sometime belonged to 6 or 7, Dziewulski (33), Kamieński (20). The number of Romanian members by then was comparable, but many not affiliated to a Commission; the number of Czech members somewhat larger, with Link and Svoboda each belonging to 4 commissions (Link as president of 22). Most have publications on ADS, frequently in Astronomische Nachrichten, until the founding of Acta Astronomica (1925).

Table 1. Numbers of members of national committees by country and year.

Country	1928	1932	1935	1938
Poland	2[a]	6[b]	6[b]	7[c]
Czechoslovakia	7[d]	10	12	8
Romania	–	22[e]	30[e]	30[e]
Yugoslavia	–	–	–	6

a. Banachiewicz, Kamieński
b. Banachiewicz, Kamieński, Dziewulski, Grabowski, Kępiński, Witkowski
c. Banachiewicz, Kamieński, Witkowski, Dziewulski, Grabowski, Warchałowski, Wilk
d. includes František Nušl, who was elected a vice president for 1928-1935
e. these delegations included one or more men with titles general, colonel, admiral, etc. that was also true for contemporaneous French delegations, and presumably reflects the importance of astronomy (positional astronomy) for navigation

Each of the nations had at least a few Commission members, often also national Committee members though not proportionately more from Romania. Titles of IAU Commission before WWII were:

3 Notations, Units, Economy of Publications
8 Meridian Astronomy
12 Solar Atmosphere, Physics, Radiation and Spectroscopy
17 Lunar Nomenclature, Moon, Figure & Motions

20 Minor Planets, Comets, Satellites
22 Shooting Stars, Zodiacal Light & Similar Problems
27 Variable Stars
31 Time
33 Stellar Statistics
35 Stellar Photometry

A Snapshot from 1958

As more or less planned in the lead-up to 1955 in Dublin, Ireland, the 1958 General Assembly took place in Moscow, from the 10^{th} to 20^{th} of August. The total attendance had been 820 (not all members), and by the end were 1127 members. Of these, 24 had addresses at Polish institutions (Table II indicates which ones), 23 in Czechoslovakia, 11 in Yugoslavia, and 6 in Romania. This is one of the volumes of IAU GA Transactions that is not currently available on-line for copyright reasons, but I succeeded in purchasing, quite cheaply, the copy that had belonged to a Harvard College Observatory astronomer named James G. Baker, then an IAU member (all of whom used to get the volumes as a perquisite of membership).

The IAU executive committee made an effort to reduce the sizes of the Commissions following the meeting by removing some existing members and saying that new IAU members should not join a Commission their first terms. The list in Table II merge the "before" and "after" memberships, since the policy changes made almost no difference.

Another indicator of activity is the list of institutions receiving the IAU Telegrams and IAU Circulars, because these had to be paid for at some level, although also subsidized by the IAU budget. The Telegram subscribers were the universities of Warsaw and Poznan, the Polska Akademia Nauk, and two additional Warsaw locations, called Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii and Katedra Astronomii Geodezyjnej. Additional locations getting just the circulars (cheaper than the telegram + circular package) were the observatories or universities at Cracow, Wroclaw, and Torun, and a planetarium in Chorzow.

At Moscow, the Polish member of the Finance Committee was S. Piotrowski. The heads of delegations are not listed, but it was quite probably Vice President Rybka. The welcoming address by a "high government official" was given by A.N. Kosygin. (For comparison, at Brighton we

got Margaret Thatcher; at Delhi R. Gandhi, at the Hague the Queen of the Netherlands, at Kyoto the Emperor and Empress of Japan; at Berkeley Adlai Stevenson; and at Baltimore, the Mayor of Baltimore (the relevant president, vice president and governor having declined)). At the other end of the hierarchy from these distinguished speakers at IAU GAs come the "invited guests" – most have been astronomers too young to be elected to membership. Those at Moscow included (Surnames only) Ampel, Cichowicz, Dobrzycki, Gorgolewski, Grzędzielski, Hurnik, Jarzębowski, Kołaczek, Krawiecka, Masłowski, Mietelski, Paciorkówna, and Rampolt. Some at least were later elected to membership.

TABLE 2. Locations of 1958 IAU members and their commission affiliations.

