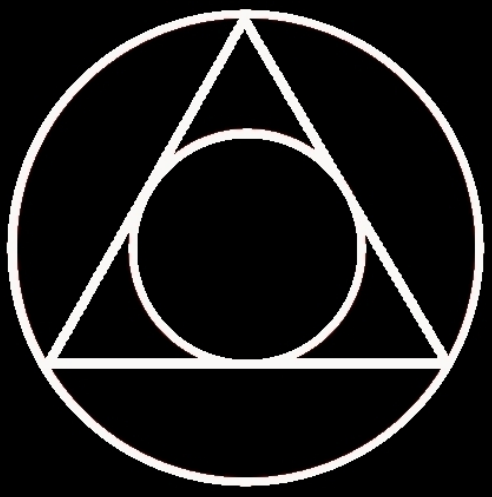
Annales Astronomiae Novae



Tom 7

Rzepiennik Biskupi 2026

ANNALES

Astronomiae Novae

2026

Tom zawiera materiały z piątej konferencji „Meet the Space”

29-30 maja 2025, Tarnów

Volumin 7

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Wersja elektroniczna pisma jest dostępna na stronach

www.astronomianova.org

www.oa.uj.edu.pl

oraz

www.oajadwiga.pl

Annales Astronomiae Novae

Redakcja

Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz

Autorzy przyczynków:

Emilia Andres
Artur Banko
Monika Biernacka
Anna Błąd
Artur Brdej
Andrzej Chwastek
Mikołaj Cichoń
Bogumił Cieniek
Zuzanna Dybcio
Mariusz Gibiec
Karolina Gocyk
Julia Godzwon
Marek Góral
Kajetan Gudowski
Jan Hahn
Michał Inglot
Marek Jamrozy
Przemysław Kaczorowski
Agata Maria Kołodziejczyk
Patryk Konieczny
Adrian Kordos
Damian Kordos
Justyna Kościelniak
Marcin Kowalik
Jerzy Kreiner
Jacek Kruk
Elżbieta Kuligowska
Tomasz Kundera
Agnieszka Kuźmicz
Wojciech Liwacz
Monika Lubas
Antoni Łasica
Jerzy Machalski
Jowita Maciejny
Natalia Marszałek
Monika Maślaniec
Adam Michalec
Laura Morawska
Wacław Moskal
Janusz Nicewicz
Kacper Nowakowski
Mikołaj Ostrowski
Oliwia Pająk
Łukasz Peszek
Mikołaj Sala
Zbigniew Skok
Emilia Stacherczak
Lena Starowicz
Ireneusz Stefaniuk
Piotr Strzelczyk
Barbara Szaflarska
Agnieszka Woźniak
Bogdan Wszołek
Bartłomiej Zakrzewski
Marta Żyłka
Wojciech Żyłka



Stowarzyszenie Astronomia Nova

Rzepiennik Biskupi 2026

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

Redakcja

Bogdan Wszołek (Red. Naczelny)
Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim
Agnieszka Kuźmicz
Obserwatorium Astronomiczne, Uniwersytet Jagielloński

Korektorzy

Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszołek

Projekt okładki

Agnieszka Kuźmicz, Bogdan Wszołek

© Copyright by Stowarzyszenie Astronomia Nova

ISSN 2719-3616

Druk książki został sfinansowany przez Obserwatorium Astronomiczne
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie oraz ze środków
stowarzyszenia Astronomia Nova.

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, recenzenci i redaktorzy Annales będą współtworzyć niniejsze pismo bezinteresownie i bez oczekiwania gratyfikacji finansowej oraz, w miarę możliwości, będą finansowo wspierać jej druk.

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

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

Zespół redakcyjny/Editorial Board



Dr Sławosz Uznański-Wiśniewski – polski kosmonauta.

Spis treści

In memoriam **1**

Część pierwsza **3**

Agnieszka Kuźmicz – *W roku 2026* **5**

Agnieszka Kuźmicz – *W roku 2027* **9**

Bogdan Wszołek i Agata Kołodziejczyk – *Kronika AN – 2025* **13**

Część druga **37**

Marek Jamrozy – *Jubileusz dziewięćdziesiątych urodzin Profesora Jerzego Machalskiego* **39**

Marek Jamrozy – *Sylwetka naukowa Profesora Jerzego Machalskiego* **41**

Jerzy Machalski – *Przemowa prof. Jerzego Machalskiego podczas uroczystości „Odnowienia doktoratu po 50 latach”* **53**

Jerzy Kreiner, Bogdan Wszołek – *Profesor Jerzy M. Kreiner w wywiadzie dla AAN* **59**

Bogdan Wszołek – *10 lat od otwarcia OAKJ* **93**

Agata Maria Kołodziejczyk – *Ladakh – himalajski Mars na Ziemi* **101**

Adam Michalec – *Wspomnienie o Grzesiu Sęku* **109**

Janusz Nicewicz – *Grzegorz Sęk – in memoriam* **113**

Tomasz Kundera – *Grzegorz Sęk – krótkie wspomnienie* **119**

Bogdan Wszołek – *Kiedy astronom odchodzi – wspomnienie o Grzegorzu Sęku* **121**

Bogdan Wszołek – *Piotr Flin – życie i twórczość* **127**

Monika Biernacka – *Budowniczy kieleckiego nieba: profesor Piotr Flin i narodziny lokalnej astronomii* **133**

Bogdan Wszołek – *Piotr Flin i Krakowskie Szkoły Kosmologiczne* **139**

Elżbieta Kuligowska, Tomasz Kundera – *Stulecie odkrycia komety C/1925 G1 (Orkisz) na Łysinie* **157**

Bartłomiej Zakrzewski – *Lucjan Orkisz – pierwszy polski odkrywca komety* **161**

Jacek Kruk – *Rodzina Lucjana Orkisza* **173**

Tomasz Kundera – *Lucjan Orkisz na żywo* **179**

Część trzecia **187**

V konferencja *Meet the Space* (Bogdan Wszołek) **188**

Bogdan Wszołek – *Loty kosmiczne na służbie Uranii* **195**

Marek Jamrozy – *Radiowe obserwacje Wszechświata prowadzone z Ziemi i z przestrzeni kosmicznej* **209**

Emilia Andres, Mikołaj Ostrowski, Mikołaj Sala, Jowita Maciejny, Artur Brdej, Mikołaj Cichoń, Artur Banko, Antoni Łasica, Mariusz Gibiec – *TURBULENCJA – pierwsza wystrzelona w Polsce studencka rakieta na paliwo ciekłe* **217**

Emilia Andres – *Mission infussion – tworzenie kompozytów o kosmicznej geometrii* **237**

Anna Błąd, Oliwia Pająk, Wojciech Liwacz, Julia Godzwon, Zuzanna Dybcio, Emilia Stacherczak – *BIOLOGEN: The Potential of Bioluminescent Algae in Life Support Systems in Space* **241**

Andrzej Chwastek – *Krakowskie rakiety badawcze* **247**

Mariusz Gibiec – *Analogowe misje łazików planetarnych* **253**

Przemysław Kaczorowski, Barbara Szaflarska, Justyna Kościelniak, Kacper Nowakowski, Zbigniew Skok, Patryk Konieczny, Karolina Gocyk, Jan Hahn, Kajetan Gudowski – *Projekt GraviTE – Lessons learned podczas rozwoju* **261**

Agata Maria Kołodziejczyk – *Lot Polaka w kosmos z perspektywy naukowca* **265**

Monika Lubas, Marta Żyłka, Natalia Marszałek – *Adaptacja zaworów piezoelektrycznych z technologii kosmicznych do zastosowań ziemskich* **273**

Laura Morawska, Lena Starowicz, Mariusz Gibiec – *Od eksperymentu do niezawodności – historia rozwoju systemów odzysku rakiet* **281**

Piotr Strzelczyk, Marek Góral, Łukasz Peszek, Marcin Kowalik, Michał Inglot, Agnieszka Woźniak, Wacław Moskal – *Znalezisko z Dębowca: meteoryt czy ziemski artefakt?* **291**

Piotr Strzelczyk, Adrian Kordos, Damian Kordos – *Kosmos 482 – rejestracja fal uderzeniowych z wejścia atmosferycznego* **299**

Marta Żyłka, Natalia Marszałek, Monika Lubas – *GraviLimbs – transfer technologii rehabilitacyjnej z Ziemi do sektora kosmicznego* **311**

Wojciech Żyłka, Bogumił Cieniek, Ireneusz Stefaniuk – *Spektroskopia EPR w ocenie stabilności farb eksponowanych na promieniowanie UV w kontekście zastosowań kosmicznych* **319**

In memoriam



Grzegorz Sęk (1947-2025)

Grzegorz Sęk urodził się 17 grudnia 1947 roku w Chrzanowie. W 1971 ukończył studia astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim. Praca magisterska: „Analiza widma gwiazdy potrójnej 44i Bootis" (promotor prof. Konrad Rudnicki). W latach 1973-1984 pracował w Obserwatorium Astronomicznym UJ. W latach 1984-2000 prowadził własną działalność gospodarczą. W latach 2000-2025 pracował w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym (MOA) w Niepołomicach. Od samego początku pracy w MOA przygotowywał młodzież do Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego w Grudziądzu, w którym jego podopieczni odnosili wiele sukcesów. Od 2014 roku brał czynny udział w corocznej Jesiennej Szkole Dydaktyki Fizyki organizowanej przez Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego w Borowicach i Kudowie – Zdroju. Organizował Letnie Obozy Astronomiczne dla uczniów w Lewałdzie Wielkim na Mazurach, oraz Zimowe Obozy Astronomiczne w Stuposianach w Bieszczadach. Organizował astro-warsztaty dla nauczycieli, założył i prowadził blog uczniowie.moa.edu.pl. Był propagatorem projektu NASA Sally Ride EarthKAM. Uczestniczył w wielu projektach, szkoleniach, wykładach i wydarzeniach. Otrzymał Nagrodę II stopnia Polskiego Towarzystwa Fizycznego (2010), Medal Komisji Edukacji Narodowej oraz Nagrodę Małopolskiego Kuratora Oświaty (2011), tytuł „Przyjaciela Wirtualnej Akademii Astronomii w Opolu" (2023).

(Janusz Nicewicz)

Z wdzięcznością i ciepłem wspominamy Grzegorza Sęka – astronoma z pasji i powołania, człowieka, który przez całe życie z podniesioną głową spoglądał w niebo, a sercem był zawsze blisko ludzi. Przez ponad 25 lat pracował w Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach (MOA), gdzie stał się ważną częścią lokalnej społeczności i prawdziwym przewodnikiem po świecie astronomii. Wcześniej (1973-1984) był pracownikiem naukowo dydaktycznym w Obserwatorium Astronomicznym UJ, zajmując się badaniem zmienności gwiazd. W MOA z wielkim zaangażowaniem popularyzował wiedzę o kosmosie, szczególnie wśród młodzieży. Potrafił zarażać ciekawością, tłumaczyć złożone zjawiska prostym językiem i budzić zachwyt nad Wszechświatem. Jego wykłady, seanse planetaryjne, warsztaty i obserwacje nieba pozostaną w pamięci wielu młodych ludzi, dla których był inspiracją i autorytetem. Dla wielu nauczycieli był wzorem do naśladowania.

Z pasją badał meteoryty, prowadził projekty badawcze wraz z młodzieżą z Niepołomickiego Obserwatorium, łącząc rzetelną pracę naukową z umiejętnością dzielenia się odkryciami. Przez wiele lat brał udział w projekcie EarthKAM – przybliżając młodym ludziom możliwość spojrzenia na naszą planetę z perspektywy orbity okołoziemskiej.

Jego praca przyniosła trwałe owoce, ponieważ niektórzy z jego uczniów sami zostali astronomami. Do dziś z takim samym zachwytem patrzą w niebo, kontynuując pasję, którą w nich rozbudził. Grzegorz pozostawił po sobie nie tylko dorobek zawodowy, ale przede wszystkim życzliwość, spokój i światło, które – jak gwiazdy, o których opowiadał – zostanie z nami na długo.

(Monika Maślaniec – Wicedyrektor MOA w Niepołomicach)



Cmentarz Rakowicki w Krakowie, kwatera LXXVIII, rząd 18, grób 41.

(Wspomnienia zamieszczono na stronach 109 – 126 niniejszego tomu.)

Część pierwsza

(informacyjna)



Dr Sławosz Uznański-Wiśniewski – polski astronauta projektowy Europejskiej Agencji Kosmicznej. Przebywał w kosmosie w ramach misji „Ignis” (Axiom Mission 4) od 25 czerwca do 15 lipca 2025.

W roku 2026

(*Agnieszka Kuźmicz*)

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

Styczeń

1	21:43	Księżyc w perygeum: 360348 km
3	10:03	Pełnia Księżyca
3	17	Ziemia w peryhelium: 0.98330 AU
3	22:01	Jowisz 3°.7 S od Księżyca
4	03:28	Pollux 3°.0 N od Księżyca
6	11	Merkury w aphelium
6	16	Górna koniunkcja Wenus
6	16:20	Regulus 0°.5 S od Księżyca
9	10	Mars w koniunkcji ze Słońcem
10	8	Opozycja Jowisza
10	15:48	Ostatnia kwadra Księżyca
10	23:50	Spica 1°.6 N od Księżyca
13	20:48	Księżyc w apogeum: 405437 km
14	19:28	Antares 0°.6 N od Księżyca
18	19:52	Nów Księżyca
21	16	Górna koniunkcja Merkurego
22	20	Wenus w aphelium
23	12:31	Saturn 4°.3 S od Księżyca
26	04:47	Pierwsza kwadra Księżyca
27	21:07	Plejady 1°.1 S od Księżyca
29	21:53	Księżyc w perygeum: 365878 km
31	02:31	Jowisz 3°.8 S od Księżyca
31	13:45	Pollux 3°.0 N od Księżyca

Luty

1	22:09	Pełnia Księżyca
3	02:48	Regulus 0°.4 S od Księżyca
7	08:26	Spica 1°.8 N od Księżyca
9	12:43	Ostatnia kwadra Księżyca
10	16:52	Księżyc w apogeum: 404577 km
11	03:19	Antares 0°.7 N od Księżyca
17	12:01	Nów Księżyca
17	12:12	Obrączkowe zaćmienie Słońca; mag=0.963
18	23:03	Merkury 0°.1 N od Księżyca
19	11	Merkury w peryhelium
19	18	Maksymalna elongacja Merkurego: 18°.1 E
19	23:54	Saturn 4°.6 S od Księżyca
24	02:43	Plejady 1°.2 S od Księżyca
24	12:28	Pierwsza kwadra Księżyca
24	23:18	Księżyc w perygeum: 370132 km
27	06:26	Jowisz 4°.0 S od Księżyca
27	21:34	Pollux 3°.0 N od Księżyca

Marzec

2	12:00	Regulus 0°.4 S od Księżyca
3	11:34	Całkowite zaćmienie Księżyca; mag=1.151
3	11:38	Pełnia Księżyca
6	17:24	Spica 1°.8 N od Księżyca
7	11	Dolna koniunkcja Merkurego
10	11:32	Antares 0°.7 N od Księżyca
10	13:43	Księżyc w apogeum: 404385 km
11	09:39	Ostatnia kwadra Księżyca
15	19	Merkury 3°.4 N od Marsa
17	14:07	Merkury 2°.0 N od Księżyca
17	21:51	Mars 1°.5 S od Księżyca
19	01:23	Nów Księżyca
20	12:39	Wenus 4°.6 S od Księżyca
20	14:46	Początek astronomicznej wiosny
22	10	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
22	11:40	Księżyc w perygeum: 366858 km
23	08:32	Plejady 1°.1 S od Księżyca
25	8	Saturn w koniunkcji ze Słońcem
25	19:18	Pierwsza kwadra Księżyca
26	7	Mars w peryhelium: 1.38126 AU
26	12:13	Jowisz 3°.9 S od Księżyca
27	03:18	Pollux 3°.0 N od Księżyca
29	19:00	Regulus 0°.4 S od Księżyca

Kwiecień

2	02:12	Pełnia Księżyca
3	01:32	Spica 1°.8 N od Księżyca
3	23	Maksymalna elongacja Merkurego: 27°.8 W
6	19:21	Antares 0°.6 N od Księżyca
7	08:32	Księżyc w apogeum: 404974 km
10	04:52	Ostatnia kwadra Księżyca
16	00:45	Mars 3°.7 S od Księżyca
17	11:52	Nów Księżyca
19	06:57	Księżyc w perygeum: 361631 km
19	08:49	Wenus 4°.8 S od Księżyca
19	16:28	Plejady 1°.0 S od Księżyca
19	19	Mars 1°.2 N od Saturna
20	10	Merkury 0°.5 S od Saturna
20	22	Merkury 1°.7 S od Marsa
22	19	Lirydy
22	22:06	Jowisz 3°.6 S od Księżyca
23	08:59	Pollux 3°.2 N od Księżyca

24	02:32	Pierwsza kwadra Księżyca
24	04:17	Wenus 3°.4 S od Plejad
26	00:37	Regulus 0°.2 S od Księżyca
30	08:17	Spica 1°.8 N od Księżyca

Maj

1	17:23	Pełnia Księżyca
4	02:20	Antares 0°.5 N od Księżyca
4	22:30	Księżyc w apogeum: 405843 km
9	21:10	Ostatnia kwadra Księżyca
14	14	Górna koniunkcja Merkurego
15	4	Wenus w peryhelium
16	20:01	Nów Księżyca
17	13:48	Księżyc w perygeum: 358074 km
18	10	Merkury w peryhelium
19	01:50	Wenus 2°.9 S od Księżyca
20	12:39	Jowisz 3°.1 S od Księżyca
20	16:30	Pollux 3°.4 N od Księżyca
22	16	Uran w koniunkcji ze Słońcem
23	06:41	Regulus 0°.0 N od Księżyca
23	11:11	Pierwsza kwadra Księżyca
27	14:09	Spica 1°.9 N od Księżyca
31	08:32	Antares 0°.4 N od Księżyca
31	08:45	Pełnia Księżyca

Czerwiec

1	04:32	Księżyc w apogeum: 406369 km
7	16:17	Wenus 4°.6 S od Polluxa
8	10:00	Ostatnia kwadra Księżyca
9	20	Wenus 1°.6 N od Jowisza
13	13:15	Plejady 1°.0 S od Księżyca
14	23:18	Księżyc w perygeum: 357196 km
15	02:54	Nów Księżyca
15	20	Maksymalna elongacja Merkurego: 24°.5 E
16	19:32	Merkury 2°.6 S od Księżyca
17	02:08	Pollux 3°.6 N od Księżyca
17	06:54	Jowisz 2°.5 S od Księżyca
17	20:21	Wenus 0°.3 S od Księżyca
19	14:31	Regulus 0°.3 N od Księżyca
21	08:25	Początek astronomicznego lata
21	21:55	Pierwsza kwadra Księżyca
23	20:11	Spica 2°.2 N od Księżyca
25	12	Merkury 3°.8 S od Jowisza
27	14:32	Antares 0°.5 N od Księżyca
28	07:11	Księżyc w apogeum: 406267 km
28	18:32	Mars 4°.3 S od Plejad
29	23:57	Pełnia Księżyca

Lipiec

1	10	Merkury w aphelium
6	18	Ziemia w aphelium: 1.01664 AU
7	19:29	Ostatnia kwadra Księżyca
9	14:36	Wenus 0°.9 N od Regulusa
10	22:54	Plejady 1°.1 S od Księżyca
13	1	Dolna koniunkcja Merkurego
13	07:50	Księżyc w perygeum: 359111 km
14	09:43	Nów Księżyca
17	00:07	Regulus 0°.5 N od Księżyca
17	16:31	Wenus 2°.0 N od Księżyca
21	03:21	Spica 2°.4 N od Księżyca
21	11:06	Pierwsza kwadra Księżyca
24	21:00	Antares 0°.6 N od Księżyca
25	16:45	Księżyc w apogeum: 405549 km
29	12	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem
29	14:36	Pełnia Księżyca

Sierpień

2	8	Maksymalna elongacja Merkurego: 19°.5 W
6	02:21	Ostatnia kwadra Księżyca
7	06:23	Plejady 1°.2 S od Księżyca
9	05:31	Mars 4°.4 S od Księżyca
10	11:18	Księżyc w perygeum: 363288 km
10	22:38	Pollux 3°.6 N od Księżyca
11	12:48	Merkury 2°.1 S od Księżyca
12	17:37	Nów Księżyca
12	17:46	Całkowite zaćmienie Słońca; mag=1.039
13	2	Perseidy
14	9	Merkury w peryhelium
15	6	Maksymalna elongacja Wenus: 45°.9 E
16	08:47	Wenus 2°.1 N od Księżyca
17	11:49	Spica 2°.4 N od Księżyca
20	02:46	Pierwsza kwadra Księżyca
21	04:18	Antares 0°.6 N od Księżyca
22	08:20	Księżyc w apogeum: 404644 km
27	17	Górna koniunkcja Merkurego
28	04:13	Częściowe zaćmienie Księżyca; mag=0.930
28	04:18	Pełnia Księżyca

Wrzesień

1	13:24	Wenus 1°.2 S od Spiki
3	12:03	Plejady 1°.2 S od Księżyca
4	07:51	Ostatnia kwadra Księżyca
6	18:24	Mars 3°.0 S od Księżyca
6	20:26	Księżyc w perygeum: 368255 km
7	06:32	Pollux 3°.6 N od Księżyca
8	18:13	Jowisz 0°.8 S od Księżyca
9	19:36	Regulus 0°.5 N od Księżyca
11	03:27	Nów Księżyca
13	20:53	Spica 2°.4 N od Księżyca
14	11:10	Wenus 0°.5 S od Księżyca
17	12:18	Antares 0°.6 N od Księżyca

18	20:44	Pierwsza kwadra Księżyca
19	03:00	Księżyc w apogeum: 404217 km
23	00:06	Początek astronomicznej jesieni
26	0	Opozycja Neptuna
26	01:49	Merkury 0°.8 N od Spiki
26	16:49	Pełnia Księżyca
30	17:39	Plejady 1°.1 S od Księżyca

Październik

1	20:41	Księżyc w perygeum: 369338 km
3	13:25	Ostatnia kwadra Księżyca
4	12	Opozycja Saturna
4	12:27	Pollux 3°.8 N od Księżyca
5	05:30	Mars 1°.2 S od Księżyca
6	10:18	Jowisz 0°.2 S od Księżyca
7	02:57	Regulus 0°.6 N od Księżyca
10	15:50	Nów Księżyca
12	02:30	Wenus 3°.1 S od Księżyca
12	10	Maksymalna elongacja Merkurego: 25°.2 E
12	20:08	Merkury 2°.1 N od Księżyca
14	20:25	Antares 0°.4 N od Księżyca
16	22:56	Księżyc w apogeum: 404639 km
18	16:13	Pierwsza kwadra Księżyca
21	18	Orionidy
24	3	Dolna koniunkcja Wenus
26	04:12	Pełnia Księżyca
28	01:11	Plejady 1°.0 S od Księżyca
28	18:01	Księżyc w perygeum: 364411 km
31	18:00	Pollux 4°.0 N od Księżyca

Listopad

1	20:28	Ostatnia kwadra Księżyca
2	14:23	Mars 1°.1 N od Księżyca
2	23:11	Jowisz 0°.5 N od Księżyca
3	08:40	Regulus 0°.8 N od Księżyca
4	14	Dolna koniunkcja Merkurego
7	11:31	Wenus 1°.1 N od Księżyca
7	12:40	Spica 2°.4 N od Księżyca
9	07:02	Nów Księżyca
10	9	Merkury w peryhelium
10	13:49	Wenus 0°.1 S od Spiki
11	03:58	Antares 0°.3 N od Księżyca
13	17:50	Księżyc w apogeum: 405619 km
16	4	Mars 1°.2 N od Jowisza
17	11:48	Pierwsza kwadra Księżyca
18	0	Leonidy
20	23	Maksymalna elongacja Merkurego: 19°.6 W
24	11:18	Plejady 0°.9 S od Księżyca
24	14:53	Pełnia Księżyca
25	07:47	Mars 1°.6 N od Regulusa
25	20:58	Księżyc w perygeum: 359348 km
25	23	Opozycja Urana
28	01:27	Pollux 4°.2 N od Księżyca
30	09:18	Jowisz 1°.2 N od Księżyca
30	14:35	Regulus 1°.1 N od Księżyca
30	19:32	Mars 3°.3 N od Księżyca

Grudzień

1	06:09	Ostatnia kwadra Księżyca
4	18:36	Spica 2°.5 N od Księżyca
9	00:52	Nów Księżyca
11	06:46	Księżyc w apogeum: 406421 km
12	15:35	Jowisz 1°.3 N od Regulusa
14	13	Geminidy
17	05:43	Pierwsza kwadra Księżyca
21	20:50	Początek astronomicznej zimy
21	22:37	Plejady 1°.0 S od Księżyca
22	22	Ursydy
24	01:28	Pełnia Księżyca
24	8	Merkury w aphelium
24	08:30	Księżyc w perygeum: 356650 km
25	11:41	Pollux 4°.4 N od Księżyca
25	21	Wenus w peryhelium
27	17:32	Jowisz 1°.5 N od Księżyca
27	22:44	Regulus 1°.4 N od Księżyca
30	18:59	Ostatnia kwadra Księżyca

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

Ziemia w peryhelium: 3 styczeń (17)
Ziemia w aphelium: 6 lipiec (18)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (14:46)
Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (08:25)
Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (00:06)
Początek astronomicznej zimy: 21 grudzień (20:50)

Data juliańska (JD) = 2461041.5 + d + część dnia licząc
od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

17 II	Obrączkowe zaćmienie Słońca (Pd Argentyna, Chile, Pd Afryka, Antarktyka)
3 III	Całkowite zaćmienie Księżyca (wschodnia Azja, Australia, Pacyfik, Ameryka Pn, Pd)
12 VIII	Całkowite zaćmienie Słońca (północna część Ameryki Pn, zachodnia Afryka, Europa – Hiszpania, Grenlandia, Islandia)
28 VIII	Częściowe zaćmienie Księżyca (wschodni Pacyfik, Ameryka Pn, Pd, Europa, Afryka)

W roku 2027

(*Agnieszka Kuźmicz*)

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

Styczeń

1	00:29	Spica 2°.8 N od Księżyca
1	17	Górna koniunkcja Merkurego
3	02	Ziemia w peryhelium: 0.98333 AU
3	19	Maksymalna elongacja Wenus: 47°.0 W
4	16:34	Antares 0°.3 N od Księżyca
7	08:10	Księżyc w apogeum: 406610 km
7	20:24	Nów Księżyca
15	20:34	Pierwsza kwadra Księżyca
18	08:46	Plejady 1°.1 S od Księżyca
21	21:49	Księżyc w perygeum: 357285 km
21	23:18	Pollux 4°.4 N od Księżyca
22	12:17	Pełnia Księżyca
24	00:24	Jowisz 1°.5 N od Księżyca
24	09:19	Regulus 1°.5 N od Księżyca
28	07:55	Spica 2°.9 N od Księżyca
29	10:55	Ostatnia kwadra Księżyca
31	22:48	Antares 0°.4 N od Księżyca

Luty

3	06	Maksymalna elongacja Merkurego: 18°.3 E
3	13:31	Księżyc w apogeum: 406189 km
6	08	Merkury w peryhelium
6	15:56	Nów Księżyca
6	16:00	Obrączkowe zaćmienie Słońca; mag=0.928
8	03:36	Merkury 0°.4 N od Księżyca
11	00	Opozycja Jowisza
14	07:58	Pierwsza kwadra Księżyca
14	16:13	Plejady 1°.2 S od Księżyca
18	09:50	Pollux 4°.4 N od Księżyca
18	17	Dolna koniunkcja Merkurego
19	07:30	Księżyc w perygeum: 361015 km
19	15	Opozycja Marsa
20	05:46	Jowisz 1°.2 N od Księżyca
20	20:33	Regulus 1°.5 N od Księżyca
20	23:13	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; mag=0.927
20	23:23	Pełnia Księżyca
22	04:31	Mars 3°.8 N od Regulusa
24	17:14	Spica 2°.9 N od Księżyca
28	05:16	Ostatnia kwadra Księżyca
28	06:09	Antares 0°.4 N od Księżyca

Marzec

3	05:41	Księżyc w apogeum: 405221 km
4	18:59	Wenus 2°.1 N od Księżyca
4	23	Mars w aphelium: 1.66610 AU
6	05:28	Merkury 1°.2 N od Księżyca
8	09:29	Nów Księżyca
13	21:43	Plejady 1°.1 S od Księżyca
15	16:25	Pierwsza kwadra Księżyca
17	7	Maksymalna elongacja Merkurego: 27°.6 W
17	17:40	Pollux 4°.5 N od Księżyca
19	04:31	Księżyc w perygeum: 366440 km
19	10:05	Jowisz 0°.9 N od Księżyca
19	18:33	Mars 4°.3 N od Księżyca
20	06:13	Regulus 1°.5 N od Księżyca
20	20:25	Początek astronomicznej wiosny
22	07	Merkury w aphelium
22	10:44	Pełnia Księżyca
24	03:12	Spica 2°.8 N od Księżyca
24	22	Neptun w koniunkcji ze Słońcem
27	14:36	Antares 0°.3 N od Księżyca
30	00:54	Ostatnia kwadra Księżyca
31	01:33	Księżyc w apogeum: 404331 km
31	06	Mars 4°.3 N od Jowisza

Kwiecień

4	06:49	Wenus 3°.3 S od Księżyca
6	23:51	Nów Księżyca
7	17	Saturn w koniunkcji ze Słońcem
10	03:30	Plejady 0°.9 S od Księżyca
13	22:57	Pierwsza kwadra Księżyca
13	23:23	Pollux 4°.7 N od Księżyca
14	00:41	Księżyc w perygeum: 370001 km
15	15:01	Jowisz 1°.0 N od Księżyca
16	01:00	Mars 3°.3 N od Księżyca
16	13:21	Regulus 1°.6 N od Księżyca
17	05	Wenus w aphelium
20	12:09	Spica 2°.8 N od Księżyca
20	22:27	Pełnia Księżyca
23	01	Lirydy
23	23:16	Antares 0°.1 N od Księżyca
27	21:21	Księżyc w apogeum: 404170 km
28	20:18	Ostatnia kwadra Księżyca
28	21	Górna koniunkcja Merkurego

Maj

5	07	Merkury w peryhelium
6	10:58	Nów Księżyca
7	16	Wenus 0°.6 N od Saturna
9	20:07	Księżyc w perygeum: 366635 km
11	05:06	Pollux 4°.9 N od Księżyca
12	22:49	Jowisz 1°.3 N od Księżyca
13	04:44	Pierwsza kwadra Księżyca
13	18:57	Regulus 1°.9 N od Księżyca
13	19:34	Mars 3°.3 N od Księżyca
14	10:58	Mars 1°.1 N od Regulusa
17	19:16	Spica 2°.9 N od Księżyca
20	10:59	Pełnia Księżyca
21	07:08	Antares 0°.0 S od Księżyca
25	15:13	Księżyc w apogeum: 404801 km
27	08	Uran w koniunkcji ze Słońcem
28	10	Maksymalna elongacja Merkurego: 22°.9 E
28	13:58	Ostatnia kwadra Księżyca

Czerwiec

4	19:40	Nów Księżyca
6	06:29	Merkury 2°.7 S od Księżyca
6	14:54	Księżyc w perygeum: 361703 km
9	10:54	Jowisz 1°.9 N od Księżyca
10	01:01	Regulus 2°.2 N od Księżyca
10	22:45	Mars 3°.9 N od Księżyca
11	10:56	Pierwsza kwadra Księżyca
14	01:01	Spica 3°.0 N od Księżyca
16	10:11	Wenus 4°.7 N od Aldebarana
17	13:46	Antares 0°.0 S od Księżyca
19	00:44	Pełnia Księżyca
21	14:11	Początek astronomicznego lata
22	05:08	Księżyc w apogeum: 405698 km
23	08	Dolna koniunkcja Merkurego
27	04:54	Ostatnia kwadra Księżyca

Lipiec

1	07:04	Plejady 0°.9 S od Księżyca
4	03:02	Nów Księżyca
4	20:55	Księżyc w perygeum: 358284 km
5	06	Ziemia w aphelium: 1.01673 AU
7	03:14	Jowisz 2°.5 N od Księżyca
7	09:01	Regulus 2°.3 N od Księżyca
9	07:52	Mars 4°.7 N od Księżyca
10	18:39	Pierwsza kwadra Księżyca
11	06:50	Spica 3°.2 N od Księżyca
14	19:34	Antares 0°.1 N od Księżyca
15	19	Maksymalna elongacja Merkurego: 20°.7 W
18	15:45	Pełnia Księżyca
18	16:03	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; mag=0.002
19	11:52	Księżyc w apogeum: 406217 km
25	06:23	Jowisz 0°.4 N od Regulusa
26	16:55	Ostatnia kwadra Księżyca
28	16:20	Plejady 1°.0 S od Księżyca

Sierpień

1	06	Merkury w peryhelium
2	06:28	Księżyc w perygeum: 357362 km
2	10:05	Nów Księżyca
2	10:07	Całkowite zaćmienie Słońca; mag=1.079
3	19:00	Regulus 2°.4 N od Księżyca
3	22:38	Jowisz 3°.0 N od Księżyca
7	14	Wenus w peryhelium
7	14:03	Spica 3°.3 N od Księżyca
9	04:54	Pierwsza kwadra Księżyca
11	01:31	Antares 0°.1 N od Księżyca
11	11	Górna koniunkcja Merkurego
12	00	Górna koniunkcja Wenus
13	08	Perseidy
15	14:23	Księżyc w apogeum: 406086 km
17	07:14	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; mag=0.546
17	07:29	Pełnia Księżyca
23	14:36	Mars 1°.7 N od Spiki
24	23:36	Plejady 0°.9 S od Księżyca
25	02:27	Ostatnia kwadra Księżyca
30	15:36	Księżyc w perygeum: 359208 km
31	08	Jowisz w koniunkcji ze Słońcem
31	17:41	Nów Księżyca

Wrzesień

2	04:46	Merkury 4°.5 N od Księżyca
3	23:07	Spica 3°.2 N od Księżyca
7	08:34	Antares 0°.0 N od Księżyca
7	18:31	Pierwsza kwadra Księżyca
11	23:39	Księżyc w apogeum: 405384 km
14	06	Merkury w aphelium
15	23:04	Pełnia Księżyca
21	03:21	Merkury 0°.2 S od Spiki
21	05:12	Plejady 0°.8 S od Księżyca
23	06:02	Początek astronomicznej jesieni
23	10:20	Ostatnia kwadra Księżyca
24	22	Maksymalna elongacja Merkurego: 26°.3 E
27	15:35	Regulus 2°.4 N od Księżyca
27	20:12	Księżyc w perygeum: 363455 km
28	13	Opozycja Neptuna
28	15:39	Jowisz 4°.2 N od Księżyca
30	02:36	Nów Księżyca

Październik

1	09:12	Spica 3°.1 N od Księżyca
2	00:27	Merkury 1°.8 N od Księżyca
3	08:58	Mars 4°.5 N od Księżyca
4	17:01	Antares 0°.2 S od Księżyca
7	11:47	Pierwsza kwadra Księżyca
9	15:47	Księżyc w apogeum: 404531 km
11	14	Merkury 3°.8 S od Wenus
15	13:47	Pełnia Księżyca
18	00	Opozycja Saturna
18	10:48	Plejady 0°.6 S od Księżyca
19	15	Dolna koniunkcja Merkurego
22	00	Orionidy
22	17:29	Ostatnia kwadra Księżyca
24	23:09	Regulus 2°.6 N od Księżyca
25	05:36	Księżyc w perygeum: 368651 km
26	09:33	Jowisz 4°.9 N od Księżyca
28	06	Merkury w peryhelium
29	13:36	Nów Księżyca
29	13:47	Mars 3°.7 N od Antaresa
31	07:57	Wenus 4°.4 N od Księżyca

Listopad

1	02:13	Antares 0°.4 S od Księżyca
1	06:53	Mars 3°.3 N od Księżyca
4	09	Maksymalna elongacja Merkurego: 18°.8 W
5	00:48	Merkury 4°.0 N od Spiki
6	08:00	Pierwsza kwadra Księżyca
6	11:37	Księżyc w apogeum: 404183 km
9	06:44	Wenus 3°.8 N od Antaresa
14	03:26	Pełnia Księżyca
14	18:14	Plejady 0°.5 S od Księżyca
18	06	Leonidy
19	00:10	Księżyc w perygeum: 369356 km
21	00:48	Ostatnia kwadra Księżyca
21	04:52	Regulus 2°.9 N od Księżyca
25	01	Wenus 0°.3 S od Marsa
25	02:24	Spica 3°.2 N od Księżyca
27	22	Wenus w aphelium
28	03:24	Nów Księżyca
30	07:53	Mars 1°.6 N od Księżyca
30	10	Opozycja Urana
30	13:20	Wenus 0°.9 N od Księżyca

Grudzień

4	08:42	Księżyc w apogeum: 404663 km
6	05:22	Pierwsza kwadra Księżyca
11	22	Górna koniunkcja Merkurego
12	03:55	Plejady 0°.5 S od Księżyca
13	16:09	Pełnia Księżyca
14	20	Geminidy
16	02:21	Księżyc w perygeum: 364026 km
18	10:50	Regulus 3°.1 N od Księżyca
20	09:11	Ostatnia kwadra Księżyca
22	02:43	Początek astronomicznej zimy
22	08:13	Spica 3°.3 N od Księżyca
23	04	Ursydy
25	18:01	Antares 0°.4 S od Księżyca
27	20:12	Nów Księżyca
29	12:10	Mars 0°.5 S od Księżyca
31	01:54	Wenus 3°.1 S od Księżyca

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

Ziemia w peryhelium: 3 styczeń (02)
Ziemia w aphelium: 5 lipiec (06)

Początek astronomicznej wiosny: 20 marzec (20:25)
Początek astronomicznego lata: 21 czerwiec (14:11)
Początek astronomicznej jesieni: 23 wrzesień (06:02)
Początek astronomicznej zimy: 22 grudzień (02:43)

Data juliańska (JD) = 2461406.5 + d + część dnia licząc
od godziny 0 UT (d - kolejny dzień roku)

Zaćmienia:

6 II	Obrączkowe zaćmienie Słońca (Ameryka Pd, Antarktyka)
20 II	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; (zachodnia Europa, Afryka, zachodnia Azja, wschodnia Ameryka Pn i Pd)
18 VII	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; (Ameryka Pn i Pd, zachodnia Europa, zachodnia Afryka)
2 VIII	Całkowite zaćmienie Słońca (Pd Europa, Pn Afryka, Bliski Wschód)
17 VIII	Półcieniowe zaćmienie Księżyca; (Europa, Afryka, Azja, Australia, wschodnia Ameryka Pn i Pd)

Kronika AN – 2025

Bogdan Wszołek[1] i Agata Kołodziejczyk[2]

[1] Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi, Rzepiennik Biskupi

[2] Wydział Technologii Kosmicznych, AGH, Kraków

AAN6

W pierwszym kwartale roku zredagowano i wydano szósty tom Annales Astronomiae Novae. Przyczynki czterdziestu dziewięciu autorów dały w sumie 344 strony opracowania. Tradycyjnie książkę redagowali wolontaryjnie Bogdan Wszołek i Agnieszka Kuźmicz. Druk wersji papierowej był współfinansowany przez Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova. Wersja elektroniczna pisma (PDF do pobrania) jest tradycyjnie darmo dostępna na stronie www.astronomianova.org pod zakładką publikacje oraz na stronie www.oa.uj.edu.pl/pbl/period.pl.html.

Misja kosmiczna HYADES

(dr Michał Drahus) Realizowana przez Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ) misja kosmiczna HYADES (HYdrogen And Deuterium Surveyor) została zgłoszona i zakwalifikowana do finałowego etapu naboru ESA na nową misję klasy F, której masa całkowita wyniesie 500 kg, a start zaplanowano na rok 2034. Misje klasy F są realizowane w ramach ESA Science Programme i objęte finansowaniem ESA w wysokości do 205 mln euro, stanowiąc (obok misji klasy L i M) flagowe przedsięwzięcia naukowe Agencji. Zakwalifikowanie HYADES do wąskiego grona misji-kandydatów w klasie F jest ogromnym osiągnięciem i szansą dla naszego kraju, który nigdy dotąd nie był rozpatrywany przez ESA jako potencjalny lider flagowej misji kosmicznej.

HYADES to wysoce innowacyjny satelita astronomiczny, zaprojektowany do prowadzenia obserwacji komet, planetoid i innych obiektów kosmicznych w zakresie bliskiego i dalekiego ultrafioletu. Projekt został uruchomiony w 2023 roku w ramach grantu ERC (Consolidator Grant



Zespół twórców HYADES. Od lewej: dr Michał Drahus (główny badacz, OAUJ), dr Piotr Guzik (zastępca głównego badacza i główny astronom, OAUJ), dr. hab. Tomasz Kawalec (zastępca głównego badacza i główny fizyk, IFMS UJ), mgr Mikołaj Sabat (zastępca głównego badacza i kierownik ds. nauki, OAUJ), prof. inż. Piotr Orleański (współpracownik, główny inżynier ds. kosmicznych, OAUJ, CBK PAN).

2022, ID 101089312 HYADES) w wysokości 3 mln euro i początkowo zakładał przeprowadzenie misji w oparciu o platformę satelitarną typu CubeSat. (Więcej informacji na stronie: hyades.oa.uj.edu.pl).

Misje Analogowe

W roku 2025 dr Agata Kołodziejczyk zorganizowała w Rzepienniku dalszych 12 misji analogowych. Wymieniamy je tutaj w porządku chronologicznym kontynuując numerację biorącą początek w 2016 roku.

94 Chronos [2025-04-05 – 2024-04-13] Gabriela Froń (Polska), Natalia Przychodzień (Polska), Dobrawa Rumszewicz (Polska), Kacper Wojtowicz (Polska), Aleksander Kopyto (Polska), Eleonora Zanon (Polska)

95 Apogee [2025-04-19 – 2-25-04-27] Eytan Martiano (Francja), Pirot Mailys (Francja), Dirisha Elly (Francja), Jade Ambelidieff (Francja)

96 EMMPOL21 [2025-05-03 – 2025-05-11] Sabine Heinz (Niemcy), Celia Avila-Rauch (Hiszpania), Pauline Roblin (Francja), Neeharika Baireddy (USA)

97 EMMPOL22 [2025-05-10 – 2025-05-18] Stanisław Maj (Polska), Anna Olchowy (Polska), Pauline Roblin (Francja), Marianna Dudzińska (Polska)

98 LunaStruct [2025-05-24 – 2026-05-31] Kamalesh Mohanty (Indie), Marceli Matłosz (Polska), Alicja Gowarzewska (Polska), Wiktoria Płoneczka (Polska), Błażej Błatoń (Polska)

99 AGH Skylink [2025-06-04] – misja techniczna, Agata Kołodziejczyk, Aleksander Kopyto, Magdalena Stręt, Wojciech Ochman, Alicja Borek

100 MXene in LEO [2025-06-07 – 2025-06-14], misja lustrzana do misji IGNIS, Pravalika Madavalli (Indie), Valadar Harelikau (Białoruś), Elżbieta Radkowiec (Polska), Oliwia Bugajska (Polska), Yevhenii Raievskyi (Ukraina)

101 Aether [2025-07-05 – 2025-07-13] Wiktor Florczak (Polska), Philip Lundhagen (Szwecja-/USA), Ashwin Subraniam (Australia/Indie), Sushma Ashwin (Australia/Indie), Anay Ashwin (Australia/Indie), Hirishikesh Dutta (Indie, Niemcy)

102 Kratos [2025-08-02 – 2025-08-10] Wojciech Kajfosz (Polska), Dominika Bajołek (Polska), Natalia Skowron (Polska), Justyna Kościelniak (Polska), Sara Zafirovska (Macedonia), Maria Moukarzel (Francja)

103 Astraea [2025-08-16 – 2025-08-24] Gulin Dede (Turcja), Priyanka Pabbishetty (Holandia/Indie), Jakub Hinca (Polska), Marjo Borjas (Honduras)

104 Polaris [2025-11-21 – 2025-11-28] Ananda Padmanabhan Dileep (Indie), Anna Szklarska (Polska), Magdalena Kocurek (Polska)

105 EMMPOL25 [2025-11-29 – 2025-12-06] Rudolfs Jaunzars (Łotwa), Natalia Kowalczyk (Polska), Lana Rawlings (Wielka Brytania/Chorwacja), Theu Lereuil (Francja)

W Centrum Astronautów ESA

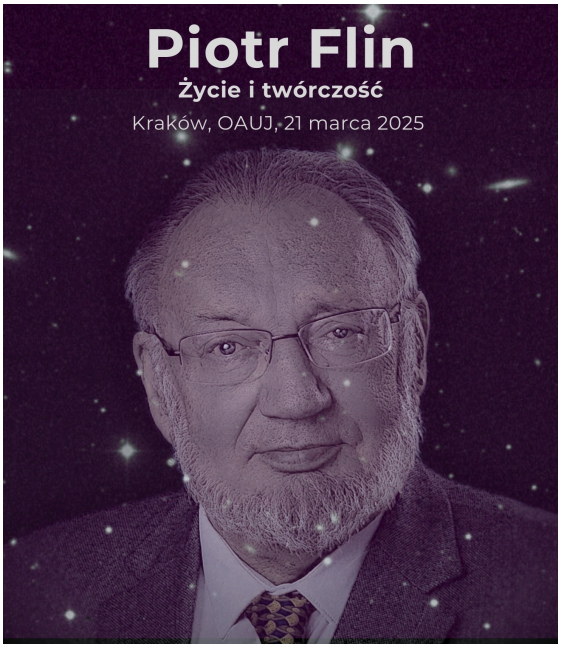
W dniach 18-20 marca Agata Kołodziejczyk wraz ze swoim zespołem odbyła wizytę roboczą w Centrum Astronautów ESA w Kolonii (Niemcy). Celem wyjazdu było spotkanie i wygłoszenie referatu o opaskach z kombuczy w ramach realizowanego projektu na Międzynarodową Stację Kosmiczną ISS – BIOSIGN, którego dyrektorem jest prof. dr hab. Jean Pierre de Vera. Agata Kołodziejczyk w tym projekcie jest odpowiedzialna za analizę próbek kombuczy po powrocie z ISS. Zespół zapoznał się z funkcjonowaniem lokalnego Centrum Kontroli Misji na ISS. Przy okazji zwiedzania budynku udało się spotkać przygotowującego się do lotu dr. Sławosza Uznańskiego.



Agata Kołodziejczyk i Sławosz Uznański.

Piotr Flin – sesja urodzinowa

21 marca w Obserwatorium Astronomicznym UJ odbyła się wspomnieniowa sesja naukowa dedykowana Piotrowi Flinowi w 80-rocznicę jego urodzin. Kilkugodzinną imprezę zaszczycili swoją obecnością współpracownicy, koledzy i przyjaciele Piotra Flina, w tym aktualni pracownicy Uniwersytetu Jagiellońskiego i Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Obszerną relację z tego wydarzenia publikujemy na łamach niniejszego tomu, str. 127 – 154.



Plakat obwieszczający sesję (*autorstwo: Elżbieta Kuligowska*).

Testy silnika rakietowego „Zawisza 4000”

Studenci Koła Naukowego AGH Space Systems przeprowadzili na hamowni w Obserwatorium Królowej Jadwigi kilka kolejnych testów swojego silnika rakietowego na paliwo ciekłe. Testy przeprowadzono w marcu, w maju i w czerwcu. Czerwcowy test kwalifikował ostatecznie silnik Zawisza 4000 do zastosowania w studenckiej rakiecie „Turbulencja”, którą pomyślnie wyniósł na wysokość kilku kilometrów w lipcu.



Podczas testów silnika Zawisza 4000 w dniu 22 marca. Od lewej: Jakub Wójtowicz, Aleks Tomaszewski, Wiktoria Kujawa, Lena Starowicz, Piotr Słonka (stoi), Adam Kulczycki, Gabriela Mańczyk, Bogdan Wszołek, Artur Brdej, Mikołaj Cichoń, Wiktor Opszalski (siedzi), Jakub Taborowski (stoi), Vladyk Iliasov, Antoni Łasica, Illia Panasiuk, Mikołaj Ostrowski.



Podczas testów silnika Zawisza 4000 w dniu 10 maja. Od lewej: dr inż. Mariusz Gibiec, Antoni Łasica, Maciej Lubiński (KSAF), Aleksy Tylkowski, Wiktoria Kujawa, Michał Gałan, Mikołaj Cichoń, Jakub Bubak, Piotr Słonka, Emilia Andres, Artur Banko, Jakub Nienadowski, Mikołaj Ostrowski, Katarzyna Wcisło, Mateusz Wisiorek, Adam Kulczycki, Michał Samek, Artur Brdej, Mikołaj Sala, Laura Morawska, Lena Starowicz.



Podczas testu silnika Zawisza 4000 w dniu 7 czerwca. Od lewej: Kacper Nowakowski, Antoni Łasica, Mikołaj Sala, Gabriela Mańczyk, Mikołaj Cichoń, Artur Banko, Jakub Nienadowski, Michał Samek, Maciej Prokop, Jakub Taborowski, Mikołaj Ostrowski, Artur Brdej, Jan Piziak.

Konferencja z okazji setnej rocznicy odkrycia pierwszej polskiej komety

W dniach 3-6 kwietnia Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie zorganizowało konferencję naukową dla uhonorowania Lucjana Orkisza, pierwszego polskiego odkrywcy komety. Raport z tego wydarzenia publikujemy na stronach 155 – 186 niniejszego tomu.

Dzień gagarinowski w OAKJ

12 kwietnia zorganizowano w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim Dzień Gagarinowski. Dr Darukesha Baraduru Hirematada z Indii wygłosił referat dotyczący indyjskiego programu kosmicznego, a Dymitr Bajew o radzieckim przedsiębiorstwie przemysłu rakietowo-kosmicznego „Jużmasz" w Dniepropietrowsku (Dnieprze). Studenci Koła Naukowego AGH Space Systems wystąpili z referatami przybliżającymi szczegóły dotyczące ich silnika rakietowego Zawisza 4000. Uczestnicy misji analogowej „Chronos" w swoich wystąpieniach omówili eksperymenty realizowane podczas misji. Na koniec gromadnie przemierzono miejscowy szlak gagarinowski „108 minut".




Darukesha Baraduru Hirematada (z lewej) i Dymitr Bajew podczas wykładów.





Studenci Koła Naukowego AGH Space Systems podczas głoszenia swoich referatów. Od lewej: Jakub Taborowski, Mikołaj Ostrowski i Mikołaj Cichoń.



Analogowi astronauci referujący swoje relacje z odbytej w Rzepienniku misji Chronos. Od lewej: Aleksander Kopyto, Dobrawa Rumszewicz, Natalia Przychodzień, Gabriela Froń, Kacper Wojtowicz i Eleonora Zanon.



Na czele maszerujących idzie Ola, która w przyszłości chce lecieć w kosmos.

Kobieca misja analogowa z serii EMMPOL

Po odbyciu misji analogowej w Rzepienniku (3-11 maja) międzynarodowa damska drużyna przybyła do Obserwatorium Królowej Jadwigi, gdzie zorganizowano sesję referatową dla sprawozdania osiągnięć misji. Po wykładach odbyła się uroczysta dekoracja „kosmitek” oraz symboliczny poczęstunek. Okazało się, że zmarły nie dawno (2021) mąż pani Sabine Heinz – prof. Dieter Bernhard Herrmann, to znany niemiecki historyk astronomii i autor wielu popularnonaukowych książek. W latach 1987-2004 był dyrektorem Głównego Planetarium Zeiss w Berlinie. Pani Sabine Heinz jest artystką i aktywistką w zarządzie „Space Renaissance International” (SRI). Dała się zaprosić również w szeregi AN.



Od lewej: Sabine Heinz (Niemcy), Pauline Roblin (Francja), Neeharika Baireddy (USA), Celia Avila-Rauch (Hiszpania).

Konferencja naukowa MTS-5

W dniach 29-30 maja odbyła się w Tarnowie piąta edycja konferencji „Meet the Space". Konferencję zorganizowały Akademia Tarnowska oraz Stowarzyszenie Astronomia Nova. Celem konferencji była integracja i rozwój współpracy naukowo-biznesowej na arenie międzynarodowej w świetle kreowania usytuowania Polski w rozwoju technologii i badań kosmicznych. Konferencja była kierowana w szczególności do młodych. Więcej o konferencji w materiałach pokonferencyjnych na str. 188 niniejszego tomu.

Walne Zebranie AN

31 maja odbyło się Rzepienniku Biskupim Walne Zebranie AN. Podczas zebrania przyznano prof. dr hab. inż. Tadeuszowi Uhlowi z AGH tytuł Honorowego Członka AN, w uznaniu jego zasług dla rozwoju technologii kosmicznych. Sylwetkę Profesora przybliżyła zebranym dr Agata Kołodziejczyk. Profesor Uhl założył na AGH w Krakowie Wydział Technologii Kosmicznych i jest jego pierwszym dziekanem.

Zebranie było poprzedzone sesją naukową, podczas której zostały wygłoszone referaty: prof. Agnieszka Pollo (Narodowe Centrum Badań Jądrowych) „Visible and Invisible and Almost Invisible", dr Agata Kołodziejczyk (AGH) „Faculty of Space Technologies AGH" oraz prof. Piotr Strzelczyk (Politechnika Rzeszowska) „Badania infradźwiękowe wejść atmosferycznych obiektów kosmicznych".



Profesor Tadeusz Uhl – Członkiem Honorowym AN.



Wykładowcy podczas sesji naukowej, poprzedzającej Walne Zebranie AN.
Od lewej: Agnieszka Pollo, Piotr Strzelczyk i Agata Kołodziejczyk.

Po zakończeniu zebrania większość uczestników przemieściła się na „Orlą Grań” w Rzepienniku Suchym dla dokonania oględzin terenu pod kątem możliwości jego zagospodarowania pod bazę obserwacyjną.



Uczestnicy Walnego Zebrania. Od lewej: Agnieszka Kuźmicz, Magdalena Wszołek, Jerzy Walczyk, Dorota Walczyk, Rafał Kurczab, Agnieszka Pollo, Piotr Strzelczyk, Robert Wielgat, Michał Kisilewicz, Zbigniew Koczwara, Tomasz Kisiel, Klaudia Beściak, Marek Jamrozy, Sylwia Kraj, Mariusz Gibiec i Agata Kołodziejczyk.



Uczestnicy zebrania na Orlej Grani.

Dziesiąta rocznica otwarcia OAKJ

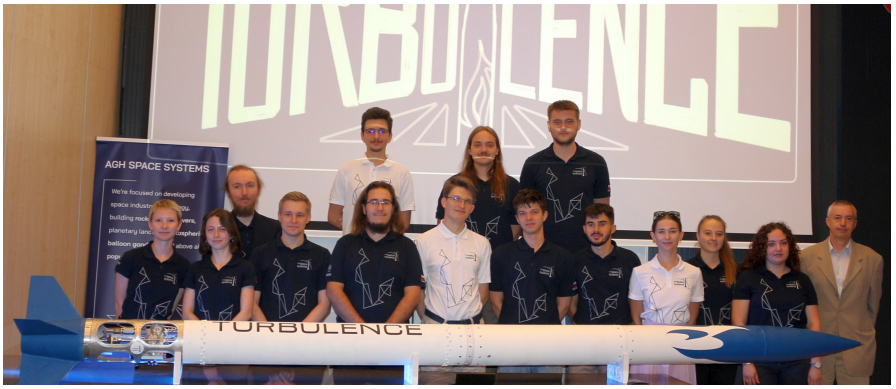
8 czerwca minęło 10 lat od oficjalnego otwarcia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim. Okres ten obfitował w przedsięwzięcia budowlane, konferencje naukowe, warsztaty rakietowe i astronomiczne, działania dydaktyczne. W artykule na stronie 93 niniejszego tomu zawarto ważniejsze informacje, podsumowujące pierwszą dekadę działalności obserwatorium.

Konferencja „Turbulencja”

13 czerwca odbyła się w AGH w Krakowie konferencja „Turbulence”. Zorganizowali ją studenci zrzeszeni w kole AGH Space Systems dla podsumowania swoich kilkuletnich zmagań z pierwszym w Polsce studenckim silnikiem rakietowym na paliwo ciekłe „Zawisza 4000” oraz z rakietą „Turbulencja”, którą ten silnik miał napędzać. Konferencję prowadziła studentka – Lidia Stachurska. Otwierali konferencję swoimi przemówieniami: prof. dr hab. inż. Krzysztof Mendrok – Prorektor AGH ds Kształcenia, prof. Tadeusz Uhl – Dziekan Wydziału Technologii Kosmicznych, dr Mariusz Gibiec – opiekun AGH Space Systems. Różne szczegóły techniczne związane z Turbulencją referowali studenci. AN reprezentowali na konferencji prof. Tadeusz Uhl, dr Mariusz Gibiec i dr Bogdan Wszołek.



Od lewej: Lidia Stachurska, Krzysztof Mendrok, Tadeusz Uhl, Mariusz Gibiec.



Przedstawiciele autorów projektu „Turbulencja”. Od lewej: Lena Starowicz, Emilia Andres, Hubert Kowalczyk, Piotr Słonka, Mikołaj Ostrowski, Jakub Taborowski, Antoni Łasica, Mikołaj Cichoń, Artur Brdej, Artur Banko, Aleks Tomaszewski, Laura Morawska, Julia Rogóż, Jowita Maciejny, Mariusz Gibiec.



Dr Mariusz Gibiec zatwierdza Turbulencję do odbycia lotu.

Misja analogowa do misji IGNIS

W dniach 7-14 czerwca przeprowadzono misję lustrzaną względem misji IGNIS. Była to jednocześnie setna analogowa misja kosmiczna zrealizowana w Rzepienniku. W ramach tej misji wykonano testy eksperymentu

MXene in LEO.

Celem misji lustrzanej było możliwie wierne odwzorowanie warunków realizacji eksperymentu na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, poprzez zastosowanie identycznych procedur operacyjnych, a także tego samego sprzętu (hardware i software), z którego korzystali astronauci podczas misji IGNIS. Jedyną istotną różnicą była liczba uczestników eksperymentu. Na pokładzie ISS badania prowadzono z udziałem dwóch astronautów: Polaka Sławosza Uznańskiego-Wiśniewskiego oraz Hindusa Shubhansu Shukli, natomiast w analogowej misji MXene in LEO testy przeprowadzono z udziałem pięciu analogowych astronautów.

W trakcie eksperymentu badani nosili opaskę wykonaną z celulozy bakteryjnej, zintegrowaną z nanomateriałem typu MXene, a dokładniej z węglikiem tytanu Ti_3C_2. Rejestrowany sygnał pochodził z mikroruchów ścian tętnic wywołanych przepływem krwi i umożliwiał odwzorowanie pulsu oraz wybranych składowych aktywności elektrycznej serca (EKG). Wyniki te potwierdzają potencjał MXenów jako nowej generacji elastycznych biosensorów do monitorowania funkcji życiowych w warunkach mikrograwitacji i podczas misji analogowych.



Załoga setnej jubileuszowej misji MXene in LEO (od lewej: Pravalika Madavalli (Indie), Valadar Harelikau (Białoruś), Oliwia Bugajska (Polska), Yevhenii Raievskyi (Ukraina) i Elżbieta Radkowiec (Polska). Unikalne wydarzenie w historii.

Eksperyment MXene in LEO został opracowany przez zespół Wydziału Technologii Kosmicznych AGH w Krakowie we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA). Jego celem było zbadanie zachowania nowoczesnych nanomateriałów w warunkach mikrograwitacji i podwyższonego promieniowania kosmicznego oraz sprawdzenie ich potencjalnych zastosowań w przyszłych misjach załogowych. Eksperyment został zaprojektowany w dwóch uzupełniających się częściach. Pierwsza obejmowała zestaw sześciu czujników piezoelektrycznych opartych na meksenach, umieszczonych w specjalnej metalowej obudowie wyposażonej w radiatory. W środowisku mikrograwitacji odprowadzanie ciepła stanowi poważne wyzwanie, dlatego odpowiednia konstrukcja mechaniczna była kluczowa dla bezpieczeństwa i niezawodności układu. Czujniki zostały zainstalowane w module Columbus na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej i podłączone do komputera AstroPi, który umożliwiał bieżący odczyt i przesył danych na Ziemię (więcej o eksperymencie MXene in LEO w niniejszym tomie na stronie 265).