Warsaw	Cracow	Wroclaw	Poznan	Torun
Birkenmajer: 41	Kamieński: 20, 41	Kubikowski	Koebcke: 31	Dziewulski: 33
Gadowski: 27	Kordylewski: 27	Mergentaler: 10, 33	Witkowski: 5, 19, 38	Iwaniszewska:
Kępiński: 20	Kozieł: 17(Pres)	Ninger-Kosibowa: 25		Iwanowska: 28, 36
Piotrowski: 27, 42	Rybka: 25	Opolski: 27, 31		
W. Opalski: 27, 31	Szafraniec	Wierzbiński: 26		
Rudnicki		P. Rybka		
Serkowski				
Zonn: 25				

Commission topics:
5: Abstracts & Bibliography 10: Solar Activity
17: Moon & Figure of Moon 25: Stellar Photometry
26: Double Stars 27: Variable Stars
28: Extra-galactic Nebulae 31: Time
33: Structure & Dynamics of galactic system 36: Spectrophotometry
38: Exchange of Astronomers 41: History of Astronomy
42: Photometric Double Stars

Note: Names, numbers, and existence of Commissions varied through IAU history.

Poland/IAU/a few special people

Pride of place here clearly goes to Taddeus (Tadeusz) Banachiewicz (1882, Warsaw to 1954, Cracow). He was an IAU vice president (the first from Poland) for 1932-38 and President of Commission 17 (The Moon; Motions and Figure of the Moon) over the "long term" 1938-1952. He and Józef Witkowski were Polish representatives at the Copenhagen March 1946 conference that figured out how to get the IAU started again, in the wake of WWII. As retiring VP in 1938 he addressed the members at the closing GA, pointing out the unfairness of always having "certain countries" represented on the Executive Commission (UK,

US, France), and he suggested revising the statutes to permit a wider range of nationalities to be represented at any one time. This eventually happened. He was, during the 1938 GA, the recipient of a letter that led the EC to refrain from trying to ask the USSR or its delegates what had happened to Gerasimovic, Numerov, and others. Photos taken at that Copenhagen meeting show that he was taller than FJM Stratton, but shorter than E. Strömgren. Banachiewicz and Witkowski were also the Polish delegation who proposed, along with American Harlow Shapley, what became from 1948 Commission 39, International Observatories (terminated in 1955 after TB's death). The idea was that the IAU should somehow sponsor one or more observatories on good sites and with competitive telescopes that would be accessible to astronomers from every country. Not surprisingly, this didn't happen at the time, although quite a few current facilities are broad-minded about who may apply for data. Banachiewicz never quite completed a PhD, but he did study at Gottingen with Karl Schwarzchild and at Pulkovo with Johns Backlund, which means that you can trace him backwards on the Mathematics Genealogy Project via the Bernoullis and all to al-Tusi. Going forward, he had at least a few students, some of whom have probably had students of their own, including possibly you (if so, please let me know!)

Kazimierz Kordylewski. Since he was been recognized in a recent book, no further discussion is needed here! (B. Wszołek & A. Kuźmicz Eds., 2020). But he was definitely an IAU member, present at the Moscow 1958 General Assembly (as indeed was J. Kordylewski, not a member)

Eugeniusz Stanisław Rybka (1898 Radzymin – 1988 Cracow) was clearly one of the most peripatetic Polish IAU members! He engaged in defense activities during WWI, then started study with Banachiewicz at Cracow, but completed his PhD in Warsaw; then on to Leiden to study variable stars with Hertzsprung, followed by a position as head of the astronomy department (a very small one!) at Lviv, in due course occupied by first the German and then the Russians as the second World War developed, followed by a position in Wroclaw. Back to Leiden in 1949, where Jan Oort had finally completed his decade-long term as IAU General Secretary. Rybka managed to join in time to be elected the official invitation from Poland at 1952 Rome GA to meet in Poland in 1955. The competition was UK, USSR, and Ireland. The UK and USSR withdrew their invitations, and the GA participants chose to go to Dublin in 1955. Rybka was definitely there in Dublin Ireland in 1955. For there he is in official photo on the far left of the very front row,

next to the Swings family (a father and son pair of astronomers both holders of IAU officers). Of course Rybka was elected to a second term as vice president, but with his affiliation back to Cracow. It was at Dublin that the decision was made to follow the advice of Banachiewicz and increase the number of Vps from 5 to 6, so that more countries could be represented. An E. Rybka was also, by 1958, an IAU member, and I take this to be son Edward. In light of the issues presented by celebrating the 500th birthday of Copernicus, I find it of interest that, in 1964, Rybka (senior!) published a book on Four Hundred Years of the Copernican Heritage! He also served as President of Commission 40 (History Astronomy) from 1964 (Hamburg) to 1970 (Brighton).