Piąty młodzieżowy obóz kosmiczny „Junior Space Camp” w Rzepienniku

Na przełomie czerwca i lipca pod Rzepiennickim niebem zorganizowano po raz piąty warsztaty kosmiczne dla młodzieży w wieku 12-18 lat. Zajęcia specjalistyczne prowadzili uczeni z Krakowa i Rzeszowa, dzieląc się z młodzieżą unikalną wiedzą z elektroniki, komunikacji radiowej, obserwacji Ziemi, astrobiologii, astronomii, meteorytyki, a nawet psychologii (m. in. dr Michał Lupa, dr Marcin Kaczmarzyk, Stanisław Sękara, Julia Baścik, Aleksander Kopyto). W czasie warsztatów grupa uczniów i edukatorów wzięła udział w konkursie organizowanym przez Polską Agencję Kosmiczną w ramach akcji „Dogoń Astronautę”, polegającej na wspólnym przejściu dystansu 400 km (odległość Międzynarodowej Stacji Kosmicznej od Ziemi), w określonym odcinku czasu. Trasa prowadziła przez malownicze wzgórza Brzanki. Pokonano w sumie 550.5 km. Dogoniono, a nawet prześcignięto, Sławosza!

Spacer na uczczenie lotu Sławosza to była rozgrzewka przed zwieńczającym obóz maratonem nocnym pod rozgwieżdżonym niebem i trzykrotnym widocznym przelotem stacji ISS, ze Sławoszem Uznańskim-Wiśniewskim na pokładzie. Były to niezapomniane chwile dla wytrwałych śmiałków.



Grupa obozowa podczas omawiania akcji „Dogoń Astronautę”.

Łączymy się z Polakiem w kosmosie

8 lipca Centrum Nauki Kopernik w Warszawie zorganizowało masową imprezę pod hasłem „Łączymy się z polskim astronautą”, podczas której zrealizowano główne połączenie ze Sławoszem Uznańskim-Wiśniewskim, odbywającym misję na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. W czasie nawiązanego kontaktu nasz astronauta prezentował wybrane przez uczniów polskich szkół eksperymenty naukowe i odpowiadał na żywo na pytania zadawane przez młodzież. Po zakończeniu połączenia ze stacją kosmiczną, na zakończenie uroczystości, wykład plenarny wygłosiła dr Agata Kołodziejczyk, motywując do trenowania „jak Sławosz” i wyboru ścieżki kariery astronauty w przyszłości.



Promotorki edukacji kosmicznej po transmisji z polskim astronautą w czasie trwającej misji IGNIS. Od lewej Justyna Średzińska (ESERO Polska), Bogna Pazderska (Hevelianum), Anna Bukiewicz-Szul (POLSA), Agata Kołodziejczyk (AGH).

Warsztaty stratosferyczne

W dniach 16-24 sierpnia odbyły się w Rzepienniku pierwsze warsztaty stratosferyczne dla młodzieży. Prowadzili je dr Agata Kołodziejczyk, dr Mateusz Danioł, Valadara Harelikau i Aleksander Kopyto. Celem warsztatów było utworzenie sześciu kapsuł z czujnikami ciśnienia, wilgoci, temperatury i natężenia promieniowania UV; z oprogramowaniem opartym na Arduino. Uczniowie nauczyli się projektować kapsuły do stratosfery poprzez zlutowanie płytki w oparciu o schemat elektroniczny, a następnie przetestowanie, czy wszystkie złącza są prawidłowo zlutowane i nie ma zwarć. Najtrudniejszą częścią warsztatów było zaprogramowanie zbudowanej elektroniki. O ile samo lutowanie trwało cały 1 dzień, to programowanie i testy trwały już 3 długie dni. Nagrodą za wytrwałość była wycieczka na testy na Połoninę Caryńską w Bieszczadach na zachód Słońca, gdzie młodzież testowała swoją elektronikę pod względem wibracji oraz zebrania pierwszych danych środowiskowych. Ostatnią częścią warsztatów było zaprojektowanie i wykonanie kapsuł ochronnych dla elektroniki w postaci różnych kształtów płyt z kompozytów żywic epoksydowych z włóknem węglowym. Warsztaty przebiegły z sukcesem i zakończyły się porównaniem dziennego i nocnego lotu stratosferycznego.



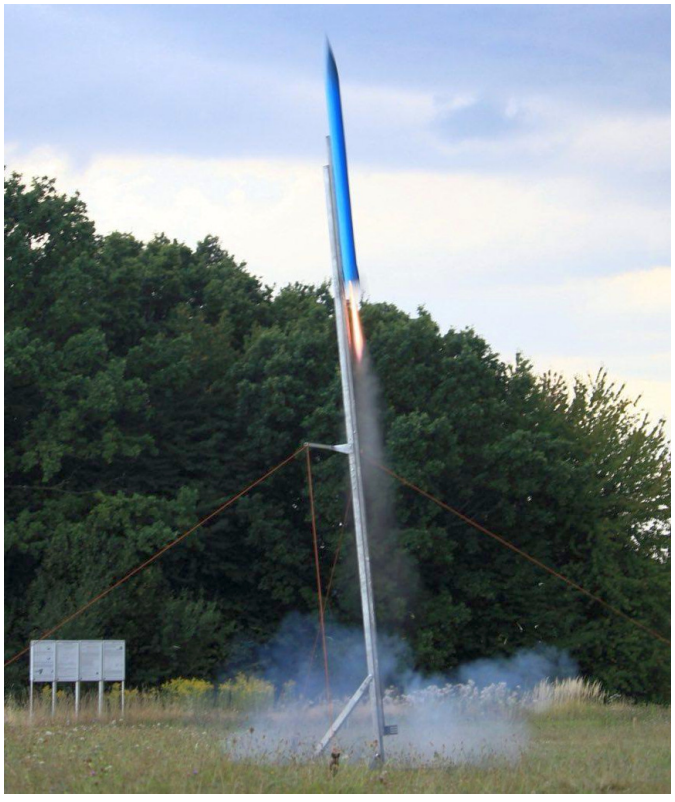
Uczestnicy warsztatów stratosferycznych słuchających wykładu dr Mateusza Danioła (w centrum) na temat podstawowych zasad lutowania.



Balon stratosferyczny – przygotowanie do lotu i wejście w chmury.

Dwunaste warsztaty rakietowe w Rzepienniku (26-30 sierpnia)

W kolejnej edycji warsztatów modele rakiet osiągnęły już długość prawie dwóch metrów, o około 20 cm większą niż w roku poprzednim. Odzwierciedla to zarówno rosnące ambicje uczestników, jak i stopniowy rozwój programu szkoleniowego. Tradycyjnie, rolę instruktorów pełnili Kacper Zieliński, reprezentujący firmę Space Forest oraz Polskie Towarzystwo Rakietowe, oraz Andrzej Chwastek z Polskiego Towarzystwa Rakietowego. Funkcję organizatora wydarzenia sprawowała Agata Kołodziejczyk.



Testowanie wykonanych modeli rakiet. (*fot. A. Chwastek*)

Wsparcie merytoryczne i organizacyjne podczas warsztatów zapewniła również sierżant Kamila Niedźwiedź z Wojskowej Akademii Technicznej. Tegoroczna edycja miała charakter nietypowy, ponieważ wśród uczestników dominowali specjaliści posiadający już wcześniejsze doświadczenie techniczne. W konsekwencji zarówno poziom wykonania modeli, jak i tempo realizacji poszczególnych etapów prac były wyraźnie wyższe niż w latach ubiegłych.

Loty testowe przeprowadzono z wykorzystaniem wyrzutni zainstalowanej na terenie habitatu analogowego w Rzepienniku Suchym, co dodatkowo wzmocniło realizm warunków operacyjnych. Głównym celem warsztatów było kształtowanie autonomii oraz zdolności samodzielnego projektowania i wytwarzania rakiet, kompetencji kluczowych w kontekście potencjalnych przyszłych zastosowań w warunkach ograniczonego dostępu do zaplecza technicznego.

Badania środowisk ekstremalnych pod egipskim niebem

Dahab to region położony na Półwyspie Synaj, nad Morzem Czerwonym – najcieplejszym morzem świata. Obszar ten charakteryzuje się wyjątkowo stabilnymi warunkami atmosferycznymi: zachmurzenie występuje tam niezwykle rzadko, a przejrzyste niebo sprzyja zarówno obserwacjom astronomicznym, jak i badaniom terenowym.

Od dwóch lat Analog Astronaut Training Center (AATC) organizuje w Dahabie regularne wyjazdy naukowe połączone z zaawansowanymi treningami nurkowymi, skierowane do osób przygotowujących się do przyszłych lotów kosmicznych. Dostęp do dużych głębokości, profesjonalnej infrastruktury badawczej oraz unikatowego ekosystemu rafy koralowej sprawia, że region ten stanowi naturalne laboratorium do badań nad funkcjonowaniem człowieka w warunkach ekstremalnych. Bogactwo fauny morskiej – w tym kolorowych ryb, kalmarów i ośmiornic – dodatkowo podkreśla wyjątkowość tego środowiska.

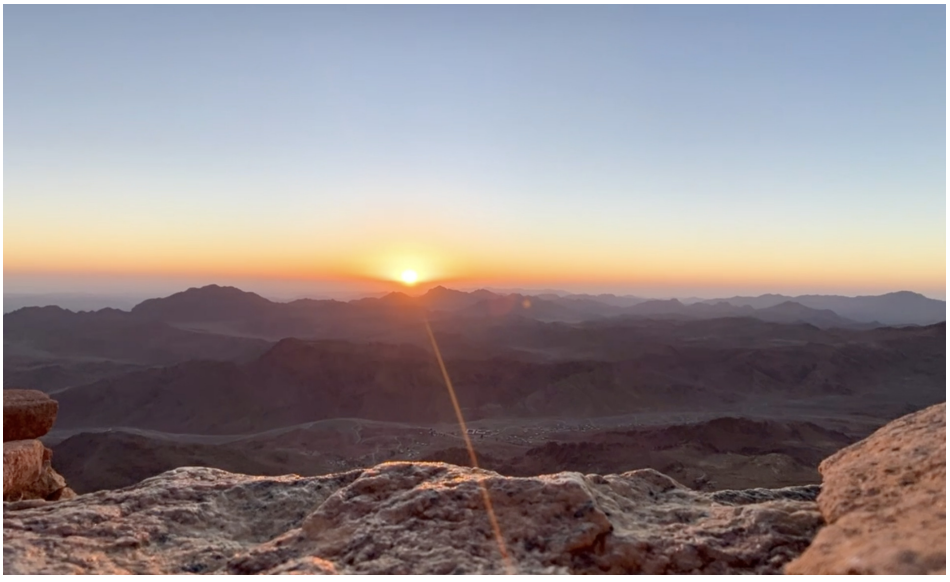
Dahab i jego okolice są obszarem prowadzenia intensywnych badań mikrobiologicznych. Występują tam liczne mikroorganizmy ekstremofilne, zasiedlające zarówno skalistą pustynię i barwne kaniony, jak i morskie kominy hydrotermalne. W okolicach góry Synaj, przeprowadzono specjalny pobór próbek mikrobiologicznych, które następnie trafiły do analiz laboratoryjnych w Krakowie. Znaczenie tych badań wykracza poza lokalny kontekst. Organizmy ekstremofilne występujące w tym regionie mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie w bioreaktorach oraz sys-

temach podtrzymywania życia, szczególnie w warunkach izolacji i ograniczonego dostępu do wody oraz zasobów naturalnych – na przykład podczas długotrwałych misji kosmicznych.

Przy okazji kolekcjonowania próbek gleby i osadów dennych, udało się również przeprowadzić obserwacje całkowitego zaćmienia Księżyca oraz udokumentować wschód Słońca widoczny z góry Synaj.



Sekwencja fotografii Księżyca podczas zaćmienia.
(*fot. M. Borias, D. Sito, A. Kołodziejczyk*)



Wschód Słońca widoczny z góry Synaj (10 września, 2025).
(*fot. A. Kołodziejczyk*)

85-te urodziny prof. Jerzego M. Kreinera

Z okazji urodzin Astronoma, w siedzibie Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii w Krakowie, odbyło się 27 września uroczyste seminarium z wykładem Jubilata „Jak zostałem astronomem". Gospodarz miejsca, Janusz Jagła – prezes Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, zatroszczył się o godne przyjęcie gości – uczestników seminarium. Byli pośród nich dyrektorzy Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie, Marian Soida i Marek Jamrozy. Również inni, aktualni i byli, pracownicy tego Obserwatorium: Jerzy Machalski z małżonką, Henryk Brancewicz, Adam Michalec, Michał Ostrowski, Bogdan Wszołek, Agnieszka Kuźmicz, Dorota Kozynacka. Obecna była żona Jubilata. Z Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego w Niepołomicach przybyła Monika Maślaniec wraz z mężem. Grupie krakowskich miłośników astronomii przewodzili Janusz Jagła i Aleksandra Gödel-Lannoy.

Po barwnym wykładzie prof. Kreinera i po żywej dyskusji wręczono Jubilatowi symboliczne upominki, posmakowano urodzinowego tortu i szampana oraz odśpiewano „Sto lat". Przedłużenie spotkania miało miejsce w pobliskiej restauracji, gdzie Janusz Jagła podjął uczestników seminarium wykwintnym obiadem.

Organizatorzy sesji, Astronomia Nova i Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii, są niezmiernie wdzięczni prof. Jerzemu Kreinerowi za to, że zgodził się na aktywny udział w tej uroczystej sesji oraz wszystkim uczestnikom za przybycie i włączenie się we wspólne świętowanie.



Prof. Jerzy M. Kreiner w trakcie wykładu „Jak zostałem astronomem".

Profesor Jerzy Machalski – urodzinowa sesja naukowa

24 października w Obserwatorium Astronomicznym UJ odbyła się uroczysta sesja naukowa w 90-tą rocznicę urodzin prof. Jerzego Machalskiego. Dyrektor Obserwatorium, prof. Marian Soida, przywitał zgromadzonych. Oprócz pracowników Obserwatorium na seminarium przybyli goście z zewnątrz, w tym prof. Leszek Motyka, prodziekan ds. badań naukowych i rozwoju na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ. W części stricte naukowej wykłady (zdalne) wygłosili dwaj bliscy zagraniczni współpracownicy prof. Jerzego Machalskiego: prof. James J. Condon (USA) oraz prof. Dhruba J. Saikia (Indie). Spiritus movens wydarzenia był prof. Marek Jamrozy – jeden z uczniów prof. Machalskiego. Relację z wydarzenia wraz z przybliżeniem sylwetki Jubilata zamieszczono w niniejszym tomie na stronach 39 – 58.



Profesor Jerzy Machalski wraz z Małżonką (podczas przemówienia na sesji urodzinowej).





Marek Jamrozy – główny organizator uroczystości oraz Marian Soida – dyrektor Obserwatorium, podczas swoich przemówień okolicznościowych.



Prof. James J. Condon oraz prof. Dhruba J. Saikia podczas zdalnych wykładów.

Polski kosmonauta w Krakowie

Dnia 4 listopada przebywał w Krakowie Sławosz Uznański-Wiśniewski, astronauta projektowy Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Odwiedził uczelnię AGH oraz uczestniczył w masowej imprezie, zorganizowanej przez UJ w Auditorium Maximum. Astronauta brał udział w trzech następujących po sobie dyskusjach. Najpierw odpowiadał na pytania ogólne zadawane przez dr. Łukasza Łamżę. Następnie brał udział w panelu dyskusyjnym w gronie pięciu osób (prowadzący: Maciej Myśliwiec). Na koniec odpowiadał na losowo wybrane pytania publiczności.



Sławosz Uznański-Wiśniewski i Łukasz Łamża.

Wydarzenie ubogacały trzy stoiska pokazowo-informacyjne, rozłożone wzdłuż kierunku do Aula Magna. Mikołaj Sabat obsługiwał stoisko informujące o największym projekcie kosmicznym realizowanym w UJ – HYADES (Hydrogen and Deuterium Survey). Elżbieta Kuligowska i Tomasz Kundera na swoim stoisku reklamowali prowadzone w UJ akcje dla popularyzacji astronomii. Agata Kołodziejczyk, wraz z Krzysztofem Grabowskim i Sławomirem Rudawskim, objaśniała zainteresowanym innowacyjne rozwiązanie jej współautorstwa, testowane przez polskiego astronautę na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, nowej generacji elastycznego biosensora do monitorowania funkcji życiowych z wykorzystaniem nanomateriałów (węglik tytanu) zintegrowanych z opaską wykonaną z celulozy bakteryjnej (kombuczy).

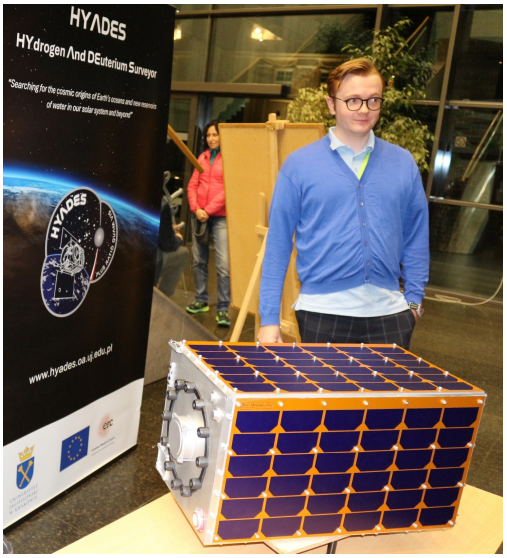
Program imprezy nie przewidywał rozdawania autografów przez astronautę. Byłoby zbyt dużo chętnych. Autorowi udało się jednak, pokonując bramki ochrony, w ostatnim momencie wskoczyć do windy z astronautą i tam uzyskać autograf.



Dr Michał Drahus (pierwszy z prawej) referuje ideę swojego projektu HYADES.



Elżbieta Kuligowska i Tomasz Kundera na stoisku reklamującym popularyzację astronomii.



Mikołaj Sabat na stoisku objaśniającym czym jest HYADES.



Agata Kołodziejczyk objaśnia właściwości celulozy bakteryjnej z kombuczy.



Autograf polskiego astronauty złożony na fotografii wykonanej w czerwcu 2024 roku. Na zdjęciu Sławosz Uznański i Bogdan Wszołek.

Działania dydaktyczne w OAKJ – zasilanie budżetu AN

Obserwatorium Królowej Jadwigi oddziałuje dydaktycznie na ogół w trybie samoobsługowym. Odwiedzający mają do wglądu plansze dydaktyczne, z których mogą korzystać do woli i bezpłatnie. Zdarza się jednak od czasu do czasu, że na specjalną prośbę klientów obserwatorium świadczy usługi dydaktyczne w bezpośrednim oddziaływaniu gospodarzy na grupę odwiedzających. W zależności od zamówienia, może to być zwiedzanie obserwatorium, ubogacone odpowiednią pogadanką i ewentualnymi obserwacjami, może to być poważniejszy wykład albo wielogodzinne warsztaty. W takich przypadkach pobiera się niewielkie honoraria, które trafiają do kasy AN. W roku 2025 obsłużono w tym trybie grupy licealne z Lublina i Kielc oraz grupę słuchaczy bieckiego Uniwersytetu Złotego

Wieku. Zrealizowano też warsztaty rakietowe i astronomiczne dla dzieci z lokalnych szkół podstawowych.



Lubelska młodzież odpoczywa na „Orlej Grani” przed dalszą wędrówką szlakiem 108 minut (9 maja).



Grupa dzieci uczestniczących w warsztatach rakietowych i astronomicznych. (30 września).



Słuchacze Uniwersytetu Złotego Wieku z Biecza (29 września).

Część druga



Obłoki srebrzyste. (*fot. H. Dróżdż*)

Jubileusz dziewięćdziesiątych urodzin Profesora Jerzego Machalskiego

31 lipca 2025 roku prof. dr hab. Jerzy Machalski obchodził dziewięćdziesiąte urodziny. Dla uczczenia tego wyjątkowego jubileuszu, 24 października zorganizowano w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ) uroczyste spotkanie. O godzinie 11:30 dr hab. Marian Soida – dyrektor OAUJ przywitał dostojnego Jubilata oraz licznie zebranych na sali i przed ekranami komputerów gości. Życzenia Jubilatowi złożył również Dziekan Wydziału Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ prof. dr hab. Leszek Motyka. Następnie głos zabrał sam Jubilat i jego Małżonka. W czasie poczęstunku dr hab. Marek Jamrozy przypomniał kilka najważniejszych wydarzeń z naukowego życiorysu Jubilata. Następnie odbyło się seminarium prowadzone przez dr. Marka Weżgowca. W ramach tej części spotkania dwa zdalne wykłady wygłosili zagraniczni współpracownicy prof. Machalskiego: o godz. 12:00 prof. D. J. Saikia z Indii zaprezentował wykład zatytułowany *Giant radio galaxies and their episodic activity*, z kolei o godz. 13:00 prof. J.J. Condon (USA) wygłosił wykład pt. *Extragalactic Radio Astronomy: Jerzy Machalski and the Age of Discovery.*

Sylwetki prelegentów:

Profesor James J. Condon jest radioastronomem związanym z Narodowym Obserwatorium Radioastronomicznym (NRAO) w Charlottesville w USA. Jego odkrycia są niezwykle znaczące, a setki publikacji cytowano tysiące razy. Praca zatytułowana „The NRAO VLA Sky Survey" z 1998 roku (Condon, J. J., Cotton, W. D., Greisen, E. W., i in., 1998, AJ, 115, 1693) doczekała się ponad 5 tys. cytowań i jest przełomem w konstruowaniu nowoczesnych radiowych przeglądów nieba. Równie znaną jest publikacja poświęcona emisji radiowej pochodzącej ze zwykłych galaktyk (Condon, J. J., 1992, ARA&A, 30, 575). Prof. J. J. Condon zajmował się również ewolucją kosmologiczną radioźródeł. Na uwagę zasługuje także podręcznik jego współautorstwa „Essential Radio Astronomy" (J. J. Condon i S. M. Ransom, Princeton, NJ, Princeton University Press, 2016).

Profesor Dhruba J. Saikia jest indyjskim astrofizykiem i radioastronomem. Zajmuje się badaniem radiowym różnego typu galaktyk aktywnych, m.in. gigantycznych (Ishwara-Chandra, C. H., Saikia, D. J., 1999, MNRAS, 309, 100) i zwartych radiogalaktyk (O'Dea, Christopher P., Saikia, D. J., 2021, A&ARv, 29, 3). Na uwagę zasługuje również jego praca o polaryzacji radioźródeł (Saikia, D. J., Salter, C. J., 1988, ARA&A, 26, 93). Przez około 40 lat był związany z National Centre for Radio Astrophysics (NCRA), Tata Institute of Fundamental Research (TIFR). W latach 2007-2009 był dziekanem NCRA-TIFR. Kierował również Centrum Astronomii dla Edukatorów w Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics w Pune. Profesor Saikia był założycielem i rektorem Cotton University w Guwahati wywodzącego się z Cotton College, założonego w 1901 roku.

(Marek Jamrozy)

Sylwetka naukowa Profesora Jerzego Machalskiego

Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego

Profesor Jerzy Stanisław Machalski urodził się 31 lipca 1935 roku w Tarnopolu (obecnie Ukraina) jako pierwsze dziecko Franciszka Józefa i Marii Kazimiery z domu Skulskiej. W roku 1964 zawarł związek małżeński z Elżbietą Honkisz.



Profesor dr hab. Jerzy Machalski (ok. 2005 roku).

Pierwsza wzmianka o działalności naukowej Jerzego Machalskiego pochodzi z Cyrkularza Międzynarodowej Unii Astronomicznej (ang. IAU) nr 1779, w którym docent Kazimierz Kordylewski donosił o obserwacjach okolic punktu libracyjnego L4 układu Ziemia-Księżyc, przeprowadzonych metodą fotoelektryczną, wykonanych na Kasprowym Wierchu 18 września 1961 roku. Pomocnik docenta Kordylewskiego był wówczas studentem, który rok później uzyskał tytuł magistra na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Już w lipcu 1962

roku Jerzy Machalski został zatrudniony w zespole radioastronomicznym Obserwatorium Astronomicznego UJ.

Od początku jego zainteresowania naukowe związane były z radioastronomią, a w szczególności – z radiowymi obserwacjami Słońca, których systematyczne prowadzenie rozpoczęto w Obserwatorium Krakowskim w 1957 roku. W owym czasie prof. Karol Kozieł pozyskał ze Społecznego Funduszu Odbudowy Kraju i Stolicy środki finansowe na budowę nowego radioteleskopu, którego konstrukcji podjął się MOSTOSTAL – Nowa Huta. Radioteleskop o średnicy czaszy 15 metrów został przekazany do użytku w 1965 roku. W 1968 roku ukończono montaż sterowania anteny. Magister Jerzy Machalski zaangażowany był w przygotowanie oprzyrządowania do nowego radioteleskopu. 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. 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. Rok ten był szczególny dla astronomii także z tego względu, że właśnie wtedy obchodzona była 480. rocznica rozpoczęcia studiów na Akademii Krakowskiej przez Mikołaja Kopernika.

Trzy lata później, w 1974 roku, dr Jerzy Machalski otrzymał zaproszenie od dr. Davida Sutphina Heeschena – dyrektora National Radio Astronomical Observatory (NRAO, USA) na trzynastomiesięczny staż naukowy w NRAO, na który przyjechał z własnym programem badawczym. Pod koniec 1975 roku wrócił do kraju przywożąc cenne wyniki z wykonanych przeglądów radiowych dwóch obszarów nieba, oznaczonych przez niego jako Green Bank 2 (GB2) i Green Bank 3 (GB3). Wkrótce rozpoczął opracowanie tych obserwacji pod kątem ich interpretacji, a także równocześnie przygotowywał szereg publikacji z myślą o kolejnym etapie swojej kariery naukowej.

Dr Jerzy Machalski habilitował się w marcu 1980 roku na podstawie wyników badań nad przestrzennym rozmieszczeniem i ewolucją radioźródeł pozagalaktycznych, otrzymanych na podstawie wykonanego przeglądu GB2. Krakowska radioastronomia uzyskała drugiego, po profesorze Józefie Masłowskim, samodzielnego pracownika naukowego.

W 1981 roku dr hab. Jerzy Machalski otrzymał tytuł docenta. Ponownie, kilkakrotnie wyjeżdżał do NRAO na kilkumiesięczne pobyty naukowe: w 1982 roku – na 6 miesięcy, w 1984 roku – 3 miesiące oraz w 1989 roku – na 4 miesiące. Tu we współpracy głównie z doktorem Jamesem J. Condonem (pracownikiem naukowym w NRAO) podjął nową tematykę badań radioźródeł pozagalaktycznych, wybranych z przeglądów GB. Badał szczegóły struktury radiowej tych radioźródeł przy użyciu systemu kilkudziesięciu anten Very Large Array (VLA). Umożliwiło to w kolejności ich precyzyjną lokalizację i identyfikację optyczną oraz było podstawą do utworzenia bazy obserwacyjnej dla badania zarówno ewolucji indywidualnej, jak i kosmologicznej całej populacji radioźródeł.



Doc. Jerzy Machalski podczas prezentacji referatu „On Cosmological Evolution of Quasars" na Symposium IAU No. 124. (Beijing, Chiny, sierpień 1986 r.).

W latach 1984-2002 docent Machalski był przewodniczącym Rady Obserwatorium Astronomicznego UJ. Ponadto, od 1988 roku pełnił funkcję kierownika Zakładu Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej.

W 1992 roku Jerzy Machalski uzyskał tytuł profesora nauk fizycznych z zatrudnieniem na stanowisku profesora nadzwyczajnego. Już wtedy był znanym i wysoko cenionym w świecie specjalistą, współpracującym z wieloma ośrodkami zagranicznymi, m. in.: z NRAO w Green Bank (USA), Obserwatorium Astrofizycznym w Asiago (Włochy – lata 1987, 1988, 1992), Narodowym Obserwatorium Radiowym w Nobeyamie (Japonia – 1987 r.), Obserwatorium Astronomicznym w Turku (Finlandia), Obserwatorium McDonald w Teksasie (USA – 2000 r.), Narodowym Centrum Astrofizyki Radiowej w Pune (Indie – 2008 r.).

Od momentu uzyskania profesury zainteresowania naukowe Jerzego Machalskiego i prowadzone prace koncentrowały się zarówno na komplementarnych badaniach własności optycznych i rentgenowskich aktyw-

nych jąder galaktyk (ang. AGN) 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 danej galaktyki. Pod koniec zeszłego wieku prof. Jerzy Machalski podjął tematykę związaną z tzw. „gigantycznymi" radiogalaktykami, których rozmiary liniowe sięgają kilku Mpc i odkrył, wraz ze swoimi współpracownikami, szereg bardzo rozległych obiektów, w tym największą rozpoznaną radiogalaktykę we Wszechświecie – J1420-0545. Do dziś prowadzi badania tych obiektów, m.in. na niskich częstotliwościach radiowych we współpracy z prof. D. J. Saikią z NCRA-TIFR w Pune (Indie) oraz ostatnio – w oparciu o dane LOFARowe. Ponadto prof. Machalski zaangażował się również w prace związane z modelowaniem ewolucji dynamicznej radiogalaktyk, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów wykazujących wielokrotną aktywność dżetów.

Uzyskane wyniki naukowe opublikował w ponad stu recenzowanych pracach w czasopismach fachowych (szczegółowy spis publikacji znajduje się poniżej). Prace te są bardzo często cytowane.

Profesor Jerzy Machalski kierował kilkoma wielkonakładowymi grantami badawczymi przyznanymi przez Komitet Badań Naukowych, Ministerstwo Nauki oraz Narodowe Centrum Nauki. Jest członkiem szeregu polskich i zagranicznych towarzystw naukowych, m.in.: Komisji Astrofizyki Wydziału III Nauk Ścisłych i Technicznych Polskiej Akademii Umiejętności, Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Międzynarodowej Unii Astronomicznej, Europejskiego Stowarzyszenia Astronomicznego, Międzynarodowej Unii Nauk Radiowych.



Belweder, listopad 1992 r. Nadanie tytułu naukowego profesora nauk fizycznych przez Prezydenta Lecha Wałęsę.

Profesor Machalski wypromował pięcioro doktorów:

- dr. Stanisława Rysia („Asymetrie w strukturach radioźródeł, w poszukiwaniu matematycznego opisu", 1991 r.),
- dr. Pawła Magdziarza („Variable radiation from jets and X/gamma emission from AGNs", 1996 r.),
- dr. hab. Marka Jamrozego („Observational constraints on cosmological evolution of dual-population radio sources", 2002 r.),
- dr hab. Dorotę Kozieł-Wierzbowską („Spektroskopia optyczna gigantycznych radiogalaktyk", 2008 r.),
- dr Elżbietę Kuligowską („Modeling of the dynamical evolution of classical radio sources", 2013 r.).



Prof. Jerzy Machalski przy jezdni stumetrowego radioteleskopu GBT, podczas uroczystości 50-lecia utworzenia NRAO (Green Bank, WV, USA, 2007 r.).

Profesor Jerzy Machalski był recenzentem szeregu krajowych doktoratów, habilitacji i postępowań o nadanie tytułu profesora oraz godności honorowych, m.in.:

- prof. Petera Normana Wilkinsona (Uniwersytet w Manchester, U.K., tytuł doktora honoris causa UMK w Toruniu, 2010 rok),
- prof. dr. hab. Andrzeja Sołtana (CAMK W-wa, wniosek profesorski, 2003 rok),
- prof. dr. hab. Andrzeja Kusa (UMK Toruń, wniosek profesorski, 2002 rok),
- prof. dr. hab. Marka Urbanika (UJ Kraków, wniosek profesorski, 2002 rok),

- prof. dr. hab. Aleksandra Wolszczana (UMK Toruń, wniosek profesorski, 1997 rok),
- prof. dr. hab. Janusza Gila (WSP Zielona Góra, wniosek profesorski, 1994 rok),
- dr hab. Magdaleny Kunert-Bajraszewskiej („Dychotomia w populacji młodych AGN-ów: własności w zakresie widzialnym, radiowym oraz rentgenowskim promieniowania elektromagnetycznego", rozprawa habilitacyjna, 2016 rok),
- dr. Marcina Gawrońskiego („Struktury radiowe w kwazarze 3C309.1 – obserwacje interferometryczne", rozprawa doktorska, 2008 rok),
- dr. hab. Mariana Soidy („The Observations of Magnetic Fields in Spiral Galaxies", rozprawa doktorska, 2002 rok),
- dr Joanny Kuraszkiewicz („Badanie struktury obszarów centralnych aktywnych jąder galaktyk poprzez analizę linii emisyjnych", rozprawa doktorska, 1999 rok).

Profesor Machalski był zapraszany do przedstawienia jego kandydatów do nagród szeregu gremiów naukowych, m.in.:

- The Kyoto Prize (lata 1991, 1994, 1999 i 2003),
- The Nobel Prize in Physics (lata 1998, 2005, 2008, 2011 i 2014),
- The Gruber Foundation Cosmology Prize (2006 r.).

Ten wysokiej rangi naukowiec opiniował szereg projektów badawczych i inwestycyjnych Komitetu Badań Naukowych oraz pakietów reform Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Za swoją działalność naukową prof. Machalski otrzymał wiele nagród i wyróżnień, m.in.:

- Nagrodę Zespołową II Stopnia Ministra Edukacji Narodowej za cykl publikacji pt. „Ewolucja Kosmologiczna Radioźródeł",
- Nagrodę Indywidualną II Stopnia Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki za pracę habilitacyjną,
- Nagrodę Naukową Wydziału II PAN.

30 września 2007 roku prof. Jerzy Machalski przeszedł na emeryturę, ale nadal pozostaje aktywnym naukowcem. Inicjuje szereg nowych prac badawczych w Zakładzie Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej oraz publikuje wyniki swoich badań w prestiżowych czasopismach (od 2008 roku – 21 prac).

Podsumowując: profesor Jerzy Machalski wniósł znaczący wkład w rozwój polskiej i światowej radioastronomii, odnosił sukcesy w badaniach

ewolucji indywidualnej oraz kosmologicznej radioźródeł pozagalaktycznych, jego działalność naukowa miała niepodważalny wpływ na poznanie własności optycznych i rentgenowskich aktywnych jąder galaktyk stowarzyszonych z wielkoskalowymi strukturami radiowymi oraz na obecną wiedzę o własnościach radiowych normalnych galaktyk. Był też zaangażowany w prace związane z modelowaniem ewolucji dynamicznej nowej klasy obiektów pozagalaktycznych o wielokrotnej aktywności radiowej, odkrył największą rozpoznaną radiogalaktykę we Wszechświecie.

Spis publikacji prof. dr. hab. Jerzego Machalskiego:

1. *On the correlation between 810 Mc/s radio bursts and chromospheric flares*, Machalski, J., Zięba, S., 1965, Publication of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Science, 51, 162
2. *The occurrence of type IV radiation in the 19th cycle of solar activity*, Machalski, J., AcA, 1967, 18, 397
3. *Theoretical estimation of the observation ability of the cracow 15 m-diameter radio telescope*, Machalski, J., 1968, PoAst., 16, 119
4. *23cm receiver for Cracow 15m radio telescope*, Machalski, J., 1971, PoAst., 19, 325
5. *The 15m Cracow radio telescope. I. Technical desription and observational possibilities*, Machalski, J., Masłowski, J., AcA, 1972, 22, 419
6. *The 15m Cracow radio telescope. II. Radio astronomical tests of the antenna for background measurements*, Machalski, J., AcA, 1973, 23, 319
7. *Observed anisotropy in the distribution of radio sources in the GB region of the sky. I. Nonrandomness distribution of GB sources*, Masłowski. J., Machalski, J., Zięba, S., 1973, A&A, 28, 289
8. *Observational evidence of inhomogeneous univers*, Flin, P., Machalski, J., Masłowski, J., Urbanik, M., Zięba, A., Zięba, S., 1973, IAU Symp., 63, Ed. M. S. Longair, 121
9. *Observed anisotropy in the distribution of radio sources in the GB region of the sky. II. Counts of sources in the different parts of the GB region*, Masłowski, J., Zięba, S., Machalski, J., 1974, A&A, 33, 357
10. *On the errors in measurements of Ohio V radio sources in the light of the GB survey*, Machalski, J.,1975, AcA, 25, 43
11. *Radioteleskopy Obserwatorium Astronomicznego UJ. Konstrukcja, wyposażenie i zastosowanie do obserwacji radioastronomicznych*, Machalski, J., Urbanik, M., 1975, I Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, W-wa, 112
12. *A new statistical investigation of the problem of isotropy in radio source population at 1400 MHz*, Machalski, J., 1977, A&A, 56, 53
13. *The differential radio source counts at 1400 MHz from the GB2 sky survey*, Machalski, J., 1978, A&A, 65, 157
14. *The Green Bank Second (GB2) Survey of extragalactic radio sources at 1400 MHz. The catalogue of sources*, Machalski, J., 1978, AcA, 28, 367
15. *Radio emission of Abell clusters in the GB and GB2 regions*, Michalec, A., Machalski, J., 1978, IAU Symp., 79, Eds. M. S. Longair, J. Einasto, 200

16. *Optical identifications of flat-spectrum sources in the GB2 1400 MHz survey*, Condon, J. J., Buckman, M. A., Machalski, J., 1979, AJ, 84, 149
17. *Detailed radio spectra of flat-spectrum sources in the GB2 1400 MHz survey*, Machalski, J., Condon, J. J., 1979, AJ, 84, 164
18. *An analysis of the cosmological evolution of radio sources, I. Spectral-index dependent counts of sources and spectral-index distribution at 1400 MHz*, Machalski, J., 1980, A&AS, 41, 323
19. *An analysis of the cosmological evolution of radio sources, II. Evolution functions for flat-spectrum sources at 1400 MHz*, Machalski, J., 1981, A&AS, 43, 91
20. *Further evidence for the strong steepening of the median radio spectrum with decreasing intensity of sources selected at 5 GHz*, Machalski, J., Ryś, S., 1981, A&A, 99, 388
21. *A complete sample of intermediate strength radio sources selected from the GB/GB2 1400 MHz surveys. I. Radio spectra and optical identifi cations of sources stronger than 0.55 Jy*, Machalski, J., Masłowski, J., 1982, AJ, 87, 1132
22. *A complete sample of intermediate strength radio sources selected from the GB/GB2 1400 MHz surveys. II. High-resolution maps and optical identifications of sources with very steep spectra*, Machalski, J., Masłowski, J., Condon, J.J., Condon, M. A., 1982, AJ, 87, 1150
23. *A complete sample of itermediate-strength radio sources selected from the GB/GB2 surveys. III. High-resolution observations and optical identifications of sources with normal or flat spectra*, Machalski, J., Condon, J. J., 1983, AJ, 88, 143
24. *A complete sample of itermediate-strength radio sources selected from the GB/GB2 surveys. IV. VLA observations and optical identifications of a set of sources with $0.20 < S < 0.55$ Jy*, Machalski, J., Condon, J. J., 1983, AJ., 88, 1591
25. *Statistical properties of compact sources*, Machalski, J., 1984, IAU Symp.,110, Eds. R. Fanti, K. Kellermann, G. Setti, 71
26. *A complete sample of itermediate-strength radio sources selected from the GB/GB2 surveys. V. VLA observations of very extended and confused sources*, Machalski, J., Condon, J. J., 1985, AJ, 90, 5
27. *The GB/GB2 sample of 122 intermediate-strength radio galaxies*, Machalski, J., Condon, J. J., 1985, AJ, 90, 973
28. *A dependence between optical and radio luminosities of quasars after all?*, Machalski, J., 1986, IAU Symp., 119, Eds. G. Swarup, V. K. Kapahi, 109
29. *Is luminosity-surface brightness dependence for radio sources an analogy to the H-R diagram?*, Machalski, J., 1986, PoAst., 34, 105
30. *The GB/GB2 sample of intermediate-strength quasars*, Machalski, J., Condon, J. J., 1986, AJ., 91, 998
31. *The Green Bank (GB3) Survey of extragalactic radio sources at 1400 MHz*, Ryś, S., Machalski, J., 1987, AcA, 37, 163
32. *On cosmological evolution of quasars*, Machalski, J., 1987, IAU Symp.,124, Eds. A. Hewitt, G. Burbidge, L. Z. Fang, 649
33. *UBVRI photometry of bright GB/GB2 radio galaxies and quasars*, Machalski, J., Wiśniewski, W. Z., 1988, MNRAS, 231, 1065
34. *B2 0927+35*, Machalski, J., La Franca, F., 1988, IAU Circ., 4573, Ed. Green, D. W. E., 3
35. *Absolute magnitude, intrinsic colours and colour-magnitude relation for eliptical radio galaxies in the GB/GB2 sample*, Machalski, J., 1988, AcA, 38, 163

36. *VLA and CCD observations of the radio source group GB2 1401+350*, Machalski, J., Condon, J. J., 1990, PASP, 102, 53
37. *Compact radio sources in the GB/GB2 sample. I.10-GHz and 40-GHz observations*, Machalski, J., Inoue, M., 1990, MNRAS, 243, 209
38. *Radio variability in complete samples of extragalactic radio sources at 1.4 GHz*, Ryś, S., Machalski, J., 1990, A&A, 236, 15
39. *Radio and optical properties of the GB/GB2 quasar sample, I. Spectroscopy of bright QSO and BL Lac candidates*, Machalski, J., 1991, AcA, 41, 39
40. *Radio and optical properties of the GB/GB2 quasar sample, II. BVR photometry of faint QSO candidates*, Machalski, J., 1992, AcA, 42, 335
41. *High-frequency variability of extragalactic radio sources, I. A dependence of the apparent variability on wavelength, time based observations, and rate of time sampling*, Machalski, J., Magdziarz, P., 1993, A&A, 267, 363
42. *High-frequency variability of extragalactic radio sources, II. A multi-frequency model of variability*, Magdziarz, P., Machalski, J., 1993, A&A, 275, 405
43. *Deep optical identifications of compact radio sources selected from the GB/GB2 sample*, Machalski, J., Magdziarz, P., 1993, A&AS, 102, 315
44. *1308+328: A new highly variable extragalactic object*, Machalski, J., Engels, D., 1994, MNRAS, 266, L69
45. *Current observational status of the object 1308+328*, Machalski, J., 1994, 2nd EVN/JIVE Symp., Eds. A. J. Kus, R.T. Schilizzi, K. M. Borkowski, L.I. Gurvits, 105
46. *Long term monitoring of AGN with the Metsahovi and SEST telescopes*, Magdziarz, P., Machalski, J., 1994, IAU Symp.,159, Eds. T. Courvoisier, A. Blecha, 398
47. *1308+328: a new highly variable extragalactic object*, Machalski, J., Engels, D., 1994, Polish Astr. Soc. Meeting, Eds. M. J. Sarna, J. Zalewski, 98
48. *On cosmological evolution of radio-quiet and radio-loud quasars*, Machalski, J., 1994, Polish Astr. Soc. Meeting, Eds. M. J. Sarna, J. Zalewski, 101
49. *The radio, optical and X-ray properties of the radio source 0927+352*, Machalski, J., Brandt, N. W., 1996, MNRAS, 282, 1305
50. *EVN phase referenced observations of 1308+328*, Rioja, M. J., Porcas, R. W., Machalski, J., 1996, IAU Symp., 175, Eds. R. D. Ekers, C. Fanti, L. Padrielli, 122,
51. *On the cosmological evolution of radio quiet and radio loud quasars*, Machalski, J., 1996, IAU Symp., 175, Eds. R. D. Ekers, C. Fanti, L. Padrielli, 545
52. *The observed distributions of galaxies and related objects in the space of Universe*, Machalski, J., 1996, XIVth Cracow Summer School of Cosmology: The structure of space and time, 50
53. *Krakowski 8m radioteleskop do obserwacji spektralnych w zakresie fal decymetrowych*, Zięba, S., Kułak, A., Machalski, J., Masłowski, J., Michalec, A., 1996, VIII Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych, Wrocław, 233
54. *The revised GB/GB2 sample of extragalactic radio sources*, Machalski, J., 1998, A&AS, 128, 153
55. *Nonthermal nuclei in 374 UGC galaxies*, Wrobel, J. M., Condon, J. J., Machalski, J., 1998, IAU Colloq. 164, Eds. J.A. Zensus, G.B. Taylor, J.M. Wrobel, ASP Conf. Ser., 144, 209
56. *1.4-GHz luminosity function of galaxies from the Las Campanas Redshift Survey*, Machalski, J., Godlowski, W., 1998, Observational Cosmology with the New Radio Surveys, Astrophysics and space science library (ASSL) Series, 226, 51

57. *Observed redshift distributions and cosmological evolution of radio sources*, Machalski, J., Jamrozy, M., 1998, Observational Cosmology with the New Radio Surveys, Astrophysics and space science library (ASSL) Series, 226, 191
58. *Cosmological evolution of dual-population radio sources*, Jamrozy, M., Machalski, J., 1998, Prospects of Astronomy and Astrophysics for the new Millenium, JENAM-98, 281
59. *Radio emission from galaxies in the Las Campanas Redshift Survey*, Machalski, J., Condon, J. J., 1999, ApJS, 123, 41
60. *GB2 0909+353: one of the largest double radio source*, Jamrozy, M., Machalski, J., AcA, 49, 181
61. *1.4 GHz luminosity function of galaxies in the Las Campanas Redshift Survey and its evolution*, Machalski, J., Godłowski, W., 2000, A&A, 360, 463
62. *J1343+3758: the third largest FRII-type radio galaxy in the Universe*, Machalski, J., Jamrozy, M., 2000, A&A, 363, L17
63. *Statistics of giant extragalactic radio sources*, Jamrozy, M., Machalski, J., 2000, YERA Conf., Granada, 22
64. *Phase-reference observations with VSOP*, Porcas, R. W., Rioja, M. J., Machalski, J., Hirabayashi, H., 2000, VSOP Symposium, Sagamihara, Kanagawa, Eds. H. Hirabayashi, P.G. Edwards, D.W. Murphy, 245
65. *Radial density and density evolution of radio galaxies in the Las Campanas Redshift Survey*, Machalski, J., Godłowski, W., 2001, A&A, 370, 923
66. *The new sample of giant radio sources, I. Radio imaging, optical identification and spectroscopy of selected candidates*, Machalski, J., Jamrozy, M., Zoła, S., 2001, A&A, 371, 445
67. *Cosmological evolution of radio sources*, Jamrozy, M., Machalski, J., 2001, A&AT, 20, 339
68. *New giant radio sources*, Machalski, J., Jamrozy, M., Zola, S., 2001, A&AT, 20, 343
69. *Energy density and radiation losses in giant radio galaxies*, Jamrozy, M., Machalski, J., 2002, IAU Colloq. 184, ASP Conf. 284, Eds. R.F. Green, E.Ye. Khachikian, D.B. Sanders, 295
70. *Statistics of giant radio sources*, Machalski, J., Jamrozy, M., 2002, The Universe at Low Radio Frequencies, IAU Symp. 199, Eds. A. P. Rao, G. Swarup, Gopal-Krishna, 203
71. *Giant radio sources in view of the dynamical evolution of FRII-type population. I. The observational data and basic physical parameters of sources derived from the analytical model*, Machalski, J., Chyzy, K. T., Jamrozy, M., 2004, AcA, 54, 249
72. *Giant radio sources in view of the dynamical evolution of FRII-Type population. II. The evolutionary tracks on the P-D and u_c-E_tot planes*, Machalski, J., Chyzy, K. T., Jamrozy, M., 2004, AcA, 54, 391
73. *Large-scale radio structure in the Universe: giant radio galaxies*, Jamrozy, M., Klein, U., Machalski, J., Mack, K.-H., 2004, Multiwavelength AGN Surveys, Eds. R. Maiolino, R. Mujica, Singapore: World Scientific, 431
74. *Redshift measurements of distant giant radio galaxies*, Chyży, K., Jamrozy, M., Kleinman, S. J., Krzesiński, J., Machalski, J., McMillan, R., Nitta, A., Serafimovich, N., Zola, S., 2005, BaltA, 14, 358
75. *Spectral-ageing analysis of selected distant giant radio galaxies*, Jamrozy, M., Machalski, J., 2005, BaltA, 14, 381

76. *Giant radio galaxies in view of the dynamical evolution of the FRII-type population*, Machalski, J., Chyży, K., Jamrozy, M., 2005, BaltA, 14, 392
77. *Ageing analysis of the giant radio galaxy J1343+3758*, Jamrozy, M., Machalski, J., Mack, K.-H., Klein, U., 2005, A&A, 433, 467
78. *Re-acceleration in the lobes of giant radio galaxies*, Konar, C., Machalski, J., Saikia, D. J., Jamrozy, M., 2005, AIP Conf., 801, 375
79. *Dynamical age of FRII-type radio galaxies estimated from their geometry and brightness at different wavelengths*, Machalski, J., 2006, Challenges of Relativistic Jets, Cracow, 21
80. *Modelling of the particles initial energy distribution with a dynamical model for FRII-type radio sources*, Machalski, J., 2006 Challenges of Relativistic Jets, Cracow, 22 81. *The new sample of giant radio sources. II. Update of optical counterparts, further spectroscopy of identified faint host galaxies, high-frequency radio maps, and polarisation properties of the sources*, Machalski, J., Jamrozy, M., Zola, S., Koziel, D., 2006, A&A, 454, 85
81. *The new sample of giant radio sources. III. Statistical trends and correlations*, Machalski, J., Jamrozy, M., 2006, A&A, 454, 95
82. *Spectral ageing analysis of the double-double radio galaxy J1453+3308, Konar, C., Saikia, D. J., Jamrozy, M., Machalski, J., 2006, MNRAS, 372, 693*
83. *A method for estimating the dynamical age of FR II-type radio sources from multifrequency data, Machalski, J., Chyży, K. T., Stawarz, Ł., Kozieł, D., 2007, A&A, 462, 43*
84. *Giant radio galaxies as a probe of the cosmological evolution of the IGM. I. Preliminary deep detections and low-resolution spectroscopy with SALT, Machalski, J., Koziel-Wierzbowska, D., Jamrozy, M., 2007, AcA, 57, 227*
85. *Episodic activity in radio galaxies, Saikia, D. J., Konar, C., Jamrozy, M., Machalski, J., Gupta, N., Stawarz, L., Mack, K.-H., Siemiginowska, A., 2007, ASP Conf., 373, Eds. L. C. Ho and J.-M. Wang, 217*
86. *A multifrequency study of giant radio sources - I. Low-frequency giant metrewave radio telescope observations of selected sources, Konar, C., Jamrozy, M., Saikia, D. J., Machalski, J., 2008, MNRAS, 383, 525*
87. *A multifrequency study of giant radio sources - II. Spectral ageing analysis of the lobes of selected sources, Jamrozy, M., Konar, C., Machalski, J., Saikia, D. J., 2008, MNRAS, 385, 1286*
88. *J1420-0545: the radio galaxy larger than 3C 236, Machalski, J., Kozieł-Wierzbowska, D., Jamrozy, M., Saikia, D. J., 2008, ApJ, 679, 149*
89. *Recurrent activity in radio galaxies, Jamrozy, M., Konar, C., Machalski, J., Mack, K.-H., Saikia, D. J., Siemiginowska, A., Stawarz, L., 2008, ASP Conf., 386, Eds. T. A. Rector, D. S. De Young, 125*
90. *A multifrequency study of giant radio sources - III. Dynamical age versus spectral age of the lobes of selected sources, Machalski, J., Jamrozy, M., Saikia, D. J., 2009, MNRAS, 395, 812*
91. *A multifrequency study of double-double radio galaxies*, Jamrozy, M., Konar, C., Saikia, D. J., Machalski, J., 2009, ASP Conf., 407, Ed. D. J. Saikia, D. A. Green, Y. Gupta, T. Venturi, 137
92. *Spectral ages of giant radio sources*, Konar, C., Saikia, D. J., Jamrozy, M., Machalski, J., 2009, ASP Conf., 407, Eds. D. J. Saikia, D. A. Green, Y. Gupta, T. Venturi, 188

93. *Dynamical age vs spectral age of the lobes of selected giant radio sources (GRSs)*, Machalski, J., Jamrozy, M., Saikia, D. J., 2009, ASP Conf., 407, Eds. D. J. Saikia, D. A. Green, Y. Gupta, T. Venturi, 196
94. *Giant radio sources as a probe of the cosmological evolution of the IGM. II. The observational constraint on the model of radio-jets propagation through the X-ray halo - IGM interface*, Kuligowska, E., Jamrozy, M., Koziel-Wierzbowska, D., Machalski, J., 2009, AcA, 59, 431
95. *Spectral ageing analysis and dynamical analysis of the double-double radio galaxy J1548-3216* Machalski, J., Jamrozy, M., Konar, C., 2010, A&A, 510, 84
96. *A multifrequency study of giant radio sources - IV. Length/luminosity asymmetries and dynamical evolution of the lobes of selected sources*, Machalski, J., 2011, MNRAS, 413, 2429
97. *Understanding giant radio galaxy J1420-0545: large-scale morphology, environment, and energetics*, Machalski, J., Jamrozy, M., Stawarz, Ł., Kozieł-Wierzbowska, D., 2011, ApJ, 740, 58
98. *CGCG 292-057: a near-distance merger galaxy with double-double radio lobes and X-shape structure*, Jamrozy, M., Kozieł-Wierzbowska, D., Zoła, S., Kuźmicz, A., Machalski, J., 2011, JApA, 32, 467
99. *The dynamics of radio galaxies and double-double radio galaxies*, Konar, C., Jamrozy, M., Hardcastle, M. J., Croston, J. H., Nandi, S., Saikia, D. J., Machalski, J., 2011, JApA, 32, 477
100. *SALT observations of the largest radio galaxies*, Bankowicz, M., Kozieł-Wierzbowska, D., Machalski, J., 2015, SALT Science Conf., 2015, Stellenbosch, 34
101. *Dynamical analysis of the complex radio structure in 3C 293: clues on a rapid jet realignment in X-shaped radio galaxies*, Machalski, J., Jamrozy, M., Stawarz, Ł., Weżgowiec, M., 2016, A&A, 595, 46
102. *Multifrequency study of a double-double radio galaxy J1706+4340*, Marecki, A., Jamrozy, M., Machalski, J., 2016, MNRAS, 463, 338
103. *Reassessment of an origin of the radio structure of J1420-0545*, Jamrozy, M., Machalski, J., Nikiel-Wroczyński, B., Intema, H. T., 2017, ApJ, 850, 7
104. *Signatures of the disk-jet coupling in the broad-line radio quasar 4C+74.26*, Bhatta, G., Stawarz, Ł., Markowitz, A., Balasubramaniam, K., Zola, S., Zdziarski, A. A., Jamrozy, M., Ostrowski, M., Kuźmicz, A., Ogłoza, W., Dróżdż, M., Siwak, M., Kozieł-Wierzbowska, D., Debski, B., Kundera, T., Stachowski, G., Machalski, J., et al., 2018, ApJ, 866, 132
105. *The intergalactic magnetic field probed by a giant radio galaxy*, O'Sullivan, S. P., Machalski, J.,Van Eck, C. L., et al., 2019, A&A, 622, 16
106. *Multi-frequency study of a double-double radio galaxy J0028+0035*, Marecki, A., Jamrozy, M., Machalski, J., Pajdosz-Śmierciak, U., 2021, MNRAS, 501, 853
107. *An Atlas of Dynamical Evolution Models of 361 Fanaroff-Riley Type II Radio Sources*, Machalski, J., Kozieł-Wierzbowska, D., Goyal, A., 2021, ApJS, 255, 22

Przemowa prof. Jerzego Machalskiego podczas uroczystości „Odnowienia doktoratu po 50 latach” (Collegium Maius, grudzień 2021 r.)



Szanowna Pani Dziekan, dostojna Rado Wydziału, drodzy Goście i Przyjaciele!

Pozwólcie mi opowiedzieć o sobie i drodze, którą doszedłem do tytułu i stanowiska profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego, jako drugiego w rodzinie po moim Ojcu, Franciszku Machalskim, absolwencie orientalistyki Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, od 1931 r. Doktora filozofii w zakresie filologii arabskiej i perskiej, po wojnie – Prof. UJ, wybitnego i cenionego orientalisty.

Jako, że urodziłem się 4 lata przed wybuchem II-giej wojny światowej, dobrze pamiętam traumatyczne przeżycia nieszczęść okresu wojny, począwszy od aresztowania Ojca przez NKWD w czerwcu 1941 r. tuż

przed napadem Hitlera na ZSRR i wywiezienie go na Syberię (jako polskiego inteligenta i komendanta Hufca ZHP w Tarnopolu), przez grozę nieustannych nalotów lotniczych i bombardowań miasta, a kończąc tragiczną śmiercią członków rodziny tuż przed końcem tej wojny i wieścią, iż tu nie będzie już Polski, lecz Związek Radziecki.

Tak więc w beznadziejnej sytuacji pozostania samej z trójką dzieci, moja Matka, podobnie jak większość polskiej inteligencji na Kresach, wobec perspektywy pozostania tam i konieczności przyjęcia obywatelstwa sowieckiego, podjęła decyzję pozostawienia domu i dobytku celem tzw. „repatriacji" na „Ziemie Odzyskane". W ten sposób, w październiku 1945 r. znaleźliśmy się w Bytomiu na Górnym Śląsku. Szczęśliwie już w 1946 r. Mama otrzymała list od Ojca że żyje, jest w Libanie i chce wrócić do nas, choć w strachu przed ewentualnymi represjami komunistycznego reżimu w powojennej Polsce. Okazało się, że przeżył sowieckie więzienie, dostał się do Armii gen. Andersa i z nią (1942 r.) znalazł się w Iranie, gdzie miał doskonałą okazję zweryfikowania swej, raczej teoretycznej, znajomości współczesnego języka perskiego. Po demobilizacji z Armii, pracował w instytucjach polonijnych w Palestynie i Iranie do 1945 r. Nowy adres Matki ustalił z pomocą Czerwonego Krzyża i definitywnie wrócił do nas w 1947 r.

Tak więc w Bytomiu rozpoczęło się nowe życie naszej rodziny, gdzie Ojciec z Matką, dyplomowaną polonistką i romanistką, uczyli w tamtejszych gimnazjach i liceach. Tam też spędziłem wczesną młodość, naukę szkolną aż do matury w 1953 r., roku śmierci „Wodza Narodów", Stalina – i wszystko wskazywało, iż zostanę jakimś inżynierem czy architektem. I tu muszę znów powrócić do wpływu Ojca na moją drogę życiową, który nieraz wspominał o swoim (podobno) zainteresowaniu astronomią, choć raczej kosmologią i podsuwał mi do czytania fantastyczne opowieści Kamila Flammariona i Juliusza Verne – lecz sam, już w 1951 r. został wykładowcą kontraktowym w katedrze filologii orientalnej na Wydziale Filologii UJ. Wkrótce otrzymał tam pełny etat adiunkta, a w 1956 r. – tytuł docenta i kierownictwo tej Katedry.

Zasadniczy przełom w moim życiu nastąpił w 1957 r., kiedy na niebie pojawiła się bardzo jasna kometa Arenda-Rolanda ze wspaniałym długim warkoczem, doskonale widoczna gołym okiem nawet na zapylonym górno-śląskim niebie, która wywarła na mnie wielkie wrażenie, oraz gdy Ojciec dostał mieszkanie w Krakowie i wspólnie z moją Matką postanowili o przeprowadzce całej rodziny do tego miasta. Przerwałem wtedy

studia inżynierskie w Katowicach (wówczas jeszcze Stalinogrodzie), zdałem egzamin kwalifikacyjny i podjąłem studia astronomiczne na ówczesnym Wydz. Mat-Fiz-Chem UJ. Ponieważ wszystkie zajęcia z astronomii odbywały się w budynku na ul. Kopernika, gdzie mieściło się Obserwatorium Astronomiczne – natychmiast dało się odczuć patriarchalną atmosferę tej placówki naukowej, trwającą jeszcze po niedawnej śmierci guru astronomii krakowskiej w osobie wieloletniego dyrektora Obserwatorium, prof. Tadeusza Banachiewicza.

Abstrahując od tematyki badań naukowych prowadzonych wówczas w Obserwatorium, muszę powiedzieć iż zupełnie nie zwrócił mojej uwagi fakt rozpoczęcia pierwszych ciągłych obserwacji radiopromieniowania Słońca (na fali 37 cm), które miały miejsce na Forcie Skała, przyszłej nowej lokalizacji naszego Obserwatorium. Radioastronomia zafascynowała mnie dopiero w czasie praktyki studenckiej w Obserwatorium Astronomicznym UMK w Toruniu, drugim w Polsce ośrodku akademickim, w którym rozwijała się ta nowa dyscyplina astronomii. Pomyślałem wtedy: to jest to, czym chciałbym się zajmować w przyszłości. Stąd więc, zaraz po ukończeniu studiów, zostałem zatrudniony (na umowę zlecenie) „do prowadzenia obserwacji radioastronomicznych na Forcie Skała". Moje zatrudnienie zbiegło się z uruchomianiem obserwacji Słońca na drugiej długości fali (67 cm); brałem tu udział w modernizacji i testowaniu nowego odbiornika współpracując z dr. Olegiem Czyżewskim oraz dr. Józefem Masłowskim, moim późniejszym Mistrzem i wielkim przyjacielem.