Wilhelmina Iwanowska was the first woman ever chosen as an IAU vice president (possibly in connection with the 1973 Extraordinary General Assembly, discussed below). She was born in Wilno in 1905 (and died in Torun in 1999). She received her habilitation degree from what was then the Stefan Batory University in Wilno (Vilnius) (based on low-resolution spectra she had obtained at Stockholm Observatory) and was part of the group that moved suddenly from Lithuanian Vilnius to Polish Torun to found the Nicolaus Copernicus University there, and, although her own work had been in optical astronomy, was a firm supporter of the establishment of radio astronomy there. I had the privilege of meeting her at a breakfast table at the 1982 Patras IAU General Assembly and being invited to her 90th birthday symposium-celebration in Torun in 1995, and the sad honor of writing the article about her for the Second Edition of the Biographical Encyclopedia of Astronomers (T. Hockey et al. Eds., 2014, Springer, pp 1097-98). One item about that birthday celebration conference: through several hours of presentations, Wilhelmina sat in a straight-backed chair on stage and never once crossed her legs or even her ankles. Women of my age (78 just now), never mind hers, will recognize this as indicative of the firmness that resulted in the 1973 General Assembly!

Bohdan Paczyński (1940-2007) first attended an IAU GA in Prague in 1967, as an invited speaker in a session on binary star evolution. The previous year, he and representatives of the other groups working on close-binary evolution with mass transfer, in Ondrejov (Czech Republic) and Germany, had met at a colloquium in Uccle (Belgium) in a spirit of cooperation and general agreement that they were progressing toward understanding the "Algol paradox" and other CBS phenomena. But no sooner had he spoken in Prague, then up popped Anne Barbara Underhill (1929-2003, 1948 Chicago PhD under Chandrasekhar, and

a long-term member of Commission 29 (Stellar Spectroscopy) and 29a (Theory of Stellar Atmospheres)). She was furiously angry and announced, with no possibility of compromise, that Wolf-Rayet stars were not, as he had said, post-main-sequence massive stars, whose hydrogen-rich atmospheres had been transferred to their companions, leaving surface gas consisting mostly of helium, carbon, and nitrogen. No, asserted Barbara, then and for the rest of her life, they were young stars, with spectra dominated by anomalous excitation, concealing their normal, hydrogen rich compositions. He was surprised (according to his own later narration of the tale) but, of course, not deflected from pursuing the evolution of close binaries, then single stars, and much else. Paczyński was elected President of Commission 35 (Stellar Constitution) after serving a term as Vice President, 1973-76, as part of a sort of East-West oscillation (Masewich, Mestel, Paczyński, Taylor), but cheerfully entrusted the major task of the president, assembling the triennial report of advances in the field covered by the commission, to his successor, Roger Taylor. Two items that do not appear in K. Z. Stanek, The Variable Universe: A Celebration of Bohdan Paczyński, ASP Conference Series Volume 403. He described his 1964 wedding as follows: "There is only one woman I could stand to have around all the time, and I married her." And from perhaps 2006, when the brain tumor that killed him the next year had taken hold, he said that his skills in speaking both Polish and English were deteriorating at about the same rate, but his Russian (learned initially in a brief period in his childhood when his father was stationed in Moscow) seemed to be holding up. It would be interesting to have a sample of multi-lingual people and learn whether something of the sort is common. Let us end this long paragraph by connecting up with earlier events along with following lines: From 1925 founding of Acta Astronomica until 1980 (about the time Paczyński settled at Princeton and started publishing mostly in Astrophysical Journal), the astronomers with the largest numbers of papers in Acta were Banachiewicz (the founding editor), Paczyński, Piotrowski (BP's thesis advisor), Józef Smak (Commission 26, 27, and 42, and BP's boss in Warsaw for some years), and, in the quaint language of old IAU Transactions, "Miss Dr. R. Szafraniec" (commission 42, and, from a later directory, first name Rosalia). She disappears from IAU Directories between 1999 and 2003.

Konrad Rudnicki, also of Cracow (Commission 28 and 47, Galaxies and Cosmology) was elected in 1958 and was the first astronomer I ever shared telescope observing nights with, on the Palomar 48″ Schmidt,

when he was adding data points to light curves of supernovae and I was attempting to calibrate line intensities in the Crab Nebula supernova remnant in about 1966. His observing was considerably more successful than mine that time around at least, and more innovative, since, in lieu of radio music selected by the night assistants, his choice was to sing music of the Old Polish Church, of which he was a priest. Not to mention radio astronomer (Commission 40) Stanisław Gorgolewski of Torun (elected to the IAU in 1961), who carried the old central European tradition of hand-kissing down almost to the modern era.

And a great many other Polish astronomical colleagues, of both past and present! Especially my good friends connected with Queen Jadwiga Observatory and AN!

The Extraordinary General Assembly – 1973

We are approaching "modern history", because I was elected to IAU membership at the "Regular" General Assembly in Sydney, Australia, and I knew some of the people involved in this story. The accounts in Andersen et al. (2019) and Blaauw (1994) assert that, whoever might first have noticed the upcoming semi-millenium, it was Wilhelmina Iwanowska (1905-1999) who approached then-IAU-President Otto Heckmann (1901-1983), IAU Pres. (1967-70) saying that the IAU really must hold a General Assembly in Warsaw in 1973. Unfortunately, the Executive Committee had already selected Sydney as the 1973 venue, preparations were proceeding; and there was already a bit of worry that there would not be enough participants, given the difficulties of getting to this first meeting in the Southern Hemisphere.

Wilhelmina (I met her first at Patras in 1982, but feel entitled to call her by her first name), who had clearly done her homework, pointed out that there had been at least one previous Extraordinary GA (true, though it was a the same time and place as the planned one and convened only to permit amendment of the statutes). The executive committee suggested a Symposium to be held in Warsaw in 1973, but that was not enough. A GA it must be, and apparently the Soviet delegation threatened to withdraw from the Union if this did not happen.

Well, happen it did, from 4 to 12 September 1973, spread among three cities and shortly before the planned Sydney GA. Was it a success? At least the Union did not go bankrupt, and the General Secretary, who had to do the double planning (Cornelis de Jager) did not collapse,

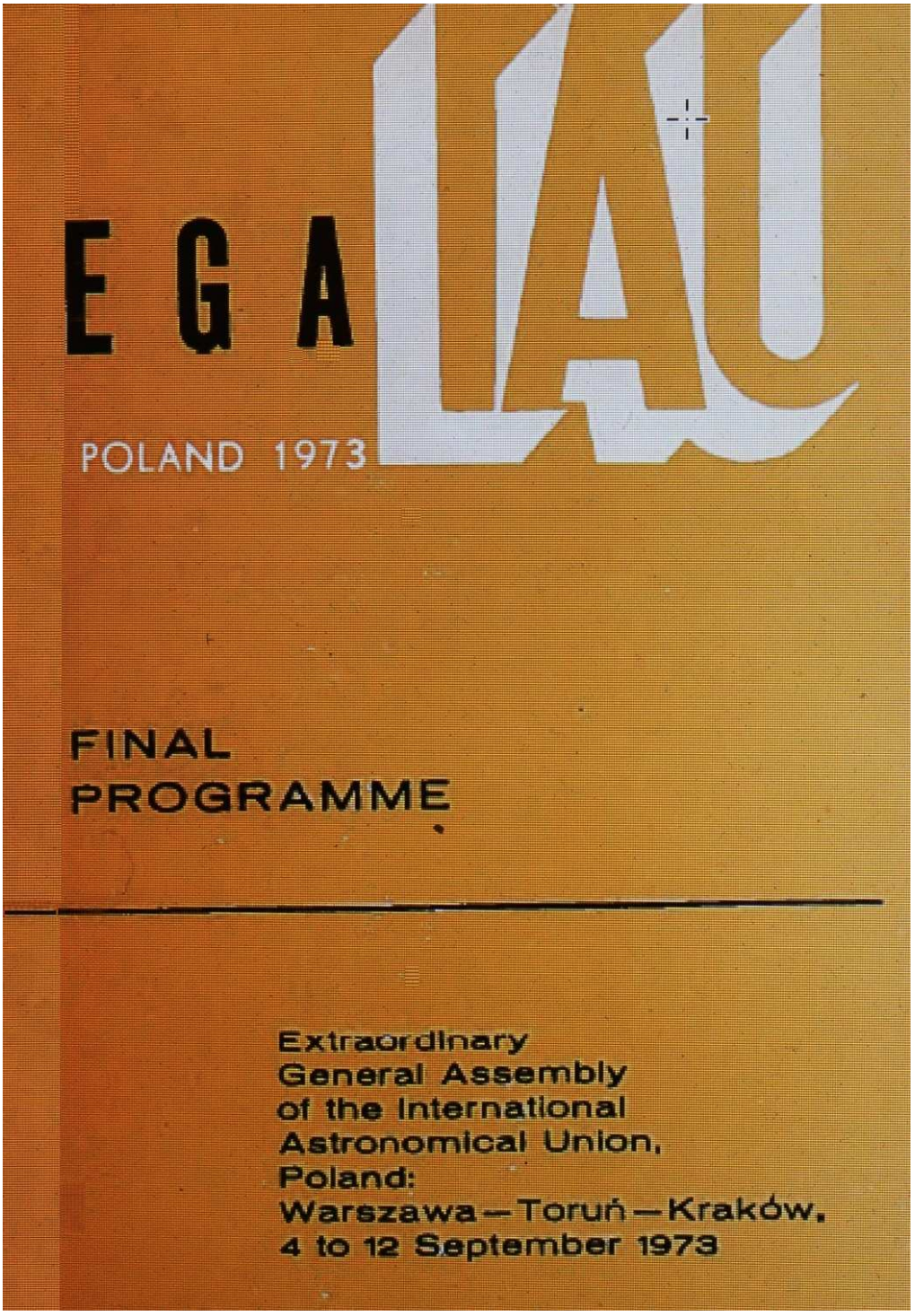
having entrusted as much of the Warsaw work as possible to his designated successor, Georgios Contopoulos. The two GAs had very comparable attendance, 840 in Sydney and 813 in Poland (Anderson et al. Say Torun, but we will return to that). But the sum was considerably fewer than had participated in Brighton in 1970 (2265) or who would come to Grenoble in 1976 (2134). Brighton, incidentally, was not topped until 2006. (Prague, 2412 participants).