Dziewięć kolejnych lat upłynęło mi, wraz z kolegami: Stanisławem Ziębą, Adamem Michalcem, Markiem Urbanikiem, na tych obserwacjach i ich opracowaniu, lecz większość czasu i wysiłku wkładana była w ciągłą modernizację używanej aparatury odbiorczej oraz dalszą konstrukcję, w miarę możliwości nowoczesnej jej wersji. Zorganizowałem wówczas i przez lata prowadziłem Pracownię Elektroniczną w Obserwatorium, umożliwiającą te prace, jak również służącą za pracownię studencką do wykładu elektroniki, znajdującego się swego czasu w programie studiów.

Potrzeba nowej aparatury stała się krytycznym problemem wyposażenia drugiego, większego radioteleskopu (planowanego już znacznie wcześniej, lecz pominiętego w inwestycji nowego Obserwatorium na Forcie Skała w 1964 r.), który dzięki staraniom Dyrekcji Obserwatorium o potrzebne fundusze, został skonstruowany i oddany formalnie do użytku w 1968 r. Jednak pokładane w nim nadzieje wyjścia z badaniami

w obszary radioastronomii pozagalaktycznej okazały się wysoce nierealne z uwagi na kłopoty związane z jego uruchomieniem z powodu szeregu wad (prymitywny przemysłowy napęd, niewłaściwa geometria anteny i brak aparatury odbiorczej). Ten ostatni problem rozwiązywaliśmy sami pod kierunkiem dr. Józefa Masłowskiego, przy (mówiąc nieskromnie) dużym moim udziale i pracownikach warsztatu mechanicznego Obserwatorium. Jednak jego upragnione, lecz niespodziewane zaproszenie i wyjazd do Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego (NRAO) w USA w 1970 r. sprawiło, iż uruchomianie oraz zaadoptowanie tego nowego radioteleskopu do ciągłych obserwacji, spadło całkowicie na moje barki. W tej sytuacji, mój promotor, prof. Karol Kozieł, zaproponował by te prace techniczne i obserwacje testowe połączyć z teoretycznym zbadaniem możliwości obserwacyjnych radioteleskopu w stanie w jakim się znajduje, tak by mogły być podstawą mojego doktoratu w1971 r.

Jednakże swoją dalszą karierę naukową, co chcę i muszę mocno podkreślić, zawdzięczam przede wszystkim prof. Józefowi Masłowskiemu, którego postawa, wyniki naukowe osiągnięte w NRAO i nawiązane kontakty, zaowocowały zaproszeniami kolejnych kolegów z Obserwatorium na długotrwale zagraniczne staże, np. moje w NRAO, dr. Marka Urbanika i dr. Michała Ostrowskiego w Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR) w RFN, i innych.

Ostatnie lata mojej pracy (w większości już na emeryturze) dotyczyły wszechstronnych badań morfologii, parametrów fizycznych i dynamicznej ewolucji radiogalaktyk i kwazarów. Początkowo badania te koncentrowały się na strukturach o największych rozmiarach liniowych, jako stanowiących (swojego rodzaju) narzędzie do sondowania przestrzeni kosmicznej, tj. rozkładu gęstości ośrodka międzygalaktycznego i pól magnetycznych. Wiązało się to też z podjęciem przez nas ścisłej współpracy z prof. Dhruba Saikia i jego zespołem z National Centre for Radio Astrophysics (NCRA) w Indiach, dla detalicznych obserwacji takich źródeł przy pomocy indyjskiej sieci interferometrycznej GMRT, bardziej dostępnej niż sławna amerykańska sieć VLA w NRAO, na której bazowały moje, z dr. J.J. Condonem, pierwsze obrazowania struktur radioźródeł w latach 1982-1989. Obserwacje te były i są podstawą badania ewolucji dynamicznej obszarów promieniowania tworzących rozciągłą strukturę radioźródeł.

Wymienioną ewolucję opisują różne analityczne modele procesów fizycznych prowadzących do powstania radioźródła i jego dalszej ewolucji,

polegające na pojawieniu się obszarów promieniowania synchrotronowego generowanego przez strumienie wysoko energetycznych, relatywistycznych cząstek przenoszących część energii rotacyjnej supermasywnej „czarnej dziury", obecnej we wszystkich znanych radiogalaktykach i kwazarach, traconą w procesie pochłaniania materii galaktycznej otaczającej tę „dziurę". W rezultacie, zwiększa ona swą masę, lecz traci nieco momentu pędu.

Analityczne modele oparte na zakładanych wielkościach szeregu, tzw. „swobodnych" parametrów danego modelu – przewidują określone charakterystyki wirtualnego radioźródła w funkcji czasu trwania tych procesów, np. jasność i rozkład energii w widmie radiowym, rozmiar i objętość źródła, itp. Naszym, liczącym się, osiągnięciem było opracowanie numerycznego kodu, pozwalającego na rozwiązywanie „odwrotnego problemu", tj. dopasowanie parametrów wybranego analitycznego modelu do obserwowanych parametrów (charakterystyk) realnego radioźródła. Kod ten, oznaczony przez nas jako DYNAGE, opracowany w r. 2007 przez zespół z dr, dr (obecnie prof, prof.) Krzysztofem Chyżym, Łukaszem Stawarzem i dr Dorotą Kozieł-Wierzbowską, jest dziś szeroko stosowany do znalezienia najlepszego modelu konkretnego radioźródła. Ponieważ okazało się, że wielu z zaobserwowanych struktur nie można dobrze opisać przy pomocy kodu DYNAGE, dr Elżbieta Kuligowska (moja ostatnia doktorantka) opracowała adekwatne rozszerzenie tego kodu, wprowadzając dodatkowe założenie do bazowego analitycznego modelu. Muszę podkreślić, że aplikacja DYNAGE jest jedynym (opublikowanym) narzędziem modelowania obserwowanych struktur radioźródeł! Jest to niejako nasz patent.

Za pomocą tego kodu i jego wymienionego rozszerzenia, opublikowano modele ewolucji szeregu specjalnie interesujących radioźródeł, w różnych konfiguracjach autorów i współautorów, polskich i zagranicznych. Większość tych publikacji dotyczy tzw. „gigantycznych" radiogalaktyk, tj. dłuższych niż 1 Mpc, w tym tej największej odkrytej przez nasz zespół (w którym decydujący udział ma Dorota Kozieł-Wierzbowska).

Ja osobiście przez ostatnie ok. 10 lat zajmowałem się modelowaniem kompletnych próbek radioźródeł wybranych bez względu na ich rozmiar, a więc próbek obejmujących źródła o różnej jasności absolutnej, obserwowanych w różnych epokach kosmologicznych i niewątpliwie w różnym wieku, korzystając wyłącznie z danych obserwacyjnych, dostępnych publicznie w istniejących bazach. Wynikiem tego przedsięwzięcia jest Atlas

modeli dynamicznej ewolucji 360 radiogalaktyk i kwazarów opublikowany w styczniu br. (w Suplementach ApJ) przeze mnie z redakcyjną pomocą dr Doroty Kozieł-Wierzbowskiej i naszej indyjskiej post-doktorantki, dr Arti Goyal. Atlas ten stanowi bazę danych dla dalszych badań statystycznych zależności pomiędzy modelowymi i obserwacyjnymi parametrami radioźródeł. Jest to pozycja szczególnie przydatna do szybkiej analizy obszernego strumienia wyników obserwacyjnych płynącego obecnie z najnowszej sieci interferometrycznej fal metrowych LOFAR, której jądro anten znajduje się w Holandii, zaś jej najdłuższe „zagraniczne" bazy rozciągają się od Szwecji do Włoch i od W. Brytanii do Polski (jedna z trzech polskich stacji jest zainstalowana w pobliżu winnicy UJ w Łazach k/Bochni i jest zarządzana przez nasz Uniwersytet). Z przyjemnością chcę dodać, że parę dni temu, ukazała się kolejna publikacja bazująca na tym Atlasie, a na warsztacie (z dr. Markiem Jamrozym) mamy kolejną próbkę obiektów do zbadania, w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Kończąc, chcę mocno podkreślić, że moje osiągnięcia naukowe w dużej mierze wynikają z owocnej współpracy z pracownikami swojego Zakładu, doktorantami i innymi kolegami, którym za to serdecznie dziękuję. Bardzo dziękuję Radzie Obserwatorium za inicjatywę i wniosek w sprawie mojego, dzisiejszego wyróżnienia. Równie gorąco dziękuję Pani Dziekan i Radzie Wydziału za pozytywne przyjęcie tego wniosku i zorganizowanie dzisiejszej, jakże miłej uroczystości. I ostatecznie dziękuję mojej żonie Elżbiecie za 57 lat wyrozumienia dla mojej pracy naukowej, tolerancji długich nieobecności podczas licznych wyjazdów zagranicznych i wytrwałe pielęgnowanie rodzinnego ogniska.

Profesor Jerzy M. Kreiner w wywiadzie dla AAN

Profesor Jerzy Marek Kreiner, zasłużony krakowski astronom, obchodził w roku 2025 swoje osiemdziesiąte piąte urodziny. Zgodził się z tej okazji udzielić niniejszego wywiadu dla czytelników Annales Astronomiae Novae. Pytania, stawiane przez redaktora AAN, dr. Bogdana Wszołka, oznaczono znaczkiem ∘, a odpowiedzi Profesora Kreinera znaczkiem •.



Profesor Jerzy Kreiner

∘ Astronomia jest bodajże najszlachetniejszym obszarem ludzkich zainteresowań, a tak niewielu poświęca się jej profesjonalnie. Co sprawia, że młody człowiek decyduje się studiować astronomię? Jak to było w Pana przypadku?

• Często rozbudzenie głębszych zainteresowań następuje w szkole średniej, w czym główną rolę odgrywają nauczyciele. To właśnie dobry nauczyciel potrafi zainteresować przedmiotem i sprawić, że ucznia nie tylko *zaciekawi* omawiany temat na lekcjach, ale skłoni go do samodzielnego pogłębienia wiadomości z danej dziedziny, czyli będzie nią *zainteresowany*. Na tę subtelną różnicę zwrócił moją uwagę wiele lat temu dyrektor Planetarium Śląskiego dr Henryk Chrupała.

◦ Studia astronomii są bardzo wymagające. Mogą je skutecznie realizować tylko osoby bardzo dobrze wstępnie przygotowane z zakresu matematyki i fizyki. Tu dużo zależy od wczesnej edukacji w rodzinie i w szkole, a także od własnego zaangażowania. Czy miał Pan szczęście do dobrych nauczycieli? Jak rodziło się Pana zainteresowanie naukami ścisłymi?

• Miałem to szczęście, że w krakowskim V Liceum Ogólnokształcącym moimi nauczycielami fizyki byli profesorowie Wilhelm Cepurski (w latach dwudziestych XX wieku znany zawodnik Wisły Kraków) oraz Władysław Horbacki, przedwojenny wizytator szkolny, poza fizyką i astronomią pasjonujący się historią sztuki i zabytkami Krakowa. Tacy nauczyciele o szerokich horyzontach wzbudzali szacunek uczniów i potrafili zaszczepić w uczniach zainteresowanie naukami ścisłymi. Już w pierwszej klasie licealnej (wówczas to była klasa ósma), jako uczniowie prof. Cepurskiego, wykonywaliśmy proste ćwiczenia m. in. z mechaniki, co sprawiało, że znaczna część klasy uznawała lekcje fizyki za bardziej interesujące od innych przedmiotów.

W klasie dziewiątej (czyli obecnej drugiej) naszym nauczycielem fizyki został prof. Horbacki. Prowadził on również lekcje astronomii, która wtedy stanowiła oddzielny przedmiot w ostatniej klasie liceum, w wymiarze jednej godziny tygodniowo. Prof. Horbacki wiele uwagi poświęcał uczniom, u których dostrzegł zainteresowanie naukami ścisłymi i zachęcał do pogłębiania wiedzy szkolnej choćby przez czytanie książek popularnonaukowych (Internetu nie było!). Do tej pory przypominam sobie jedną z najbardziej znanych książek popularnonaukowych Jamesa Jeansa p. t. „Niebo – astronomia dla laików".

◦ Czy był jakiś szczególny moment, który zaważył na zainteresowaniu Pana astronomią?

• W latach 1953-55 Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii (PTMA) kilkakrotnie zorganizowało na Wawelu, na tarasie nad Smoczą Jamą, publiczne pokazy nieba. Z tego miejsca rozciągał się szeroki widok w kierunku zachodnim, a światła miejskie nie stanowiły istotnych przeszkód w obserwacjach. Niewielkimi lunetami, o powiększeniu kilkadziesiąt razy, można było obserwować Księżyc, Jowisza i inne ciała niebieskie. Wówczas po raz pierwszy miałem okazję spojrzeć na niebo przez lunetę, co wywarło na mnie duże wrażenie.

W trakcie pokazów działacze Towarzystwa, m. in. Edward Szeligiewicz i Maciej Mazur, zachęcali do wstąpienia do tej organizacji. Z ich

zaproszenia wkrótce skorzystałem i począwszy od 1954 r. uczestniczyłem w spotkaniach połączonych z prelekcjami w siedzibie PTMA, znajdującej się w przy ulicy Ludwika Solskiego 30 (obecnie św. Tomasza). W ramach składki członkowskiej otrzymywałem również „Uranię", którą czytałem „od deski do deski". W jednym z numerów (1/1954) znalazłem artykuł Krzysztofa Serkowskiego „Jak zrobić lunetę ze szkieł do okularów". Artykuł zachęcił mnie do samodzielnego wykonania tego prostego przyrządu optycznego. Luneta, choć miała wady optyczne (w szczególności aberrację chromatyczną, która dawała tęczowe obwódki wokół obserwowanych obiektów), umożliwiła mi samodzielne podziwianie m. in. kraterów na Księżycu, księżyców Jowisza i pierścienia Saturna, a nawet posłużyła w obserwacjach (na ekranie) częściowego zaćmienia Słońca 30 czerwca 1954 r.

◦ Jakie warunki trzeba było spełnić, aby rozpocząć studia astronomii? Jaki był poziom wymagań egzaminacyjnych?

• Nie pamiętam kiedy podjąłem decyzję o wyborze studiów astronomii. Prawdopodobnie było to w ostatniej klasie liceum (jedenastej). Stosowne dokumenty złożyłem w Uniwersytecie Jagiellońskim. Okazało się bowiem, że Uczelnia ta od października 1956 roku wznowiła studia magisterskie na kierunku „astronomia". Wcześniej, dla uzyskania dyplomu magistra astronomii należało podjąć uzupełniające studia w Uniwersytecie Wrocławskim, gdyż tamtejsze Obserwatorium Astronomiczne było jedynym miejscem w Polsce, gdzie można było uzyskać magisterium. W innych uczelniach studia astronomii były trzyletnie.

Oczywiście, w ostatniej klasie licealnej znacznie więcej uwagi poświęcałem matematyce i fizyce, gdyż te przedmioty wchodziły w zakres uniwersyteckich egzaminów wstępnych. Wtedy też, zachęcony przez nauczycieli, spróbowałem swych sił w Olimpiadzie Matematycznej, w której dotarłem do finału w Warszawie. Należy nadmienić, że pierwszą Olimpiadę Astronomiczną zorganizowało Planetarium Śląskie dopiero w roku szkolnym 1957/58.

Egzamin wstępny z matematyki i fizyki miał charakter pisemny, część ustna, obejmowała również elementy astronomii. Przypominam sobie, że jednym z członków komisji egzaminacyjnej był docent Kazimierz Kordylewski, który każdemu z kandydatów/kandydatek na studia zadawał to samo pytanie: co skłoniło Pana/Panią do wyboru studiów astronomii? Wbrew pozorom, odpowiedź na to pytanie nie była oczywista i rodziła dalsze pytania ze strony członków Komisji, chcących poznać stopień zainteresowania astronomią u przyszłych studentów.

◦ Jak Pan znosił trudy studiów astronomicznych? Które działy matematyki, fizyki czy astronomii nastręczały najwięcej trudności, a które były najprzyjemniejsze?

• Studia astronomii nie były łatwe. Program pierwszych trzech lat w dużej części był identyczny dla fizyki i astronomii. W pierwszym semestrze dla obu kierunków obowiązywało 15 godzin tygodniowo przedmiotów matematycznych oraz 6 godzin fizyki (wykłady + ćwiczenia). Pierwszy przedmiot astronomiczny zaczynał się dopiero w semestrze drugim (letnim). Była to astronomia ogólna w wymiarze 4 godzin wykładu i 2 godzin ćwiczeń tygodniowo. Wykładał prof. Karol Kozieł, a ćwiczenia rachunkowe prowadziła Aldona Szczepanowska.

Większość studentów z trudem przyzwyczajała się do uniwersyteckiej formy kształcenia związanej z wykładami i ćwiczeniami oraz obciążającą czasowo samodzielną pracą, szczególnie wtedy, gdy wychodziły na jaw braki w opanowaniu materiału szkolnego. Zaskoczeniem były pierwsze dwie godziny wykładu z fizyki doświadczalnej, które w zastępstwie docenta Jerzego Janika poprowadził jeden z jego asystentów. Na wstępie wyjaśnił, że w fizyce, między innymi w mechanice, będzie potrzebna znajomość rachunku różniczkowego i dlatego postara się w skróconej formie przedstawić jego podstawy. Tak więc na pierwszej godzinie wykładu zapoznał nas z podstawami rachunku różniczkowego, a na drugiej omówił całki. Ilu słuchaczy to zrozumiało (o ile wcześniej nie mieli do czynienia z różniczkowaniem i całkowaniem) nie wiem, ale podejrzewam, że tylko nieznaczna część.

Już w pierwszych tygodniach okazało się, że wielu studentów zrezygnowało ze studiów. Wśród nich były osoby, które uważały, że astronomia jest nauką opisową (jak mogłoby się wydawać ze szkolnego programu) i nie miały pełnej świadomości, iż nauka ta wymaga bardzo dobrych podstaw z matematyki i fizyki. W tym czasie studia astronomii w Krakowie rozpoczynało niespełna 20 osób, a ukończyło około ¼ tej liczby. Należy dodać, że w pozostałych uczelniach w kraju, prowadzących studia astronomii, sytuacja była podobna.

◦ Którym wykładowcom uniwersyteckim i studiowaniu jakich książek zawdzięcza Pan najwięcej dla swojej formacji astronomicznej?

• W trakcie moich studiów wykłady z przedmiotów astronomicznych prowadzili głównie tzw. samodzielni pracownicy naukowi: doc. Kazimierz Kordylewski, prof. Karol Kozieł i prof. Eugeniusz Rybka (od 1958

roku). Ćwiczenia i niektóre inne zajęcia mieli z nami adiunkci i asystenci, m. in. Józef Masłowski, Jan Mietelski, Rozalia (Róża) Szafraniec, Aldona Szczepanowska i Wiesław Wiśniewski.

Podstawą zdobywania wiedzy były oczywiście wykłady. Sytuacja była szczególna, gdyż począwszy od drugiego roku na poszczególnych latach studiowało zaledwie kilkoro studentów, więc wszyscy byli doskonale znani wykładowcom i nie była możliwa absencja bez poważnej przyczyny, tym bardziej, że część wykładów odbywała się przy jednym stole w sali na pierwszym piętrze, będącej równocześnie gabinetem dyrektora (prof. Rybki) i sekretariatem.

Niewątpliwie, najciekawsze były wykłady doc. Kordylewskiego, który prowadził je w sposób niezwykle interesujący, łącząc teorię z praktycznym zastosowaniem, co miało szczególne znaczenie na zajęciach z astronomii sferycznej i praktycznej. Niespodzianką była forma egzaminu. Docent Kordylewski przedstawiał studentowi do rozwiązania jakiś problem nawiązujący do wykładów. Można było przy tym korzystać z własnych notatek. Ten sposób egzaminowania wymagał od studenta myślenia, a nie zapamiętywania wzorów.

Jakkolwiek podstawą zdobywania wiedzy były wykłady, to w latach 50. XX wieku spośród podręczników akademickich, z których korzystaliśmy, podstawowym była „Astronomia ogólna" autorstwa Eugeniusza Rybki. Pierwsze wydanie książki ukazało się nakładem PWN w 1952 roku. Podręcznik miał siedem kolejnych wydań poprawianych i uzupełnianych przez Autora. Ostatnie wydanie ukazało się w 1983 roku, a biorąc pod uwagę wszystkie wydania, na półkach księgarskich znalazło się ponad 70 tysięcy egzemplarzy tego podręcznika. W pełni uzasadniona jest opinia, że z „Astronomii ogólnej", tzw. „Dużego Rybki", (w odróżnieniu od podręcznika szkolnego zwanego „Małym Rybką") uczyły się co najmniej dwa pokolenia współczesnych polskich astronomów.

Oprócz „Astronomii ogólnej" studenci kolejnych lat korzystali też z kilku innych podręczników: „Astronomii sferycznej" Józefa Witkowskiego (wyd. 1953), „Astrofizyki ogólnej" Włodzimierza Zonna (1955), „Astronomii gwiazdowej" Włodzimierza Zonna i Konrada Rudnickiego (1957), a także ze skryptu Tadeusza Banachiewicza „Metody rachunków astronomicznych". W skrypcie tym, wydanym w 1952 roku, były m. in. podstawy rachunku krakowianowego, odgrywającego ważną rolę w mechanice nieba wykładanej przez prof. Kozieła na IV roku studiów.

∘ Jaki był temat Pana pracy magisterskiej? Kto był jej opiekunem? Czy wykonywał ją Pan z pasją czy bardziej z poczucia obowiązku?

• Temat pracy magisterskiej proponowany był studentom na ogół w połowie IV roku i w dużej mierze mieścił się w zainteresowaniach profesorów Obserwatorium i docenta Kordylewskiego. Mnie interesowały raczej prace o charakterze obserwacyjnym, dlatego zgłosiłem się do prof. Rybki, który zaproponował temat: „Wyznaczenie spektralnej czułości fotometru fotoelektrycznego Obserwatorium Krakowskiego". Celem głównej części pracy było wyznaczenie indeksów barwy wybranych gwiazd za pomocą krakowskiego fotometru. Miało to umożliwić nawiązanie punktu zerowego i skali krakowskiej fotometrii do fotometrii wrocławskiej.

Część obserwacyjna pracy była wykonana za pomocą fotometru fotoelektrycznego, zainstalowanego przy 20 cm refraktorze firmy Grubb, w zachodniej kopule Obserwatorium Krakowskiego przy ulicy Kopernika 27. Fotometr był wyposażony w fotopowielacz ФЭУ-17 produkcji radzieckiej oraz filtry: niebieski i żółty, o charakterystyce spektralnej zbliżonej do filtrów B oraz V w fotometrii UBV Johnsona – Morgana. Prąd z fotopowielacza był wzmacniany, a wartości natężenia prądu były odczytywane na galwanometrze i zapisywane ręcznie. Taki sposób rejestracji wymagał przy obserwacjach obecności dwóch osób. W moich obserwacjach uczestniczyli głównie mgr Maciej Winiarski i Maryla Kurpińska, a znaczącą pomoc w sprawach technicznych okazywał mgr inż. Józef Masłowski. Obserwacje do pracy prowadziłem od lutego do kwietnia 1963 r.

Tak się złożyło, że 6 lutego 1963 r. odkryto w gwiazdozbiorze Herkulesa gwiazdę nową, która później otrzymała nazwę Nova Herculis 1963 (V533 Her). Gwiazda była relatywnie bardzo jasna (w maksimum ok. 4 wielkości gwiazdowej) i w tym czasie była dobrze widoczna niemal przez całą noc. Dlatego razem z Maciejem Winiarskim (za zgodą prof. Rybki) uznaliśmy, że warto oprócz obserwacji do pracy magisterskiej obserwować również zmiany jasności Nowej Herkulesa. Obserwacje prowadziliśmy od 11 lutego do 28 sierpnia 1963. Później gwiazdy nie dało już się obserwować ze względu na niewielką jasność i niskie położenie nad horyzontem. Wyniki obserwacji zostały opublikowane w 1966 roku w „Acta Astronomica".

Obserwacje do pracy magisterskiej, jak też obserwacje Nowej Herkulesa 1963, oczywiście zależały od bezchmurnej pogody, toteż wymagały od obserwatora pełnej gotowości i zaangażowania. Wielokrotnie zdarzało się, że po krótkim czasie od rozpoczęcia obserwacji niebo pokrywało się chmurami i obserwacje należało przerwać. Nie zniechęcało mnie to i w kolejny wieczór ponownie je podejmowałem, nawet w sobotę czy

niedzielę.

◦ Magisterium i co dalej? Pierwszy angaż, pierwsze badania i publikacje naukowe?

• Na piątym roku studiów nie miałem określonych planów odnośnie dalszej pracy, przy czym nie wykluczałem pracy w szkole. W programie studiów astronomii był obowiązkowy przedmiot (z egzaminem!) „metodyka nauczania astronomii", prowadzony przez prof. Kozieła. Nadobowiązkowo zaliczyłem „Metodykę nauczania fizyki" i praktykę szkolną. Dodatkowo uczęszczałem na zajęcia I roku geografii, gdzie zaliczyłem i zdałem egzaminy z meteorologii z klimatologią, kartografii oraz topografii, co jak mi się wydawało, również mogło być użyteczne w pracy nauczyciela. Oceniałem, że szanse na zatrudnienie w Obserwatorium były niewielkie, tym bardziej, że nie było wiadomo czy w najbliższym roku Obserwatorium uzyska jednoroczny etat stażysty.

Po egzaminie magisterskim zastanawiałem się nad kontynuowaniem dalszych studiów na geografii, mając nadzieję na udział w pracach badawczych Obserwatorium, choćby w charakterze wolontariusza.

Sytuacja radykalnie zmieniła się w czasie wakacji. Prof. Rybka zawiadomił mnie, że mgr Wojciech Dziembowski (dotąd zatrudniony na etacie stażysty) zdecydował się na przejście do Obserwatorium Warszawskiego, gdzie miał szanse rozwijania zainteresowań astrofizyką teoretyczną. Tym samym zwolnił się przeznaczony dla niego etat asystenta. Oczywiście, z propozycji objęcia etatu asystenta bardzo się ucieszyłem. Jak się okazało, zadecydowało to o moich dalszych losach zawodowych. Niemal przez pięćdziesiąt lat byłem pracownikiem naukowo-dydaktycznym w szkołach wyższych: Uniwersytecie Jagiellońskim, Uniwersytecie Śląskim oraz Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie (obecnie Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej), gdzie zajmowałem kolejne stanowiska nauczyciela akademickiego, aż do profesora zwyczajnego włącznie.

Pracę w Katedrze Astronomii Obserwacyjnej UJ rozpocząłem 1 października 1963 roku. Wkrótce włączyłem się w prowadzenie obserwacji astronomicznych fotometrem fotoelektrycznym, którego obsługę opanowałem na potrzeby pracy magisterskiej. Obserwowałem także zakrycia gwiazd przez Księżyc tradycyjną metodą nazywaną „oko-ucho", a nawet przeloty pierwszych sztucznych satelitów Ziemi, gdyż w Obserwatorium Krakowskim przez pewien czas była stacja obserwacji SSZ, kierowana przez doc. Kordylewskiego.

Byłem również jednym z pracowników, którzy codziennie (na żywo!) o godzinie 12 nadawali radiowy sygnał czasu. Sygnał był nadawany z budynku przy ulicy Kopernika 27 i wysyłany do pierwszego (ogólnopolskiego) programu Polskiego Radia. Rozpoczynał się minutę przed godziną 12 nadawaniem 24 jednosekundowych „kresek" z przerwami również jednosekundowymi, po których następowała krótka przerwa zakończona pięcioma krótkimi „kropkami", z których ostatnia oznaczała dokładnie godzinę 12.00. Dokładność sygnału wynosiła przynajmniej ½ sekundy. Bezpośrednio po sygnale był transmitowany hejnał z wieży Mariackiej w Krakowie. Sygnał z Obserwatorium Krakowskiego zaprzestano nadawać 1 kwietnia 1984 r.

Ważną częścią mojej pracy była pomoc prof. Rybce w załatwianiu niektórych spraw związanych z budową nowego Obserwatorium na Forcie Skała, którego otwarcie miało nastąpić w maju 1964 roku, z okazji 600-lecia Uniwersytetu Jagiellońskiego. Jeszcze w czasie studiów prof. Rybka, wiedząc o moich zainteresowaniach fotograficznych, prosił mnie o częste wyjazdy do Fortu Skała i sporządzanie dokumentacji fotograficznej postępującej budowy. Począwszy od 1964 roku uczestniczyłem w przenoszeniu z budynku przy ul. Kopernika i ustawianiu w nowym miejscu niektórych instrumentów (m. in. podwójnego astrografu 2×12 cm) oraz we wstępnych pracach regulacyjnych nowego 35 cm teleskopu Maksutowa-Cassegraina. Wspólnie z Marylą Kurpińską wyznaczyliśmy metodami astronomicznymi współrzędne geograficzne wybranego punktu na tarasie w Obserwatorium na Forcie Skała (wtedy jeszcze w Polsce nie stosowano GPSu!).

Jako asystent w Katedrze prof. Rybki, blisko współpracowałem z docentem Kazimierzem Kordylewskim, który wprowadzał mnie w różne problemy naukowe, między innymi dotyczące tzw. obłoków libracyjnych w punktach L_4 oraz L_5 układu Ziemia – Księżyc. Doc. Kordylewski udzielał mi także cennych wskazówek związanych z obserwacjami oraz dzielił się ze mną informacjami na temat redagowanego przez siebie „Dodatku Międzynarodowego do Rocznika Astronomicznego Obserwatorium Krakowskiego" (SAC).

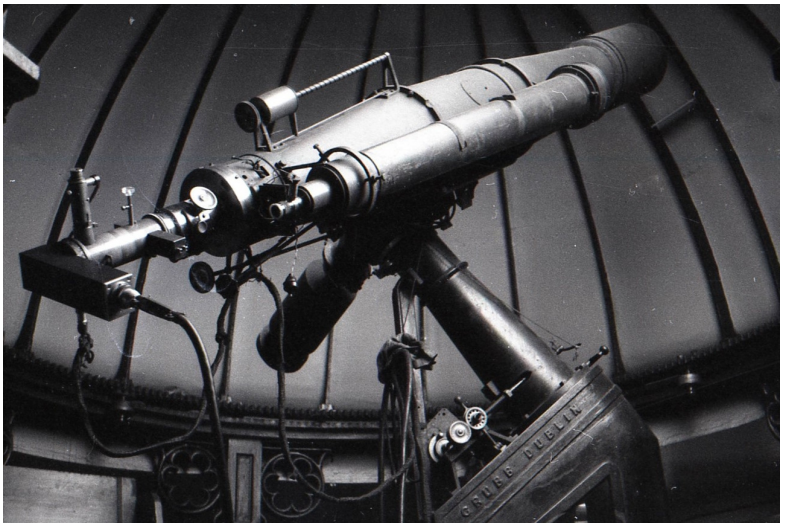
Doc. Kordylewski zaproponował mi również wspólny wyjazd do Obserwatorium Astronomicznego w Piszkéstető (góry Matra na Węgrzech) w dniach 20 I – 10 II 1964 celem obserwacji wizualnych wybranych

gwiazd zmiennych zaćmieniowych. Moją rolą było przygotowanie programu obserwacji oraz ich wstępna redukcja, natomiast obserwacje prowadził doc. Kordylewski przywiezioną z Krakowa tzw. lunetą ekspedycyjną, o średnicy obiektywu 20 cm. Głównym celem wyjazdu było uzyskanie momentów minimów wybranych gwiazd zaćmieniowych, dla kontroli i ewentualnego poprawienia wartości okresu przy obliczeniach efemeryd we wspomnianym „Roczniku Astronomicznym".