So, here we are, on Tuesday, September 4$^{\rm th}$, 1973 in Warsaw. What is going to happen, where, and when? First, Inauguration Day in Warsaw, with a commemorative session, a performance of the ballet "Pan Twardowski" by Ludomir Różycki, and a reception hosted by the Government of the Polish People's Republic. There were three Invited discourses, by George Field on "The Physics of Interstellar Medium". On the 5$^{\rm th}$ in Warsaw, Frank Low on "Infrared Astronomy" on the 7$^{\rm th}$ in Torun, and Viktor A. Ambartsumyan (one of the few Soviet astronomers who managed to attend many IAU events in his lifetime) on "Galactic Nuclei" on the 11$^{\rm th}$ in Cracow.

And five IAU Symposia 62-66, on Stability of the Solar System and of small Stellar Systems (Warsaw, 5-8 Sept.); Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data (Cracow, 10-12 Sept.); Gravitational Radiation and Gravitational Collapse (Warsaw, 5-18 September, the one for which Weber was on the SOC and chaired a session but was not a listed speaker); Exploration of the Planetary System (Torun, 5-9 Sept.); Late Stages of Stellar Evolution (Warsaw, 10-12 Sept.); and one joint IAU-IUHPS Symposium,"The Astronomy of Copernicus and its Background" (Torun, 7-8 Sept.). I mention the six Soc chairs, because all are (or more often were) quite well known, in order, Y. Kozai (Japan, later an IAU President), Ya. B. Zeldovich (USSR), A. Trautman (Poland), P. Swings (Belgium, another future IAU President), A.G. Massevich (USSR), and O. Gingerich (USA). Each of the symposia had speakers and SOC members from Poland and the USSR, not out of proportion (considering the sizes of the various communities and disciplinary sub-communities at the time) to the numbers from the USA and, for instance, the UK. And at least a few from other Eastern European countries, again not out of proportion to those from smallish western countries. I have not examined the program from Sydney from a similar point of view, but suspect that East and West were less equally represented there.

It was presumably not quite a coincidence that, as of the Sydney GA, Iwanowska became an IAU Vice President, for the term 1973-79, not the

first Polish VP, but the first woman in the job ever. Over the years, there have been Soviet/Russian Presidents: Ambartsumian (1961-64) and Boyarchuk (1991-94), a first woman General Secretary (Edith Müller, 1974-79), quite a few additional women Vice Presidents (including yours



The cover of the Programme of the Extraordinary General Assembly of the International Astronomical Union, 1973, Warsaw, Torun, and Cracow.

truly), four women Presidents (Cesarsky, Torres-Peimbert, van Dishoeck, Elmegreen). So far, there has never been a Polish President, and the gentleman schedule for 1924-27 is Willy Benz of Switzerland, but I hope the first might be a reader of these pages!

References

[1] Andersen J., Baneke D., Madsen C., 2019, The International Astronomical Union, Springer

[2] Blaauw A., 1994, History of the IAU, Kluwer Academic Publishers

[3] Hockey T. A., et al. (Eds), 2014, Biographical Encyclopedia of Astronomers, 2nd Edition, Springer (articles about many of the astronomers maintained here)

[4] Wszołek B., Kuźmicz A. (Eds.), 2020, Kazimierz Kordylewski jako człowiek i astronom (in Polish), Astronomia Nova Publishing House

[5] Astrophysics Data System (custom query form, maintained at Harvard), various and sundry Wikis and other on-line sources, some transient.

ISSN 2719-3616