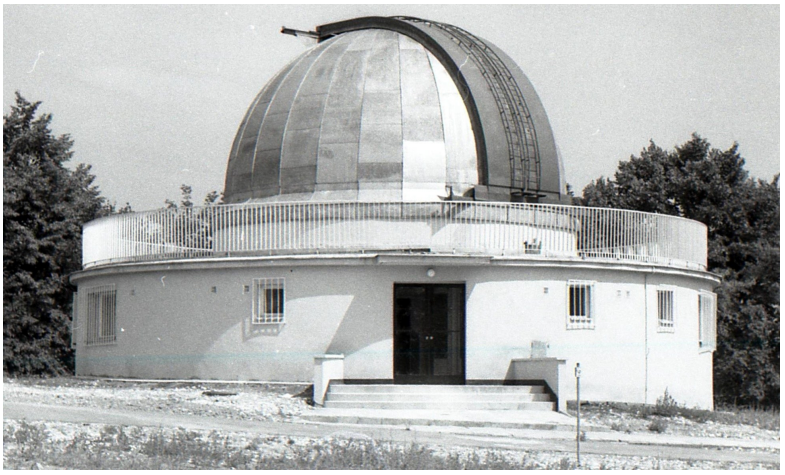
Kolejny wyjazd zagraniczny, w którym towarzyszyłem doc. Kordylewskiemu był do Obserwatorium Astronomicznego w Tautenburgu w pobliżu Jeny (dawne NRD) w dniach 25 I – 2 II 1966. Firma Carl Zeiss umieściła tam jedną z największych na świecie kamer Schmidta, o średnicy głównego zwierciadła 2 m i średnicy płyty korekcyjnej 134 cm. Na prośbę doc. Kordylewskiego teleskopem tym wykonano serię fotografii otoczenia punktów libracyjnych L_4 oraz L_5, a celem wyjazdu było poszukiwanie na uzyskanych kliszach materii w formie większych brył skalnych. Choć wyniki poszukiwań, wykonywanych na miejscu nowoczesnym komparatorem błyskowym Zeissa, nie dały pozytywnych wyników, poznanie Obserwatorium i praca na komparatorze były dla mnie bardzo cenne.

Po roku 1964 prace obserwacyjne w coraz większym stopniu były prowadzone na Forcie Skała, gdyż w latach sześćdziesiątych stopniowo pogarszały się warunki obserwacyjne przy ulicy Kopernika, co przede wszystkim ograniczało możliwości obserwacji fotometrycznych 20 cm refraktorem Grubba. Refraktor ten, po przeniesieniu do jednej z kopuł na Forcie Skała, został gruntownie wyremontowany, zbudowano nowy fotometr, a także zmieniono formę zapisu obserwacji. Nieco później (w 1972 r.), na Forcie Skała uruchomiono także nowy teleskop firmy Carl Zeiss Jena, o średnicy zwierciadła 50 cm, którym również początkowo prowadziłem obserwacje fotometryczne.

Na Forcie Skała pozostawała jednak niezagospodarowana największa kopuła, o średnicy 8 metrów, zwana popularnie „rotundą". Być może nazwa ta związana była z faktem, że wokół pomieszczenia pod przyszły teleskop było kilka pokoi przeznaczonych na pracownie naukowe, ciemnia fotograficzna i miejsce dla sterowania planowanym teleskopem, który prof. Rybka zamierzał umieścić w centralnej części. Miał to być teleskop o średnicy zwierciadła 70 cm produkowany przez firmę ЛОМО w Leningradzie (Ленинградское оптико-механическое объединение). Prof. Rybka uzyskał od producenta wstępną ofertę sprzedaży teleskopu, a od Ministerstwa zapewnienie o przyznaniu niezbędnych środków na ten cel.



Refraktor GRUBB z fotometrem fotoelektrycznym w zachodniej kopule Obserwatorium Krakowskiego przy ul. Kopernika (ok. 1963 r.).



Pawilon z kopułą o średnicy 8 m na Forcie Skała (ok. 1964 r.).

◦ Czy przed doktoratem odbywał Pan jakiś staż zagraniczny?

• Prof. Eugeniusz Rybka uważał, że dla rozwoju badań naukowych w Obserwatorium podstawowe znaczenie ma szeroko pojęta współpraca zagraniczna, przy czym szczególnie ważne są dłuższe zagraniczne staże naukowe młodych pracowników. Mając liczne kontakty naukowe, szczególnie z astronomami radzieckimi, zaproponował mi odbycie w 1967 roku sześciomiesięcznego stażu w Krymskim Obserwatorium Astrofizycznym Radzieckiej Akademii Nauk, jednego z wiodących naukowych instytutów astronomicznych b. ZSRR. Obserwatorium znajdowało się w centralnej części Krymu, w miejscowości Naucznyj, nieopodal Bakczysaraju.

Obserwatorium Krymskie dysponowało wtedy kilkoma dużymi teleskopami, średnica zwierciadła największego z nich wynosiła 264 cm. Różnymi teleskopami prowadzono w szerokim zakresie obserwacje fotometryczne, spektroskopowe i fotograficzne, a nawet stosowano kamery

telewizyjne w obserwacjach wybranych obiektów na niebie. Zajmowano się również mechaniką nieba oraz heliofizyką. Obserwatorium miało rozbudowaną część laboratoryjną, specjalistyczne warsztaty i dużą bibliotekę. Personel całego Obserwatorium obejmował blisko 200 osób.

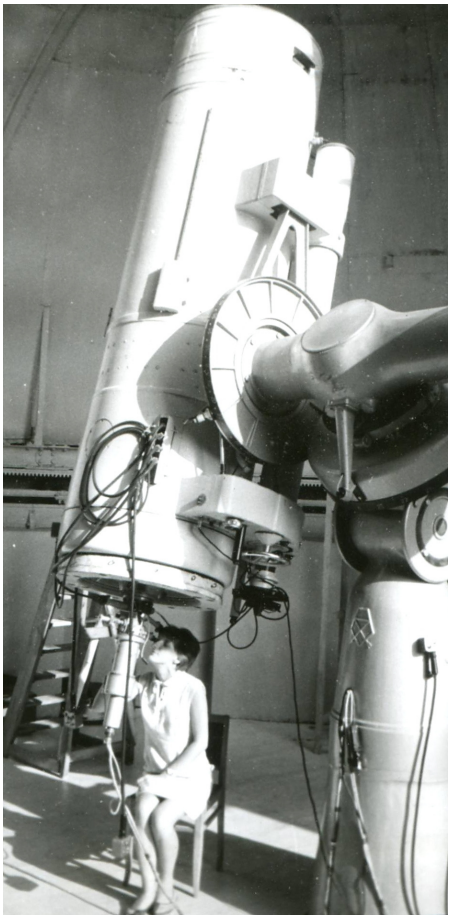
W trakcie pobytu miałem okazję zapoznać się z wieloma dziedzinami prowadzonych tam badań, a także samodzielnie prowadzić obserwacje fotometryczne gwiazd zmiennych, krótkoogniskowym teleskopem o średnicy zwierciadła 64 cm.

Jednym z istotnych celów mojego wyjazdu, wyznaczonym przez prof. Rybkę, było zapoznanie się z 70 cm teleskopem AZT-8, jaki w następnym roku miał być zakupiony i ustawiony w Krakowie na Forcie Skała. Identyczny bowiem teleskop znajdował się w stacji Krymskiego Obserwatorium, w miejscowości Simeiz, na południowym wybrzeżu Krymu. W trakcie pobytu wyjechałem na dwa tygodnie do Simeizu, aby zapoznać się z tym teleskopem i przeprowadzić próbne obserwacje fotometryczne. Dostrzegłem pewne niedogodności w obsłudze teleskopu, które – jak sądziłem – można będzie łatwo usunąć w zamówionym egzemplarzu dla Obserwatorium Krakowskiego.

Prof. Rybka ustalił przed wyjazdem, że mając już doświadczenie z pracą 70 cm teleskopu, będzie wysoce korzystne, aby pod koniec pobytu w Związku Radzieckim odwiedzić również zakłady ЛОМО w Leningradzie i na miejscu przedyskutować różne problemy techniczne związane z wyposażeniem, ewentualnymi drobnymi modyfikacjami teleskopu oraz jego dostawą do Krakowa. Mój wyjazd z Krymu do Leningradu (po załatwieniu na miejscu różnych zezwoleń) nastąpił we wrześniu 1967 roku. W zakładach ЛОМО spotkałem się z życzliwym przyjęciem, ale żadnych konkretnych ustaleń nie podjęto. Przy okazji mogłem również poznać znane Obserwatorium Astronomiczne w Pułkowie, na przedmieściach Leningradu.

◦ Czy przebywając w Simeizie w 1967 roku miał Pan okazję podziwiać radioteleskop RT-22, oddany do użytku rok wcześniej, do dziś pozostający w świetnej kondycji badawczej?

• O ile sobie przypominam, w czasie mojego pobytu na Krymie radioteleskop RT-22 o średnicy anteny 22 metry (zlokalizowany w pobliżu Simeizu) był dopiero w trakcie wstępnych obserwacji. Nie miałem okazji bliższego zapoznania się z tym radioteleskopem, tym bardziej, że w Simeizie byłem zajęty własnymi obserwacjami. Zresztą radioastronomia nie była domeną moich zainteresowań badawczych.



70 cm teleskop AZT-8 w Simeizie.

◦ Jak wspomina Pan swoje działania wiodące do doktoratu?

• Wkrótce po powrocie z Krymu zwróciłem się z prośbą do prof. Rybki o wskazanie tematu pracy doktorskiej, ponieważ byłem już autorem (lub współautorem) kilku publikacji naukowych. Prof. Rybka, który wkrótce miał przejść na emeryturę, przekonał mnie, że lepiej będzie abym w tej sprawie zwrócił się do docenta Kordylewskiego, tym bardziej, jak mi powiedział nieoficjalnie, chciałby wkrótce wystąpić dla doc. Kordylewskiego o tytuł profesorski, a promotorstwo pracy doktorskiej istotnie wsparłoby taki wniosek. Prof. Rybka zapewnił mnie także, że mogę liczyć na jego konsultacje przy wykonywaniu pracy doktorskiej, a wcześniej porozmawia na temat doktoratu z przyszłym promotorem.

Wkrótce doszło do mojego spotkania z doc. Kordylewskim, który zaproponował, abym w pracy doktorskiej przeanalizował hipotetyczny efekt przyspieszenia Słońca względem najbliższych gwiazd. W astronomii bardzo dobrze jest znana prędkość Słońca w odniesieniu do otaczających gwiazd, wynosząca ok. 20 km/s, niezależnie od prędkości wynikającej z ruchu Słońca wokół środka Galaktyki. Pozostaje jednak otwarty

problem, czy ze Słońcem związany jest również pewien wektor przyspieszenia, które (teoretycznie rzecz biorąc) mogłoby być powodowane bliżej nieznaną masą.

Przyspieszenie w ruchu Słońca powinno objawiać się zmianami okresu obserwowanych gwiazd zaćmieniowych. Jeśli przyjmiemy, że jedynym efektem ich zmian okresu jest przyspieszenie Słońca, to gwiazdy zaćmieniowe znajdujące się w przestrzeni najbliżej kierunku wektora przyspieszenia będą wykazywać największe zmiany okresu, reprezentowane na diagramie O-C parabolą. Gwiazdy znajdujące się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku wektora przyspieszenia, zmian okresu nie będą wykazywać.

Efekt ten był już wstępnie analizowany na niewielkim materiale obserwacyjnym przez Zbigniewa Kordylewskiego oraz Różę Szafraniec, ale otrzymane wyniki były obarczone dużymi błędami i wynik nie był wiarygodny.

Na potrzeby pracy wybrałem 137 gwiazd zaćmieniowych, które były obserwowane przynajmniej około 30 lat i znane były z literatury momenty minimów tych gwiazd. W kolejnym etapie konstruowałem diagramy O-C, a następnie, korzystając z maszyny cyfrowej (komputera) „ODRA 1204", wyznaczałem współczynniki paraboli będące miarą zmian okresu. Otrzymana przeze mnie wartość przyspieszenia Słońca wyniosła 5.0 km/d^2, z błędem 6.4 km/d^2, i była kilkakrotnie mniejsza od wartości uzyskanych wcześniej przez wspomnianych wyżej autorów. Duży błąd wyniku co najwyżej mógł być górną wartością hipotetycznego przyspieszenia, o ile ono faktycznie istnieje. W pracy również wyznaczyłem (z dużym błędem) miejsce na niebie określające kierunek wektora przyspieszenia. Jednak współrzędne tego miejsca również okazały się wysoce niepewne, gdyż gwiazdy, dla których były znane diagramy O-C, były nierównomiernie rozmieszczone na niebie, przy czym znaczny deficyt materiału obserwacyjnego dotyczył południowej półkuli nieba.

◦ Kiedy uzyskał Pan doktorat z astronomii? Jak przedstawiały się sprawy formalne związane z doktoratem w tamtych czasach?

• Strona formalna doktoratu była podobna do dzisiejszej. Pierwszym etapem było tzw. otwarcie przewodu doktorskiego na wniosek jednostki zatrudniającej przyszłego doktoranta i powołanie promotora, którym został, w moim przypadku, docent Kordylewski. Zgodnie z jego sugestią rozprawę doktorską zatytułowałem „Zmienność fotometrycznych periodów gwiazd zaćmieniowych".

Sprawy formalne były w gestii ówczesnej Rady Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii UJ, która również formalnie powoływała recenzentów pracy doktorskiej. W międzyczasie doktorant przystępował do egzaminu doktorskiego obejmującego tematykę pracy, w moim przypadku astronomię gwiazdową. Ponadto należało zdać egzamin z filozofii na podstawie wskazanych przez egzaminatora lektur. Po uzyskaniu pozytywnych recenzji rozprawy i zdaniu obu egzaminów doktorant przestępował do publicznej obrony, która w moim przypadku odbyła się 25 czerwca 1970 r. Po obronie powołana wcześniej komisja wnioskowała do Rady Wydziału o nadanie stopnia doktora. Ze względów organizacyjnych dopiero po paru miesiącach następowała uroczysta promocja w auli UJ. Zgodnie z wieloletnią tradycją promocja była w języku łacińskim w obecności prorektora, dziekana oraz promotora. Wszyscy profesorowie, podobnie jak doktorant, występowali w togach.

◦ Między doktoratem i habilitacją. Jak przebiegała wtedy Pana kariera naukowa? W jakim stopniu odbyte zagraniczne staże naukowe (jakie?) wpłynęły na uzyskanie habilitacji?

• Z początkiem lat 70. kontynuowałem obserwacje fotometryczne wybranych gwiazd zmiennych w Obserwatorium na Forcie Skała, a także prowadziłem obserwacje fotograficzne komet. Równocześnie rozszerzałem swoje zainteresowania na problemy astrofizyczne, związane ze zmianami okresu orbitalnego wybranych układów podwójnych gwiazd. M. in. z mojej inicjatywy, wspólnie z dr. Zbigniewem Klimkiem, opublikowaliśmy szczegółową analizę zmian okresu znanej gwiazdy *Beta Lyrae*. Podstawą badań było zgromadzenie ponad 2000 momentów minimów tej gwiazdy, obserwowanej w latach 1784-1971. *Beta Lyrae* była również obserwowana przez nas fotoelektrycznie w Obserwatorium na Forcie Skała w 1973 r., a wyniki podaliśmy w kolejnej pracy, również opublikowanej w Acta Astronomica. Moje zainteresowania skupiały się również na „fizycznych" przyczynach zmian okresu. Wspólnie z Douglasem Hallem z USA przeanalizowaliśmy zmiany okresu jako efekt utraty masy dla 34 gwiazd typu *RS Canum Venaticorum* (CVn). W jednej z ważniejszych prac (wspólnie z Januszem Ziółkowskim) poddaliśmy analizie status ewolucyjny 18 układów typu Algola.

Około 1975 roku, w ramach tzw. wielostronnej współpracy akademii nauk krajów socjalistycznych, włączyłem się w prace komisji zatytułowanej „Fizyka i Ewolucja Gwiazd". W programie oprócz ZSRR uczestniczyła Polska, NRD, Czechosłowacja, Węgry, Rumunia i Bułgaria. Instytucjonalnie Polskę reprezentowało Centrum Astronomiczne PAN im.

Kopernika w Warszawie (CAMK). Program ten był finansowany częściowo przez PAN i dawał możliwość udziału w organizowanych corocznie konferencjach, nawiązywania kontaktów naukowych z astronomami wymienionych krajów, a także odbywania krótkoterminowych staży w charakterze *visiting professor*. W ramach programu (nazywanego skrótowo WWA) nawiązałem ścisłą współpracę z Instytutem Astronomii Słowackiej Akademii Nauk w Tatrzańskiej Łomnicy. Moimi współpracownikami byli: m. in. prof. Jozef Tremko, dr Vladimir Bahyl i dr Teodor Pribulla. Współpraca ta była dla mnie szczególnie istotna, gdyż po przejściu do Uniwersytetu Śląskiego (1976 r.) nie miałem możliwości prowadzenia obserwacji w Krakowie. Natomiast dzięki obserwacjom fotometrycznym gwiazd zmiennych wykonywanym w Obserwatorium Skalnaté Pleso oraz w Novej Lesnej pozyskiwałem dane obserwacyjne, które opracowywaliśmy wspólnie z astronomami słowackimi. W okresie 1978-2008 ukazało się drukiem ponad 30 wspólnych prac i doniesień konferencyjnych.

Po uzyskaniu doktoratu opublikowałem kilkanaście prac ze wspomnianej tematyki, zatytułowanych łącznie „Interpretacja fizyczna zmian okresów orbitalnych w ciasnych układach podwójnych gwiazd". Wspomniane prace były podstawą uzyskania w październiku 1979 r. stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych (w zakresie astronomii) w Uniwersytecie Jagiellońskim. Zgodnie z ówczesnymi przepisami, habilitację zatwierdziła w styczniu 1980 r. Centralna Komisja Kwalifikacyjna ds. Tytułów i Stopni Naukowych.

W czasie uroczystej promocji habilitacyjnej, która odbyła się 4 czerwca 1980 w dawnej auli Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego, miałem okazję w imieniu wszystkich habilitantów wygłosić krótkie przemówienie.

Uzyskanie habilitacji było podstawą do awansu na stanowisko docenta i powołania mnie na kierownika Zakładu Astronomii w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego.

Dorobek naukowy, a także organizacja prac naukowych w nowym Obserwatorium na Suhorze, były podstawą wszczęcia przez ówczesną Wyższą Szkołę Pedagogiczną procesu o nadanie mi tytułu profesora. Istotnym wsparciem w tym procesie, w którym również oceniano osiągnięcia dydaktyczne oraz wkład w kształcenie młodej kadry, było promotorstwo przewodu doktorskiego mgr Zbigniewa Głowni, przeprowadzonego w Centrum Astronomicznym PAN w Warszawie, a także opracowanie podręcznika uniwersyteckiego „Astronomia z astrofizyką". Na wniosek

Centralnej Komisji Kwalifikacyjnej tytuł profesora nadzwyczajnego nauk fizycznych otrzymałem w lutym 1990 roku.

◦ Czy przypomina sobie Pan pierwsze prowadzone przez siebie zajęcia dydaktyczne ze studentami? Jak odnajdował się Pan w roli nauczyciela akademickiego? Czy działalność dydaktyczna dawała Panu satysfakcję?

• Niestety nie przypominam sobie pierwszych prowadzonych zajęć dydaktycznych po rozpoczęciu pracy w Obserwatorium Krakowskim. Natomiast nieco później, w ramach ćwiczeń z astrofizyki obserwacyjnej, zaznajamiałem studentów z obserwacjami prowadzonymi w Obserwatorium na Forcie Skała. M. in. były to obserwacje podwójnym astrografem, który wówczas był ustawiony w najwyżej położonej kopule. Studenci poznawali sposób umieszczania klisz w kasetach (po ciemku!), prowadzenia teleskopu w czasie dłuższych ekspozycji, wreszcie samodzielnie wywoływali i utrwalali naświetlone klisze. Osobnym tematem zajęć było korzystanie z komparatora celem wyznaczenia pozycji obserwowanego ciała niebieskiego.

Gdy w 1976 roku podjąłem pracę w Uniwersytecie Śląskim przydzielono mi wykłady i ćwiczenia z astronomii dla studentów fizyki oraz z astronomicznych podstaw geografii dla studentów geografii. Zajęcia te wchodziły w zakres studiów stacjonarnych, ale również, w nieco mniejszym zakresie, studiów wieczorowych.

Zajęcia na Uniwersytecie Śląskim, podobnie jak w Krakowie, prowadziłem z przyjemnością, gdyż spotykałem się ze strony studentów fizyki, szczególnie na studiach wieczorowych, z żywym zainteresowaniem astronomią. Grupę tę tworzyli słuchacze będący najczęściej czynnymi nauczycielami (niektórzy nawet dyrektorami szkół) i do zdobycia odpowiedniego wykształcenia podchodzili z należną powagą i zainteresowaniem. Niewielka część studentów nie była związana z zawodem nauczycielskim, ale często były to osoby, które wcześniej z różnych względów przerwały studia fizyki.

◦ Jest Pan autorem dwóch wspaniałych podręczników akademickich. Jaka była motywacja do ich napisania?

• Dydaktyka prowadzona w Uniwersytecie Śląskiem, a później w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie, zainspirowała mnie do podjęcia prac nad podręcznikiem zatytułowanym „Astronomia z astrofizyką”, który byłby dostosowany do programu moich wykładów z astronomii, nie tylko dla studentów fizyki, ale również dla studentów pokrewnych kierunków. Jak się później okazało, podręcznik znalazł szerokie uznanie

wśród nauczycieli oraz uczniów szkół średnich, zainteresowanych astronomią. Książka ukazała się w 1988 r. nakładem Państwowego Wydawnictwa Naukowego w nakładzie 8000 egzemplarzy. Wydanie drugie dotarło do księgarń w 1992 r.

Pracując nad podręcznikiem uznałem, że fundamentem wiedzy o Wszechświecie są obserwacje astronomiczne, które omówiłem już w pierwszym rozdziale książki. Przedstawiłem w nim obszerny przegląd metod obserwacji ze szczególnym uwzględnieniem obserwacji prowadzonych spoza atmosfery ziemskiej (według stanu wiedzy aktualnego ok. 1986 r.). Natomiast tylko w niewielkim stopniu uwzględniłem zagadnienia astronomii sferycznej i praktycznej, m. in. zrezygnowałem z omówienia układów współrzędnych sferycznych, metod wyznaczania współrzędnych geograficznych, pominąłem problem czasu w astronomii. Natomiast zdecydowana większość treści podręcznika dotyczyła zagadnień astrofizycznych, począwszy od fizyki Układu Planetarnego, poprzez heliofizykę, budowę i ewolucję gwiazd, aż po elementy astronomii pozagalaktycznej i kosmologii.



Pierwsze strony okładek opisanych podręczników akademickich.

Drugi z moich podręczników, p. t. „Ziemia i Wszechświat", opublikowało w 2009 r. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Książka powstała na podstawie wykładów dla I roku geografii w Uniwersytecie Śląskim i krakowskiej WSP w latach 1976-2008. Przy opracowaniu książki brałem pod uwagę, że główni adresaci

książki – studenci geografii – na ogół wykazywali słabe przygotowanie z matematyki i fizyki. Dlatego unikałem skomplikowanych wzorów matematycznych, a ponadto często zamieszczałem przykłady szczegółowych obliczeń. Książka zawiera bardziej dokładne objaśnienie zjawisk związanych z ruchem obrotowym i obiegowym Ziemi. Starałem się także zwrócić uwagę czytelnika na fakt, że wiele zjawisk astronomicznych ma swoje odzwierciedlenie w naukach humanistycznych, w tym: w historii i literaturze.

◦ Przez wiele lat współpracował Pan z Planetarium Śląskim, angażując się m. in. w organizację olimpiad astronomicznych. Jak Pan postrzega rolę planetariów, a także olimpiad astronomicznych, jeśli chodzi o społeczną edukację w zakresie astronomii?

• Przeniesienie do Uniwersytetu Śląskiego zapoczątkowało również moją wieloletnią współpracę z Planetarium Śląskim. Placówka ta umożliwiła mi prowadzenie specjalnego seansu ilustrującego treści wykładu. Seans taki odbywał się dla każdej grupy studenckiej na ogół raz w roku. W programie pokazu było także krótkie objaśnienie wyglądu nieba gwiaździstego, widocznego dokładnie w czasie danego seansu. Zwracałem uwagę słuchaczy na kilka najjaśniejszych gwiazd podając ich nazwy, oraz wskazywałem na „sztucznym niebie" Planetarium widoczne w danej porze roku gwiazdozbiory.

Przypominam sobie interesujące wydarzenie. Po zakończeniu jednego z wieczornych seansów wyszliśmy na taras Planetarium, skąd rozciągał się szeroki widok na niebo, które po deszczu całkowicie się wypogodziło. Świeciły gwiazdy, a powietrze było wyjątkowo przejrzyste. Zaproponowałem, aby studenci wskazali na rzeczywistym niebie kilka oglądanych wcześniej w Planetarium najjaśniejszych gwiazd oraz opisywanych charakterystycznych gwiazdozbiorów. Dodam, że dla ułatwienia wskazałem kierunek północy. Ku mojemu zdziwieniu, nikt z około 30 osobowej grupy nie potrafił wskazać i nazwać żadnej gwiazdy, nawet Polarnej, i nikt nie rozpoznał żadnego gwiazdozbioru. Utwierdziło mnie to w przekonaniu, że lekcji astronomii nie można prowadzić wyłącznie w odniesieniu do „sztucznego nieba" w planetarium, ale konieczne jest zapoznanie uczniów (w moim przypadku studentów) z „prawdziwym" niebem gwiaździstym nad naszymi głowami, choć rola planetarium w nauczaniu astronomii jest nie do przecenienia. Właśnie w planetarium można zademonstrować układy współrzędnych sferycznych, przyspieszony ruch Słońca, Księżyca i planet na tle gwiazd i zilustrować wiele innych zagadnień.

W owym czasie zetknąłem się bliżej z Olimpiadą Astronomiczną, corocznie organizowaną na miejscu przez Komisję Olimpiady kierowaną z pełnym oddaniem przez dr. Henryka Chrupałę, dyrektora Planetarium Śląskiego. Dla potrzeb Olimpiady wielokrotnie przygotowywałem projekty zadań. Nie przypuszczałem, że począwszy od roku 1993 przez 20 lat będę pełnić funkcję przewodniczącego Komitetu Głównego Olimpiady, zatwierdzającego zadania rachunkowe i obserwacyjne na zawody Olimpiady. Zadania te oceniali na specjalnym zebraniu członkowie Komitetu Głównego, powoływani spośród zawodowych astronomów, z kilku ośrodków astronomicznych w Polsce. Nie była to łatwa praca, prowadząca do szczegółowych dyskusji, w których członkowie Komitetu wyrażali obawy, czy poziom niektórych zadań nie jest zbyt wysoki. Po zakończeniu zawodów często jednak okazywało się, że pośród uczestników finału byli tacy, którzy nie tylko rozwiązywali najtrudniejsze zadania, ale nawet zdarzało się, że niektórzy proponowali prostsze rozwiązania niż członkowie Komitetu.

W listopadzie 2007 roku zainaugurowana została również Międzynarodowa Olimpiada z Astronomii i Astrofizyki, przy czym Polska była jednym z inicjatorów powołania tej olimpiady, na wzór Olimpiady Fizycznej. Uczestniczyłem jako opiekun polskich olimpijczyków (wraz z dr. Grzegorzem Stachowskim) w pierwszej edycji Olimpiady Międzynarodowej, zorganizowanej w Chiang-Mai w Tajlandii z udziałem reprezentacji 21 krajów. Z Polski uczestniczyło pięciu laureatów polskiej Olimpiady, zdobywając na międzynarodowym forum 2 złote i 3 srebrne medale. Na bardzo dobry wynik w zawodach Olimpiady Międzynarodowej niewątpliwie miał wpływ wysoki poziom olimpiad organizowanych od wielu lat przez Planetarium Śląskie.

◦ Na fali przemian ustrojowych zreformowano w Polsce system oświaty, w tym charakter edukacji szkolnej w zakresie astronomii. W jakim zakresie włączył się Pan w organizację zreformowanego nauczania astronomii?

• Jeszcze do lat 80. astronomia była oddzielnym przedmiotem w ostatniej klasie szkoły średniej w wymiarze jednej godziny tygodniowo, a przez krótki czas nawet przez 2 godziny tygodniowo, dla klas o profilu matematyczno-fizycznym. Lekcje astronomii najczęściej prowadzili fizycy lub geografowie. Ponieważ astronomia tylko przez krótki czas była przedmiotem maturalnym, a ponadto zajęcia szkolne dla maturzystów kończyły się już w kwietniu, najczęściej nie starczało już czasu na pełną realizację programu.

Sytuacja zmieniła się po kolejnej reformie szkolnej. Co prawda, zlikwidowano astronomię jako oddzielny przedmiot, ale hasła astronomiczne włączono do programu fizyki w klasie drugiej licealnej. To gwarantowało, że nauczycielami będą fizycy (lepiej przygotowani do nauczania astronomii niż geografowie), a poza tym nie będzie presji zbliżającej się matury.

W związku z reformą programu nauczania konieczne było przygotowanie nowych podręczników. Zadania tego podjęły się dr Barbara Sagnowska oraz dr Jadwiga Salach (z Zakładu Dydaktyki Fizyki WSP w Krakowie), które zaprosiły mnie do współpracy polegającej na przygotowaniu kilku rozdziałów, dotyczących haseł astronomicznych do podręcznika fizyki w klasie II licealnej. Pierwsze wydanie tego podręcznika ukazało się w 1988 roku nakładem Wydawnictw Szkolnych i Pedagogicznych. Po kolejnych reformach oświatowych i wprowadzaniu zmian w programie nauczania nadal przygotowywałem „rozdziały astronomiczne" do podręczników z fizyki, współpracując z różnymi autorami w ramach wydawnictwa „Zamiast Korepetycji". W ostatnich latach byłem również współautorem licealnego podręcznika z fizyki w zakresie rozszerzonym. W latach 2002, 2008 oraz 2013 Rada Polskiej Akademii Umiejętności, na wniosek Komisji PAU do Oceny Podręczników, wyróżniła kilka wspomnianych podręczników „za wybitny wkład intelektualny w ich poziom".

◦ W moim odczuciu, nauczyciele fizyki czy geografii nie mają dostatecznego przygotowania merytorycznego dla nauczania astronomii. Myślę, że takie przygotowanie wymagałoby co najmniej trzech lat systematycznego dziennego studiowania astronomii i dalszego samodzielnego studiowania w oparciu o stosowne podręczniki. Czy w tej sytuacji nie byłoby lepiej całkowicie odstąpić od nauczania astronomii w szkołach?

• „Odstąpienie" od nauczania astronomii w szkołach byłoby chyba zbyt radykalne. Widziałbym raczej konieczność korekty i uzupełnienia niektórych haseł astronomicznych w programie nauczania fizyki. Najważniejszą byłaby szeroka pomoc merytoryczna dla nauczycieli uczących treści astronomicznych w formie dokształcających kursów, nawet organizowanych zdalnie.

◦ Na przestrzeni ostatnich dekad byliśmy świadkami prób umniejszania astronomii jako nauki i degradacji jej do statusu jednego z działów fizyki. To nieporozumienie zdaje się umacniać i nie wróży dobrze astronomii. Jakie jest Pana zdanie w tej kwestii, jako człowieka, któremu przez dekady przyszło działać na styku między fizyką i astronomią.

• Niestety potwierdzam to spostrzeżenie. Należy przypomnieć, że przez pewien czas przedmiot w szkole miał nazwę „Fizyka z astronomią", a od kilkunastu lat nazwa ta zniknęła. Byłbym za reaktywowaniem tej nazwy, połączonej z analizą obecnych haseł programowych przy konsultacji ze środowiskiem astronomicznym.

W czasie wykładów zawsze podkreślałem istotną różnicę w metodologii fizyki i astronomii. W odróżnieniu od fizyki, gdzie podstawą jest doświadczenie, które może być wielokrotnie przeprowadzane w zmienianych warunkach, podstawą astronomii są obserwacje zjawisk, na które nie mamy żadnego wpływu. Nie możemy „powtórzyć" danego zjawiska astronomicznego, ani zmienić warunków jego przebiegu.

◦ Nie do przecenienia jest odpowiedzialna popularyzacja astronomii. Jakie formy wychodzenia z astronomią do szerokich kręgów postrzega Pan jako najbardziej godne rozwijania?

• Jesteśmy świadkami bardzo istotnej zmiany, jaka nastąpiła w ostatnich 20-30 latach, w dostępie do wiedzy i metod jej przekazywania. Jeszcze w latach 80. XX wieku bardzo istotną rolę w popularyzacji wiedzy odgrywały wydawnictwa książkowe, czasopisma popularnonaukowe, wykłady publiczne, a nawet radio. Obecnie absolutnie wiodącą rolę odgrywają: Internet i kilka kanałów telewizyjnych, specjalizujących się w popularyzacji wiedzy. Publiczne wykłady popularnonaukowe zdarzają się rzadko i gromadzą mniejszą liczbę słuchaczy niż dawniej. Wyjątek stanowią „uniwersytety trzeciego wieku", których słuchaczami są seniorzy. Liczba czytelników poszukujących artykułów popularnonaukowych w prasie czy decydujących się na zakup książek, również z dziedziny astronomii, zdecydowanie zmalała. Jako przykład odniosę się do końca lat 70. Wtedy zdecydowałem się na współpracę z tygodnikiem „Panorama", wychodzącym w Katowicach. Dla czytelników tego czasopisma raz w miesiącu, począwszy od stycznia 1977 roku, przygotowywałem krótkie artykuły p.t. „Niebo w styczniu", „Niebo w lutym" itd. W następnych latach ukazywały się kolejne serie artykułów, w których zwracałem uwagę na mitologiczny opis nieba, najważniejsze gwiazdozbiory, a ponadto ukazało się 12 jednoszpaltowych tekstów pod wspólnym tytułem „Niebo przez lornetkę". W każdym z tych artykułów podawałem również krótką informację o ciekawszych zjawiskach astronomicznych w danym miesiącu. Cykl przestał się ukazywać w listopadzie 1982 r.

◦ Banachiewiczowe „observo ergo sum" dotyka sedna astronomii. Jednak obserwacje, jeśli mają być wartościowe pod względem naukowym,

powinny być wykonywane z możliwie najwyższą precyzją. By to zabezpieczyć, trzeba się m. in. zatroszczyć o optymalne miejsce dla posadowienia instrumentów. Pan, jako obserwator i budowniczy Obserwatorium na Suhorze, borykał się z tym problemem przez dekady ...

• Wspomniałem już, że w latach 60. XX wieku prowadzenie obserwacji astronomicznych instrumentami znajdującymi się w budynku przy ulicy Kopernika w Krakowie było coraz bardziej utrudnione ze względu na silne rozświetlenie nieba oraz tzw. smog. Z nadzieją oczekiwaliśmy otwarcia Obserwatorium „Fort Skała", które jest położone ok. 100 m wyżej niż Kraków, a od miasta dzieli je Las Wolski. W planach budowy Obserwatorium zastrzeżono, że w promieniu jednego kilometra nie mogła powstać żadna zabudowa, a w promieniu trzech kilometrów nie wolno było budować większych bloków mieszkalnych i zakładów przemysłowych. Niestety po kilku latach okazało się, że z tymi ograniczeniami nikt się nie liczył.

Po roku 1990 nastąpił intensywny rozwój lotniska Balice, które po Okęciu stało się największym portem lotniczym w Polsce. Powstała autostrada na zachód od Obserwatorium, a także nastąpił gwałtowny rozwój budownictwa mieszkaniowego na południe od Fortu Skała (m. in. osiedle „Ruczaj").

To spowodowało, że wspólnie z Maciejem Winiarskim i Marylą Kurpińską myśleliśmy o znalezieniu miejsca pod stację obserwacyjną znacznie oddaloną od źródeł światła i dymów. Rozważaliśmy reaktywowanie Stacji Zamiejskiej na Lubomirze, spalonej w 1944 r. przez Niemców, jednak ta lokalizacja (jak wspominali obserwatorzy pracujący tam w okresie międzywojennym) nie była najlepsza ze względu na występujące mgły.

Innym pomysłem było umieszczenie niewielkiego teleskopu w rejonie Turbacza (1311 m n.p.m.). W tym celu w czerwcu 1971 r. zrobiliśmy wizję lokalną i odbyliśmy rozmowy z kierownikiem schroniska PTTK, który wstępnie wyraził zgodę na budowę niewielkiego pawilonu obserwacyjnego w pobliżu schroniska. Warto wspomnieć, że na Turbaczu była już pewna „tradycja" astronomiczna, gdyż czterokrotnie zorganizowano tam turnusy szkoleniowo-obserwacyjne PTMA. Jednak ze względu na trudności finansowe oraz zmiany personalne, jakie nastąpiły w Obserwatorium Krakowskim w 1976 r., zaniechano dalszych starań zmierzających do ewentualnego powstania pawilonu obserwacyjnego w pobliżu schroniska na Turbaczu.

◦ Mówią, że jest zdrowo astronomowi zmienić raz na czas miejsce pracy.

Posmakować różnych środowisk i starać się w nich odnaleźć. Jak to było w Pana przypadku?

• Uważam, że czasowa zmiana miejsca pracy naukowca ma bardzo istotne znaczenie dla jego badań naukowych. W niektórych krajach dłuższy staż naukowy w innym ośrodku stanowi wręcz warunek konieczny w tzw. awansie naukowym. Jak wspomniałem, pierwsze lata (1963-1976) pracowałem w Uniwersytecie Jagiellońskim i odbyłem w 1967 r. bardzo pożyteczny 6-miesięczny staż w Obserwatorium Krymskim. Kolejnym miejscem mojej pracy (1976-1983) był Zakład Astronomii w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego. Potem przeniosłem się już na stałe na krakowską WSP.

◦ Czy te zmiany środowisk naukowych miały istotny wpływ na powstanie Obserwatorium na Suhorze?

• Po uzyskaniu habilitacji w UJ podjąłem wstępne rozmowy w Uniwersytecie Śląskim związane z ewentualną budową niewielkiego obserwatorium w dobrych warunkach klimatycznych. Rektor Uniwersytetu prof. Sędzimir Klimaszewski wyraził zainteresowanie projektem, widząc w tym pewną kontynuację i rozwinięcie badań naukowych zapoczątkowanych przez doc. Józefa Sałabuna, inicjatora budowy Planetarium Śląskiego. Rektor prosił o przygotowanie planów działalności naukowej i popularyzatorskiej takiej placówki oraz przewidywanych kosztów zakupu aparatury (teleskopu). Dla mnie było oczywiste, że projektowana lokalizacja niewielkiego obserwatorium powinna być w górach. Uzyskałem także informację, że pomoc w budowie mogłyby okazać niektóre śląskie zakłady przemysłowe i kopalnie, które w wielu górskich miejscowościach dysponują ośrodkami wypoczynkowymi. W tej sprawie w 1981 r. odbyłem wstępne rozmowy oraz wizje lokalne w Beskidzie Małym i Beskidzie Śląskim, spotykając się na ogół z zainteresowaniem i obietnicą pomocy, tym bardziej że miałem poparcie powszechnie znanego Planetarium Śląskiego.

W lutym 1982 roku Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Krakowie zwróciła się do mnie z propozycją podjęcia zajęć dydaktycznych z astronomii dla studentów fizyki, w zastępstwie internowanego dr. Henryka Brancewicza. Początkowo były to tzw. zajęcia zlecone, ale od 1 października zaproponowano mi zatrudnienie w wysokości ½ etatu docenta. Niemal w tym samym czasie dr Maciej Winiarski, pełniący funkcję zastępcy

dyrektora Obserwatorium w Krakowie, poinformował mnie, że Uniwersytet Jagielloński może przekazać Uniwersytetowi Śląskiemu lub Wyższej Szkole Pedagogicznej (WSP) ofertę firmy Carl Zeiss Jena sprzedaży teleskopu o średnicy zwierciadła 60 cm. Teleskop ten zamierzało kupić Obserwatorium Krakowskie, ale z różnych względów nie było już zainteresowane wspomnianą ofertą.

Informacja o możliwości kupienia teleskopu niemal zbiegła się w czasie z propozycją pełnego zatrudnienia w krakowskiej Szkole Pedagogicznej, gdyż Uczelnia ta stała przed trudnym problemem zawieszenia lub likwidacji studiów fizyki, ze względu na brak niezbędnej kadry profesorów i docentów. Rektor Uczelni, prof. Zenon Moszner, zapewnił mnie, że jeśli zdecyduję się na podjęcie pracy na pełnym etacie (byłem doktorem habilitowanym nauk fizycznych), to postara się abym uzyskał odpowiedni tzw. „warsztat naukowy", rozumiany jako istotna pomoc w prowadzeniu badań naukowych. Miało się to wiązać z zakupem teleskopu i jego ustawieniem w miejscu o odpowiednim klimacie do obserwacji. W wyniku rozmowy z Rektorem Mosznerem przyjąłem propozycję i po załatwieniu różnych formalności od 1 października 1983 zostałem zatrudniony na pełnym etacie docenta w Samodzielnym Zakładzie Fizyki WSP, kontynuując pracę na ½ etatu w Katowicach.

◦ Stworzył Pan od podstaw w pełni profesjonalne obserwatorium astronomiczne. W czasoprzestrzeni wcale nie przyjaznej takim przedsięwzięciom. Jak doszło do tego, graniczącego z cudem, sukcesu?

• W nowym miejscu pracy podjąłem zajęcia dydaktyczne, ale znaczną część czasu poświęcałem na załatwianie różnych spraw formalnych, związanych z oficjalnym zamówieniem teleskopu. Równocześnie podjąłem poszukiwanie miejsca do zainstalowania teleskopu. W tej sprawie istotną pomoc okazał mi dyrektor Obserwatorium Astronomicznego UJ, doc. dr hab. inż. Józef Masłowski, który pismem z dn. 11 XI 1983 r., za zgodą Rektora UJ prof. Józefa Gierowskiego, zdecydował, że teleskop można będzie ustawić w niewykorzystanym pawilonie z kopułą o średnicy 8 m na Forcie Skała, przynajmniej do czasu znalezienia miejsca o lepszych warunkach klimatycznych. Niestety, gdy do Krakowa dotarły już pierwsze skrzynie z częściami zamówionego teleskopu, Rektor UJ, na wniosek kierownika Zakładu Astronomii Obserwacyjnej prof. Rudnickiego, wycofał wcześniejszą zgodę. W tej sytuacji, wybrany na nową kadencję Rektor WSP, prof. Mieczysław Rozmus, zadecydował o konieczności

pilnego znalezienia miejsca pod budowę pawilonu dla umieszczenia zakupionego już teleskopu i wydał w tym zakresie stosowne polecenia dyrektorowi administracyjnemu mgr. Jerzemu Ziemińskiemu, z-cy dyrektora ds. technicznych mgr. inż. Włodzimierzowi Sali oraz Pani Kwestor mgr Danucie Jędrzyckiej.

W wyniku kilku wizji lokalnych oraz konsultacji w środowisku astronomicznym zaproponowałem, aby przyszły pawilon z kopułą o średnicy 5 m na teleskop zbudować na wzniesieniu Suhora (1000 m n.p.m.) w Gorcach. Szczyt Suhory zajmowała duża polana z widokiem niemal na całe niebo, a w pobliżu nie było żadnych zakładów przemysłowych ani osiedli, których światła i dymy mogłyby przeszkadzać w obserwacjach. Dodatkowym argumentem przemawiającym za tą lokalizacją była kolej linowa na pobliskie wzniesienie Tobołów, a także zadeklarowana pomoc dyrekcji Huty im. Lenina, która dysponowała ośrodkiem wypoczynkowym w Koninkach, u podnóża Suhory.

W kolejnym roku (1985), przy różnych trudnościach m. in. materiałowych, wykonano projekt przyszłego obserwatorium, wykupiono z rąk prywatnych działkę, dokonano wszystkich uzgodnień we władzach lokalnych w gminie Niedźwiedź oraz we władzach województwa nowosądeckiego. Bardzo istotne było uzyskanie zgody na lokalizację ze strony władz w Nowym Sączu, które obawiały się, że budowa obserwatorium na Suhorze będzie zagrażać przyrodzie Gorczańskiego Parku Narodowego.

Prace przy budowie rozpoczęły się w maju 1986, a w lipcu tego roku wmurowano akt erekcyjny. W listopadzie zakończono tzw. stan surowy zamknięty. Prace wykończeniowe rozpoczęto w maju 1987 i już w czerwcu, pod nadzorem specjalistów firmy Zeiss, zakończono montaż wcześniej zakupionej obrotowej kopuły.



Fundament kopuły (lipiec 1986).

Montaż teleskopu wykonała we wrześniu 1987 ekipa specjalistów z firmy Carl Zeiss Jena, przy istotnej pomocy lokalnych pracowników technicznych. Tzw. „pierwsze światło", czyli pierwsze spojrzenie przez teleskop, nastąpiło wieczorem 4 października 1987 roku, a pierwszym oglądanym obiektem był Jowisz z układem księżyców. Tak się złożyło, że w tym dniu minęło dokładnie 30 lat od umieszczenia na orbicie pierwszego sztucznego satelity Ziemi o nazwie „Sputnik-1".



Budowa obserwatorium (1986).



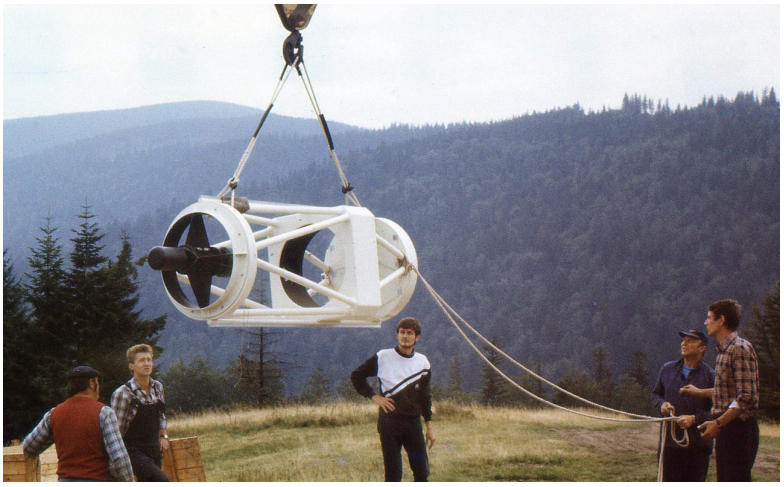
Montaż kopuły (1 maj 1987).

Uroczyste otwarcie Obserwatorium nastąpiło 5 listopada 1987 r. W uroczystości oprócz Rektora i władz Wyższej Szkoły Pedagogicznej wzięli udział przedstawiciele władz wojewódzkich (samorządowych i partyjnych) z Nowego Sącza, władz gminy Niedźwiedź, Dyrekcji Kombinatu Huty im. Lenina oraz wykonawców. Środowisko astronomiczne reprezentowali m. in.: profesorowie Wojciech Dziembowski i Józef Smak z Centrum Astronomicznego PAN w Warszawie, prof. Andrzej Woszczyk (dyrektor Instytutu Astronomicznego w Toruniu), dr Henryk Chrupała



Montowanie osi (wrzesień 1987).

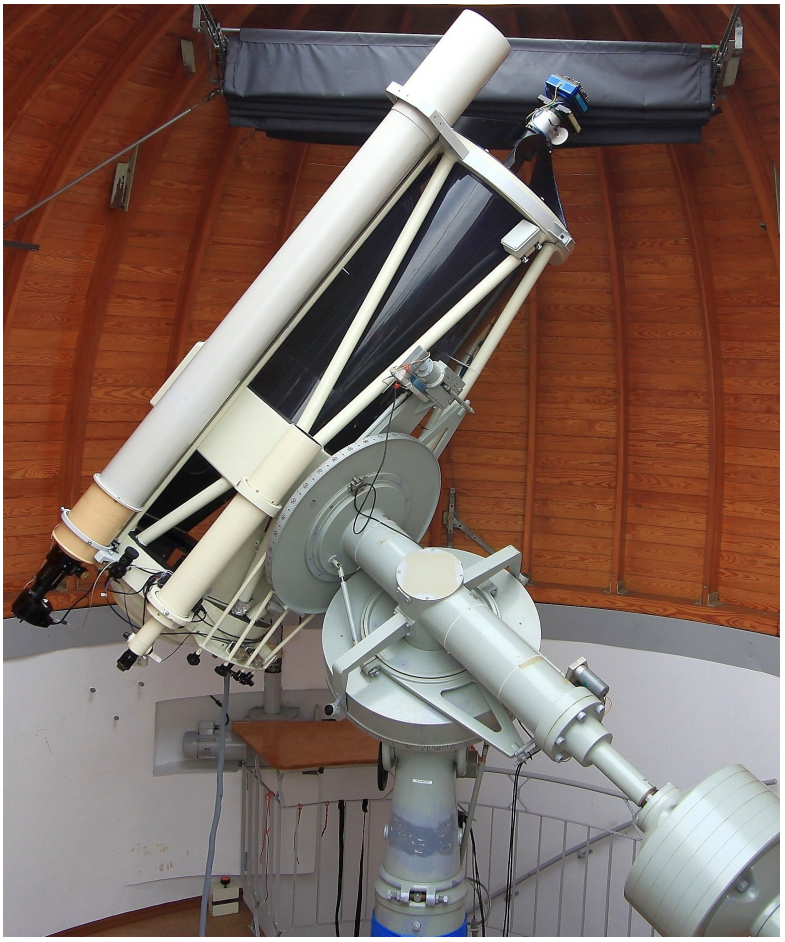
(dyrektor Planetarium Śląskiego). Telegramy gratulacyjne przesłali m. in. prof. Marcin Kubiak (dyrektor Obserwatorium Warszawskiego), doc. Jerzy Stodółkiewicz (prezes Polskiego Towarzystwa Astronomicznego) oraz Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.



Montaż Tubusu (wrzesień 1987).

◦ Wyborne miejsce, wspaniały teleskop, co dalej?

• Podstawowym profilem badań naukowych Obserwatorium była (i nadal jest) fotometria gwiazd zmiennych, zarówno zaćmieniowych jak też fizycznie zmiennych. Dlatego jeszcze przed oficjalnym otwarciem Obserwatorium, zorganizowałem w maju 1987 r. dwudniową konferencję p.t. „Fotometry fotoelektryczne: rejestracja i opracowanie danych fotometrycznych”, na której m. in. przedstawiono projekt przyszłego fotometru dla Obserwatorium.



60-cm teleskop Zeissa – główny instrument Obserwatorium na Suhorze (2012).

Pierwsze tygodnie po otwarciu Obserwatorium były poświęcone organizacji pracy w nowej placówce i wstępnym testowaniu teleskopu wraz z jego mechanizmem prowadzącym. Dla pamięci dodam, że w pracach organizacyjnych oraz pierwszych obserwacjach brali udział (w różnym zakresie): mgr Jerzy Krzesiński, mgr Jacek Łukaszewski, mgr Gabriel Pajdosz, dr Bartłomiej Pokrzywka, mgr Krzysztof Włodarczyk, mgr Bartłomiej Zakrzewski i dr Stanisław Zoła. Nieco później dołączyli: mgr Marek Dróżdż, mgr Ewa Kuczawska oraz mgr Waldemar Ogłoza.

Pierwsze dwubarwne obserwacje fotometrem jednokanałowym, wyposażonym w fotopowielacz EMI 98965B, przeprowadzono w lutym 1988 r. Rejestracja danych odbywała się za pomocą komputera Commodore 64 i równolegle na analogowym „samopisie". Obserwowanymi obiektami były wybrane gwiazdy zmienne m. in. CK Boo oraz II Peg.

Istotnym postępem aparaturowym było zainstalowanie w lipcu 1988 r. fotometru dwukanałowego, który został czasowo użyczony przez Obserwatorium Warszawskie. Równolegle rozpoczęto prace nad konstrukcją własnego fotometru dwukanałowego.



Personel i współpracownicy Obserwatorium na Suhorze. Stoją (od lewej): Michał Siwak, Waldemar Ogłoza, Grzegorz Stachowski, Jerzy Krzesiński, Marek Dróżdż, Stanisław Zoła, Maciej Winiarski. Siedzą (od lewej): Bartłomiej Zakrzewski, Bartłomiej Pokrzywka, Jerzy M. Kreiner, Katarzyna Bajan. (21.12.2012).

Kolejnym przełomem w obserwacjach fotometrycznych było uzyskanie kamery CCD STAR-1 firmy Photometrics, której zakup był możliwy dzięki uzyskaniu środków na ten cel z Komitetu Badań Naukowych. Pierwsze obserwacje nową kamerą wykonano z początkiem września 1991. Niewiele wcześniej, bo w lipcu 1991 r., kamerę CCD do obserwacji fotometrycznych zastosował dr Andrzej Udalski w stacji obserwacyjnej Uniwersytetu Warszawskiego w Ostrowiku. W obu przypadkach były to pierwsze obserwacje nową techniką w Polsce. W kolejnych latach istotnym postępem było zaprojektowanie i wdrożenie oryginalnej metody tzw. autoguidingu. Pozwalał on na automatyczną kontrolę ruchu teleskopu podążającego za obrotem sfery niebieskiej, co istotnie zwiększało dokładność obserwacji.



Obserwatorium na Suhorze (2015).

Zainteresowanie obserwacjami CCD w kilku ośrodkach astronomicznych sprawiło, że we wrześniu 1996 r. w Koninkach zorganizowana została Szkoła Polskiego Towarzystwa Astronomicznego „Technika CCD w astronomii". W następnych latach obserwacje prowadzono zarówno fotometrem dwukanałowym jak też kamerą CCD, przy czym przez pewien czas w użyciu był także fotometr trójkanałowy, zbudowany w Obserwatorium Wileńskim. Pozwalał on na równoczesny pomiar gwiazdy zmiennej, gwiazdy porównania i tła nieba.

Kolejny postęp w technice obserwacji nastąpił w 2011 roku, gdy zrezygnowano z umieszczenia odbiornika światła w ognisku Cassegraina, a kolejną zakupioną kamerę CCD umieszczono w ognisku głównym teleskopu, co zwiększyło pole widzenia kamery, a wskutek mniejszych strat światła w optyce zwiększył się również zasięg teleskopu.

◦ Imponujący rozruch Obserwatorium na Suhorze i od razu poważne programy badawcze. Czego one dotyczyły?

• Nie sposób w krótkiej wypowiedzi omówić szeroki wachlarz tematów naukowych, podejmowanych w Obserwatorium na Suhorze. Jednym z wiodących programów obserwacyjnych był udział w międzynarodowym projekcie „The Whole Earth Telescope", w skrócie „WET" (w wolnym polskim przekładzie: „Teleskop globalny"). Program ten był zainicjowany przez profesorów Edwarda Nathera i Dona Wingeta z Obserwatorium McDonalda w Stanach Zjednoczonych. Istota programu polegała na obserwacji wybranych gwiazd przez 24 godziny na dobę, co oczywiście nie jest możliwe z jednego obserwatorium, gdyż wskutek obrotu Ziemi dana gwiazda może być obserwowana tylko w nocy, a oprócz tego musi znajdować się odpowiednio wysoko nad horyzontem. Gdy jednak w programie bierze udział około 20 obserwatoriów, położonych w różnych długościach geograficznych, są możliwe obserwacje przez całą dobę na zasadzie „biegu sztafetowego". Przykładowo, gdy na Suhorze kończy się noc, dalsze obserwacje tego samego obiektu mogą być prowadzone w obserwatoriach położonych na zachód od naszego Obserwatorium, np. w Hiszpanii lub na Wyspach Kanaryjskich, później na wschodnim wybrzeżu USA itd. W pierwszych latach działalności programu skoordynowane obserwacje prowadzono na ogół kilka razy w roku przez dwa tygodnie w pobliżu nowiu Księżyca. Obserwowano głównie białe karły oraz zmienne kataklizmiczne.

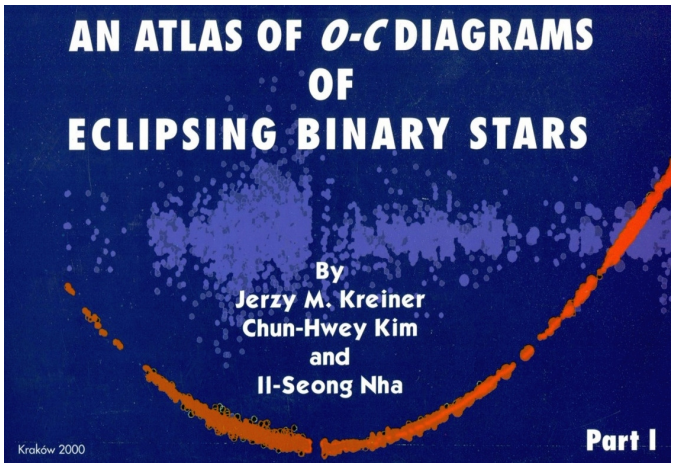
Obserwatorium na Suhorze przystąpiło do programu WET w maju 1990 roku. Wkrótce okazało się, że obserwacje z Suhory stanowią istotny

wkład do badań obserwowanych obiektów. Wyrazem tego było powierzenie organizacji kolejnej roboczej konferencji z udziałem przedstawicieli obserwatoriów niemal z całego świata, biorących udział w programie WET. Konferencja (czwarta z serii) odbyła się w Koninkach w lipcu 1997 r. W czasie konferencji, w której wziął udział także współtwórca programu prof. Edward (Ed) Nather, referowano dotychczasowe wyniki badań oraz roboczo uzgadniano dalszą współpracę. Oczywiście, wszyscy uczestnicy konferencji zwiedzili Obserwatorium na Suhorze i zapoznali się z aparaturą, nie szczędząc przy tym słów uznania.

Inną ważną tematyką badań naukowych były obserwacje krótkookresowych gwiazd zmiennych zaćmieniowych, a szczególnie typu W Ursae Maioris. Program ten był realizowany począwszy od 2002 roku we współpracy z prof. Sławomirem Rucińskim z Obserwatorium David Dunlap w Toronto, Katedrą Astrofizyki Uniwersytetu w Atenach, Katedrą Fizyki Uniwersytetu w Szumenie (Bułgaria) oraz Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Celem programu było jednorodne wyznaczenie parametrów fizycznych gwiazd tworzących układy typu W UMa oraz przeanalizowanie zależności zachodzących pomiędzy tymi parametrami. Podstawą obliczonych modeli były obserwacje fotometryczne prowadzone w znacznej części na Suhorze, ale także w Sutherland (RPA), w Tromsø (Norwegia), Obserwatorium Kryonerion (Uniwersytet w Atenach) i w Obserwatorium UJ na Forcie Skała. Równoległe obserwacje spektroskopowe były prowadzone głównie w Toronto. Trzyletni program był częściowo finansowany z grantu Komitetu Badań Naukowych oraz z grantu NATO i był kontynuowany w latach następnych. Wyniki publikowano m. in. w Astronomy&Astrophysics oraz w Acta Astronomica.

Kolejnym wieloletnim programem badawczym były obserwacje minimów gwiazd zaćmieniowych, jako element badań zmian okresów tych gwiazd. Program ten był wykonywany początkowo we współpracy z Obserwatorium Skalnaté Pleso w Tatrach Słowackich, a począwszy od 1991 r. brali w nim udział astronomowie koreańscy; prof. Il-Seong Nha z Uniwersytetu Yonsei w Seulu oraz prof. Chun-Hwey Kim z Uniwersytetu Chungbuk w Cheong-ju (Korea Południowa). Zebrany materiał obserwacyjny, połączony z obszernym zbiorem danych literaturowych, pozwolił na opublikowanie w 2001 r. przez Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej źródłowego, 6-tomowego, „Atlasu diagramów O-C gwiazd zaćmieniowych", którego współautorami są wspomniani naukowcy z Korei: profesorowie Il-Seong Nha oraz Chun-Hwey Kim. Atlas zawiera podstawowe dane dla 1140 gwiazd zaćmieniowych, a podstawą

obliczeń diagramów O-C było ponad 90 000 momentów minimów obserwowanych do roku 1999.



Pierwsza strona okładki "Atlasu diagramów O-C gwiazd zaćmieniowych".

◦ Przez kilkadziesiąt lat zajmował się Pan badaniem gwiazd zmiennych. Czy problematyka zmian blasku gwiazd jest dziś równie atrakcyjna jak była za czasów Pana młodości? Czy już niemal wszystko w tej kwestii jest dla astronomów zrozumiałe?

• Ostatnie dziesięciolecia przyniosły wiele odkryć pozwalających lepiej zrozumieć istotę zmienności gwiazd, głównie w aspekcie ewolucyjnym, jakkolwiek wiele problemów pozostaje jeszcze do wyjaśnienia. Istotne w tym przypadku są systematyczne obserwacje (również te z powierzchni Ziemi), które pozwalają obserwować wybrane gwiazdy zmienne w sposób ciągły przez dłuższy czas, rzędu wielu miesięcy lub nawet lat.

◦ Pozostając jeszcze przy Obserwatorium na Suhorze. Czy odbywały się tam praktyki studenckie, warsztaty dla nauczycieli, czy podejmowano wycieczki szkolne i/lub turystów?

• Oprócz działalności naukowej Obserwatorium było wielokrotnie miejscem specjalistycznych praktyk astronomicznych dla studentów, nie tylko Wyższej Szkoły Pedagogicznej (obecnie Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej) ale także innych polskich uniwersytetów. W Obserwatorium powstało również, w latach 1990-2010, kilkadziesiąt prac licencjackich i magisterskich o tematyce astrofizycznej, przygotowanych przez studentów fizyki Uniwersytetu Pedagogicznego.

Obserwatorium na Suhorze ma o tyle istotną przewagę nad pozostałymi polskimi obserwatoriami, że w ciągu roku jest tu od 20 do 50 procent więcej bezchmurnych nocy niż w pozostałych polskich obserwatoriach (szczególnie w okresie jesieni i zimy). Niestety specyfika pracy

sprawia, że Obserwatorium nie jest otwarte do zwiedzania dla publiczności. Wyjątek stanowią zorganizowane grupy zainteresowanej młodzieży, dla której umówiona wcześniej wizyta na Suhorze jest jedyną możliwością zetknięcia się z nowoczesnym warsztatem pracy astronoma.

◦ Wobec różnorodnych przemian uczelnie państwowe zmieniają nie tylko nazwy, ale też profile kształcenia i działalności naukowej. Niepojętym jest, że dzisiejszy Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej praktycznie nie potrzebuje już swojego Obserwatorium, bo nikogo nie kształci w zakresie astronomii. Co Pan myśli o idei przekazania lub wydzierżawienia Obserwatorium na Suhorze Uniwersytetowi Jagiellońskiemu? Czy spodziewa się Pan, że astronomowie krakowscy zechcą i potrafią zagospodarować tę placówkę naukową na potrzeby własnych badań?

• Jestem już od wielu lat na emeryturze, więc niezręcznie jest mi wypowiadać się na ten temat. Ale sądzę, że tak unikatowa inwestycja jaką jest Obserwatorium na Suhorze powinna być w możliwie dużym stopniu wykorzystywana środowiskowo.

◦ Astronomem nie przestaje się być wraz z przejściem na emeryturę. Jakie aktywności dla emerytowanych astronomów uważa Pan za godne polecenia?

• Sytuacja w środowisku astronomicznym jest wysoce nietypowa. Astronomem niemal zawsze pozostaje się z wyboru, dzięki wieloletniemu zainteresowaniu nauką. To sprawia, że po przejściu na emeryturę znacząca część astronomów (o ile pozwala zdrowie) w ograniczonym zakresie kontynuuje badania naukowe, uczestniczy w seminariach, publikuje artykuły, oraz często udziela konsultacji młodszym kolegom. Wiele lat temu prof. Rybka, nie będąc już formalnie zatrudniony w Obserwatorium Krakowskim, powiedział do mnie „nigdy nie byłem tak zajęty jak na emeryturze", oczywiście mając na myśli czas poświęcony astronomii.

◦ Jeszcze jedna kwestia, dotycząca łączenia obowiązków zawodowych i rodzinnych astronoma. Jak to było i jest u Pana?

• Charakter pracy naukowej nie ma ściśle określonych godzin pracy (poza obserwacjami, zajęciami dydaktycznymi i pracami organizacyjnymi) co determinuje jej organizację. Część aktywności zawodowej (np. obliczenia, pisanie artykułów czy przygotowywanie się do zajęć dydaktycznych) można wykonywać również w domu, a ostatnio nawet udział w niektórych zebraniach można realizować w formie zdalnej. Mogłem też liczyć na zrozumienie żony, która była nauczycielem akademickim w Akademii

Górniczo-Hutniczej i znała specyfikę pracy badawczej. Dzięki nienormowanemu czasowi pracy udawało mi się jakoś pogodzić zajęcia rodzinne z obowiązkami zawodowymi, do których należały: okresowa praca w Katowicach, liczne wyjazdy krajowe i zagraniczne, konferencje naukowe, budowa, a potem kierowanie Obserwatorium na Suhorze.

◦ Jakie alternatywne, w stosunku do astronomii, obszary swojej życiowej aktywności brał Pan Profesor pod uwagę?

• Nie pamiętam, abym w szkole średniej miał inny pomysł na studia niż astronomia, ale pociągała mnie również praca z młodzieżą. Dlatego, jak wspomniałem, studia astronomii uzupełniłem o kilka dodatkowych przedmiotów z myślą o przyszłym zatrudnieniu w szkolnictwie. Dodam, że w czasie studiów działałem jako instruktor w harcerstwie (w stopniu podharcmistrza). Między innymi w latach 1958-1963 byłem drużynowym i zastępcą hufcowego oraz komendantem kilku obozów harcerskich.

Wspomnianą wcześniej propozycję objęcia etatu asystenta zaraz po ukończeniu studiów przyjąłem z entuzjazmem, doceniając możliwości pracy naukowej w dziedzinie astronomii przy równoczesnym prowadzeniu zajęć dydaktycznych ze studentami. Tak więc pracując naukowo byłem jednocześnie nauczycielem. Bezpośrednia praca ze studentami pozwoliła na poznanie trudności, jakie napotykali w zrozumieniu treści zajęć, co z kolei skłoniło mnie do opracowania podręczników akademickich oraz rozdziałów dotyczących astronomii w podręcznikach dla klas licealnych.

◦ Gdyby licealista zapytał: ”Lubię matematykę i fizykę. Rozważam podjęcie studiów astronomii na Uniwersytecie Jagiellońskim. Czy warto?” Jakiej odpowiedzi by Pan Profesor udzielił?

• Zdecydowanie warto! Ale muszą być spełnione dwa warunki. Pierwszy z nich to bardzo dobre opanowanie szkolnego materiału z matematyki i fizyki (w zakresie rozszerzonym), a po drugie, zainteresowanie astronomią powinno być pogłębione lekturą różnych elementarnych podręczników. Astronomia może w przyszłości przynieść dużą satysfakcję nie tylko z pracy naukowej, ale również w działalności popularno-naukowej. Warto też pamiętać, że szczególnie astronomia rozwija się dzięki szeroko rozumianej współpracy międzynarodowej, zatem potrzebna jest dobra znajomość języka angielskiego oraz opanowanie w stopniu zaawansowanym informatyki.

10 lat od otwarcia OAKJ

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

8 czerwca 2025 minęło dziesięć lat od oficjalnego otwarcia Obserwatorium Astronomicznego Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim (OAKJ). Otwarcie obserwatorium, połączone z nadaniem mu nazwy, nastąpiło po siedemnastu latach od rozpoczęcia jego budowy w 1998 roku. Formalna odsłona realizowanego przedsięwzięcia właściwie była nieco przedwczesna, biorąc pod uwagę fazę jego zaawansowania odległą od finalizacji.

Dekada 2015-2025 była zdominowana działaniami inwestycyjnymi. Wylano fundament i przymocowano do niego 11-tonową monturę od 16-metrowej czasy anteny satelitarnej z Psar (Wszołek, 2013). Dla 9-metrowej anteny z Psar, zbudowanej w OAKJ w 2014 roku, odtworzono sterowanie i zaimplementowano odbiornik fal o długości 21 cm. Zbudowano/odtworzono wieżę o wysokości 20 metrów i zainstalowano na niej antenę satelitarną, która wcześniej pracowała w Komorowie jako element „Tarczy antyrakietowej" (Wszołek, 2014). Zbudowano solidną hamownię silników rakietowych. Rozpoczęto budowy dwóch nowych kompleksów obserwatorium – jeden na „Krzemieńcu" w Turzy a drugi na „Orlej Grani" w Rzepienniku Suchym. Oba kompleksy uzbrojono w media (drogi dojazdowe, studnie/szamba, zasilanie elektryczne). Zgromadzono materiał (bale modrzewiowe) na planowaną budowę kolejnego budynku w OAKJ. Połączono światłowodami wszystkie obiekty (z wyłączeniem Orlej Grani) należące do OAKJ (w sumie 1500 mb światłowodu poprowadzonego pod ziemią). W grudniu 2025 roku sprowadzono z Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie 8.4-metrową kopułę z zamiarem zainstalowania jej na wcześniej zbudowanym na Krzemieńcu okrągłym budynku o podobnej średnicy.

Jeśli rozmach inwestycji może się wydawać duży, to tempo ich realizacji jest powolne, dostosowane do napływu środków (ostatnio dwie

emerytury) właścicieli obserwatorium oraz do ich mocy sprawczych, które z roku na rok stają się coraz mniejsze.



Ustawianie montury 16-metrowej czaszy anteny satelitarnej z Psar.



Montaż wieży pod antenę z Komorowa.



Instalacja anteny z Komorowa na wieży w OAKJ.



Budowa kompleksu (górnego) na „Krzemieńcu”.





Budowa kompleksu (dolnego) na „Krzemieńcu”.



Kopanie studni na „Krzemieńcu”



Budowa kompleksu na „Orlej Grani”



Duża kopuła na rotundzie w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie w przededniu likwidacji.



Kopuła z UJ pocięta i złożona na „Krzemieńcu”, gdzie ma być odtworzona.



„Krzemieniec”. Podstawa dla 8.4-metrowej kopuły „Jagiellońskiej”.

Równolegle do głównego, inwestycyjnego, nurtu działalności OAKJ, w minionej dekadzie prowadzono również działania dydaktyczne. Na potrzeby obsługi wycieczek skompletowano odpowiedni sprzęt do obserwacji Słońca, Księżyca i planet. Zredagowano i zainstalowano w terenie liczne plansze dydaktyczne – głównie z myślą o osobach zwiedzających obserwatorium w trybie samoobsługowym. Wyznaczono również pięciokilometrowy pieszy szlak dydaktyczny „108 minut”, upamiętniający lot

pierwszego człowieka w kosmos (Wszołek, 2022). Wzdłuż szlaku zorganizowano przystanki w postaci plansz opisujących poszczególne fazy tego lotu. Na terenie OAKJ zorganizowano także „Zagajnik pionierów eksploracji kosmosu". Rośnie w nim m. in. 126 drzewek, posadzonych po śmierci polskiego kosmonauty Mirosława Hermaszewskiego, dla upamiętnienia liczby okrążeń Ziemi, którą wykonała stacja Salut z nim na pokładzie. W zagajniku jest też posadzone drzewko na pamiątkę lotu w kosmos Sławosza Uznańskiego. Na obrzeżu zagajnika zainstalowano plansze z informacjami o początkach zmagań kosmicznych ludzkości.



„Orla Grań" w Rzepienniku Suchym na trasie przemarszu otwierającego szlak „108 minut".



Podczas akcji sadzenia 126 drzewek w „zagajniku pionierów eksploracji kosmosu". Od lewej: Maciej Myśliwiec, Krystian Komenda, Julia Zioło, Agata Kołodziejczyk, Joanna Stępień, Bartosz Adamczyk, Tadeusz Uhl.

Oferta dydaktyczna OAKJ jest bogata, przerastająca społeczne pragnienie wiedzy dotyczącej astronomii i astronautyki. Żyjemy bowiem w czasach kultu pieniądza, a astronomia nie wróży wielkich finansowych karier.

W liczne aktywności prokosmiczne w OAKJ zaangażowana jest córka właścicieli obserwatorium – dr Agata Kołodziejczyk. W Rzepienniku od kilkunastu lat organizuje coroczne warsztaty rakietowe, wakacyjne obozy kosmiczne dla młodzieży, balonowe loty stratosferyczne oraz

(przede wszystkim) analogowe misje kosmiczne. Zwyczajem stało się, że uczestnicy wzorowo odbytych misji przedstawiają w OAKJ swoje krótkie raporty z przeprowadzonych w habitacie badań. Tym sposobem obserwatorium odwiedzają kilka razy w roku różne międzynarodowe zespoły analogowych kosmonautów. W jednej misji brali udział nawet żołnierze kolumbijskich sił powietrznych i kosmicznych. Raport po odbytej misji przybrał formę konferencji, przedłużył się o poczęstunek i wspólny przemarsz wzdłuż szlaku „108 minut". Imprezę zaszczycił swoją obecnością ambasador Kolumbii w Polsce.



Oficerowie kolumbijskich sił powietrzno-kosmicznych w OAKJ. Pierwszy z lewej: ambasador Kolumbii Assad José Jater Peña. Pierwsza z prawej: Agata Kołodziejczyk, organizatorka misji analogowej w Rzepienniku.

Przez ostatnie 10 lat OAKJ współpracowało z Obserwatorium Astronomicznym UJ, ze Stowarzyszeniem Astronomia Nova oraz z Polskim Towarzystwem Rakietowym. Dobre relacje dotyczyły też AGH, Politechniki Rzeszowskiej i Akademii Tarnowskiej. Wiele imprez naukowych (konferencje, warsztaty, seminaria) z udziałem tych podmiotów odbyło się w OAKJ. Przykłady ważniejszych wydarzeń: III Konferencja Naukowa „Astronomia – nauka i wiara" (2016), IX i X Konferencja Naukowa Młodych „Astrophisica Nova" (2017, 2018), konferencja „Radio-vis-IR" (2018), konferencja „Kazimierz Kordylewski jako człowiek i astronom" (2019), „EuroMoonMars" Workshop (2019, 2021), Warsztaty i Sympozjum Rakietowe (2020), konferencja „Towards Mysteries of the Cosmos with Johannes Kepler on the 450th Anniversary of His Birth" (2021), seminarium (ks. Michał Heller) „Teoria względności Mikołaja Kopernika" (2023). Raporty o tych i innych wydarzeniach, a także materiały pokonferencyjne, zastały opublikowane w pismach: Częstochowski Kalendarz Astronomiczny (2017, 2018, 2019) oraz w Annales Astronomiae Novae (tomy 1-6) – wszystkie te pozycje są dostępne w wersji elektronicznej

na stronie www.astronomianova.org pod zakładką publikacje. Materiały z konferencji o Kordylewskim i Keplerze zostały wydane jako osobne książki, które w postaci elektronicznej są dostępne na wyżej wymienionej stronie internetowej.



Ks. prof. Michał Heller w otoczeniu uczestników seminarium „Teoria względności Mikołaja Kopernika".

W OAKJ powstają też kolejne tomy Annales Astronomiae Novae, redagowane przez Bogdana Wszołka i jego córkę, dr hab. Agnieszkę Kuźmicz, astronomkę zatrudnioną w Obserwatorium Astronomicznym UJ. Warta odnotowania jest długoletnia współpraca OAKJ z Polską Agencją Kosmiczną (dwa projekty). POLSA zainstalowała w Rzepienniku swoje stacje dla rejestracji śmieci kosmicznych, planetoid i statków kosmicznych. Obserwacje pozwalały wyznaczać parametry orbit wymienionych obiektów z dużą precyzją.

Współpraca OAKJ ze studenckim kołem naukowym AGH Space Systems rozpoczęła się już w 2015 roku. W ostatnich latach nabrała ona większego znaczenia w związku z częstymi testami studenckich silników rakietowych na hamowni. Sekcja rakietowa tego koła działa bardzo prężnie, wdrażając coraz bardziej zaawansowane technologie w budowie rakiet i silników rakietowych a także testując różne rodzaje paliwa. W 2025 roku studenci z wielką satysfakcją mogli wystrzelić swoją kolejną rakietę „Turbulencja", napędzaną silnikiem „Zawisza 4000" na paliwo ciekłe.

W okresie ostatnich dziesięciu lat odwiedzali OAKJ liczni goście, krajowi i zagraniczni, w kontakcie z którymi podejmowano różne tematy z zakresu astronomii i astronautyki. Pośród odwiedzających nie brakowało filmowców i dziennikarzy. Byli przedstawiciele agencji *Reuters* i filmowcy dla *National Geographic*. Dzięki mediom w świat poszły informacje dotyczące astronomii, astronautyki oraz Obserwatorium Królowej Jadwigi.

Na teren OAKJ przybywają także goście z lasu. Zabawne bywają próby integracji dzikich zwierząt z kotami strzegącymi terenu obserwatorium. Wilki upodobały sobie szlak „108 minut" i przemierzają go bez paniki również wzdłuż drogi przylegającej do obserwatorium. Nawiasem mówiąc, wilki, lisy i zwykłe psy częściej uczęszczają szlakiem „108 minut" niż ludzie. Ze względu na Łajkę przed Gagarinem, tak chyba być powinno.

Do stałych imprez otwartych OAKJ należą Dni Kosmonautyki (12 kwietnia) oraz „Noce z Perseidami" (11-13 sierpnia). Warsztaty rakietowe są zwykle organizowane w terminie poprzedzającym maksimum Perseidów. Ostatnim elementem warsztatów są efektowne starty wykonanych rakiet. Często na przedłużeniu popołudniowych emocji rakietowych następują nocne emocje meteorowe.

Organizacja OAKJ odbywa się w ramach 20-letnich planów. Pierwszy taki plan był realizowany w latach 1995-2015 i został niespodziewanie przekroczony poprzez pozyskanie anten satelitarnych. Aktualnie w realizacji jest plan na lata 2015-2035. Chciałoby się w ramach niego zakończyć rozpoczęte inwestycje i choćby częściowo oddać je do użytku. Jeśli się poszczęści, to OAKJ zagospodaruje w tym czasie, z podmiotami zewnętrznymi, swoje anteny satelitarne. Może uda się też uruchomić planetarium. Marzeniem właścicieli obserwatorium byłoby zainstalowanie na „Krzemieńcu" dużego teleskopu optycznego do obserwacji spektroskopowych. Takie przedsięwzięcie jest związane z wydatkami liczonymi w milionach i bez sponsoringu się nie powiedzie. Inną możliwością jest wynajem kopuły dla podmiotu, który posiadałby taki teleskop i chciałby, w ramach rekompensaty, podzielić się z OAKJ czasem obserwacyjnym.

Ogromny potencjał dla rozwoju OAKJ, jak też co do możliwości instalacji swoich instrumentów przez podmioty zewnętrzne, jest na „Orlej Grani", jakby stworzonej specjalnie dla potrzeb obserwacji nieba. Ewentualne dochody z dzierżawienia gruntu i mediów podmiotom zewnętrznym mogłyby przyspieszyć rozwój OAKJ. W ramach tego rozwoju nadchodzi pora by myśleć o pierwszych etatach. To chyba jednak rzecz do realizacji w odległym dwudziestoleciu 2035-2055.

Literatura

[1] Wszołek B., 2013, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2014, Wyd. Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, s. 121

[2] Wszołek B., 2014, Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2015, Wyd. Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, s. 131

[3] Wszołek B., 2022, AAN, t. 3, s. 89

Ladakh – himalajski Mars na Ziemi

Agata Maria Kołodziejczyk

Wydział Technologii Kosmicznych AGH

Himalaje od wieków rozbudzały ludzką wyobraźnię. Ten największy na świecie łańcuch górski, rozciągający się przez pięć państw i obejmujący najwyższe szczyty Ziemi, od tysięcy lat stanowił miejsce życia i duchowości lokalnych społeczności. Zanim pojawili się wędrowcy z odległych krajów i zanim wyruszyły tu ekspedycje naukowe, w Himalajach żyli przodkowie dzisiejszych Szerpów, Tybetańczyków i ludu Lepcha. Ich osady, rozproszone w wysokogórskich dolinach Nepalu, Tybetu czy Bhutanu, tworzyły kultury oparte na hodowli jaków, transhimalańskim handlu i religii splecionej z surową naturą gór. Wierzono, że szczyty są siedzibą bogów, których należy szanować, a wejście na najwyższe góry przez wieki uchodziło za czyn niemal świętokradczy.

Zainteresowanie Europejczyków Himalajami nastapiło stosunkowo późno. Dopiero XIX wiek przyniósł pierwszych odkrywców, kartografów i naukowców – często wysyłanych przez mocarstwa kolonialne. Mimo braku profesjonalnego sprzętu, ówcześni badacze z determinacją sporządzali mapy, opisywali florę i faunę oraz próbowali zrozumieć geologię Himalajów. Z czasem pojawili się także pierwsi turyści – podróżnicy marzący nie tyle o naukowych odkryciach, co o przekraczaniu granic własnych możliwości. Najśmielsi z nich zaczęli kierować wzrok ku Mount Everestowi i pozostałym ośmiotysięcznikom, przygotowując fundament pod złotą erę alpinizmu himalajskiego XX wieku.

Dziś Himalaje są miejscem, w którym splatają się pradawne tradycje z nowoczesnością, a ścieżki pierwszych pasterzy i kupców pokrywają się z trasami naukowców, wspinaczy i turystów z całego świata. Poznanie ich historii pozwala zrozumieć, jak wyjątkowym dziedzictwem kulturowym i przyrodniczym jest to pasmo górskie – i dlaczego wciąż pozostaje obiektem badań, fascynacji i marzeń.

W północnych Indiach, wysoko w Himalajach, rozciąga się region, który badacze coraz częściej określają mianem „Marsjańskiej Doliny na

Ziemi". To Ladakh – kraina surowych gór, pustynnego klimatu i księżycowych krajobrazów, która stała się jednym z najważniejszych miejsc na Ziemi wykorzystywanych do badań służebnych przyszłej eksploracji Marsa. Ladakh położony jest ponad 3 000 metrów nad poziomem morza, w strefie ekstremalnie suchej i zimnej. Roczne opady są tu minimalne, a niektóre doliny przypominają prawdziwe pustynie wysokogórskie. Krajobraz zdominowany jest przez nagie skały, żółto-czerwone piargi, rozległe równiny żwirowe i ostre formacje skalne. W dodatku powietrze jest tu znacznie rzadsze niż na nizinach. Niedotlenienie, niskie ciśnienie oraz silne promieniowanie słoneczne sprawiają, że organizm człowieka doświadcza warunków zbliżonych do tych, jakie panowałyby na Marsie, gdyby nie brak atmosfery.

To właśnie wyjątkowa kombinacja czynników środowiskowych czyni Ladakh doskonałym „laboratorium pod gołym niebem". Naukowcy z Indii, Europy, Australii i USA badają tu mikroorganizmy przetrwania ekstremalnego, które rosną na czerwonych skałach i zasolonych glebach, wpływ hipoksji na ludzką fizjologię, geologiczne struktury przypominające marsjańskie osady rzeczne oraz procesy erozyjne, które mogą tłumaczyć formowanie się marsjańskich kanionów i wydm.



„Marsjański zachód Słońca" w rejonie Ladakh w Himalajach.

Jednym z najbardziej fascynujących obszarów Ladakhu jest Dolina Nubra – jałowy, pustynny obszar otoczony ośnieżonymi szczytami, z temperaturami sięgającymi zimą -30° C. To właśnie tę krainę NASA, ESA oraz Indyjska Organizacja Badań Kosmicznych (ISRO) wskazują jako miejsce do testowania robotów marsjańskich, systemów komunikacji oraz metod izolacji załóg przyszłych misji kosmicznych. Do tego dochodzi niezwykły aspekt kulturowy: Ladakh to również miejsce dla podtrzymywania tradycji buddyjskich, dla klasztorów wiszących na stromych zboczach i społeczności, które od wieków uczą się żyć w ekstremalnym klimacie. Ich strategie przetrwania – gospodarka wodna, dieta

bogata w ziarna, a nawet architektura domów – są analizowane w kontekście potencjalnych baz marsjańskich. Dla turystów Ladakh jest miejscem niemal magicznym. Wędrowcy mówią o „marsjańskim zachodzie Słońca", który barwi góry na czerwono; fotografowie uwielbiają ogromne przestrzenie bez roślinności, które wyglądają jak kadry z łazika Perseverance; a miłośnicy astronomii doceniają bezsmogowe, niezwykle czyste niebo – idealne do obserwacji Drogi Mlecznej.

Dlatego Ladakh staje się dziś kluczowym punktem łączącym świat nauki i eksploracji z turystyką i edukacją. Każdy krok na jego ziemi przypomina spacer po innej planecie – planecie, którą człowiek dopiero zaczyna poznawać.

Przygotowania do wypraw wysokogórskich w rejon Himalajów wymagają wielomiesięcznego treningu fizycznego, obejmującego zarówno regularną aktywność wytrzymałościową, jak i właściwie zbilansowaną dietę. W tym okresie układ krążenia stopniowo zwiększa gęstość sieci naczyń włosowatych, co sprzyja adaptacji organizmu do warunków hipoksji, czyli niedotlenienia charakterystycznego dla dużych wysokości. Plan treningowy może być oparty na prostych i powtarzalnych założeniach. W początkowym trzymiesięcznym etapie zaleca się bieganie na dystansie około 5 kilometrów co drugi dzień, co pozwala na zachowanie równowagi pomiędzy wysiłkiem a procesami regeneracyjnymi. W kolejnych trzech miesiącach rekomendowane jest zwiększenie dystansu do 10 kilometrów, przy czym w ostatniej fazie treningu możliwe jest zastosowanie masek ograniczających dostęp tlenu w celu symulacji warunków hipoksji. Istotnym elementem przygotowań jest kontrola tętna. Największy efekt treningowy uzyskuje się utrzymując częstość akcji serca na poziomie co najmniej 160 uderzeń na minutę przez około 30 minut. Jednocześnie za optymalny uznaje się czas pokonania dystansu 10 kilometrów krótszy niż jedna godzina.

Proces przygotowań powinien obejmować również badania diagnostyczne, takie jak morfologia krwi, elektrokardiografia oraz badanie echokardiograficzne serca. Istotne znaczenie mają także testy wydolnościowe, dostępne w ośrodkach medycyny sportowej i diagnostyki wysiłkowej. Umożliwiają one określenie bezpiecznego zakresu intensywności treningów, co zapobiega przeciążeniom organizmu.

Treningi adaptacyjne do warunków wysokogórskich stanowiły jedynie jeden z elementów przygotowań do ekspedycji badawczej w tereny słabo rozpoznane. Kluczowe znaczenie miało wcześniejsze opracowanie celów misji, ocena ryzyka operacyjnego, pozyskanie środków finansowych oraz przygotowanie merytoryczne całego zespołu badawczego. Ekspedycja

astrobiologów AGH została zaplanowana jako misja naukowa ukierunkowana na eksplorację ziemskiego analogu środowiska marsjańskiego, rozciągającego się w dolinie jeziora Tso Kar, położonego na wysokości około 4500 m n.p.m. Obszar ten uznano za wyjątkowo wartościowy pod względem naukowym z uwagi na możliwość prowadzenia testów technologii marsjańskich w skrajnych warunkach środowiskowych, szczególnie w kontekście badań nad występowaniem form życia.

Podstawowym celem ekspedycji było określenie rodzaju próbek możliwych do pozyskania w tym środowisku oraz zidentyfikowanie metod pomiarowych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w przyszłych narzędziach badawczych. Zgodnie z wcześniejszymi analizami, teren badań charakteryzuje się dużą różnorodnością organizmów przystosowanych do ekstremalnych warunków, obejmującą m.in. bakterie ekstremofilne, cyjanobakterie oraz niewielkie skorupiaki zdolne do przetrwania w środowisku o znacznych ograniczeniach życiowych. Określenie skali bioróżnorodności stanowiło istotny parametr umożliwiający precyzyjne projektowanie przyszłych systemów pomiarowych i metod pozyskiwania danych.



Widok na słone jezioro Tso Kar z zaznaczonym miejscem noclegu, pozyskiwania próbek badawczych i lokalizacją habitatu HOPE.

Drugim celem ekspedycji było pozyskiwanie próbek mikroorganizmów ekstremofilnych ze środowisk glebowych oraz z gorących źródeł hydrotermalnych Puga. Prace terenowe wiązały się z wystąpieniem nieoczekiwanych wyzwań logistycznych – przemieszczanie się przez trzęsawiska wymagało poruszania się boso w błotnistym i grząskim terenie, w którym badacze zapadali się miejscami po uda w ruchomą warstwę osadu organiczno-mineralnego.

Równolegle prowadzono dokumentację fotograficzną fauny i flory występującej powyżej 4000 m n.p.m., aby uzyskać pełniejszy obraz różnorodności gatunkowej organizmów funkcjonujących w warunkach obniżo-

nego ciśnienia atmosferycznego i zwiększonej ekspozycji na promieniowanie UV. Zaobserwowano, że środowisko to różni się znacząco od typowych wyobrażeń krajobrazu wysokogórskiego – zamiast subalpejskich gatunków roślin, dominowały rozległe łąki, bogata roślinność zielna oraz zapachy lokalnych ziół, m.in. mięty i oregano. W krajobrazie przeważały topole i wierzby, a zbocza gór pokrywała rzadko rozłożona, jednak ciągła roślinność trawiasta.

Interesującym zagadnieniem badawczym okazało się również funkcjonowanie wysoko przystosowanych populacji ludzkich żyjących powyżej 5000 m n.p.m., określanych niekiedy mianem „ekstremofili ludzkich". Dotychczasowe dane na temat ich fizjologii adaptacyjnej pozostają ograniczone, choć wiadomo, że wykazują one zdolność do długotrwałego funkcjonowania przy ograniczonej ilości żywności i wody oraz umiejętność znacznego obniżania tempa metabolizmu. Adaptacje te wzbudzają rosnące zainteresowanie w kontekście planowania przyszłych misji kosmicznych, w szczególności długotrwałych wypraw załogowych, gdzie zdolność do efektywnego gospodarowania zasobami biologicznymi może mieć kluczowe znaczenie.



Ekspedycja AGH podczas eksploracji rejonu źródeł hydrotermalnych bogatych w organizmy ekstremofilowe.

W organizacji ekspedycji badawczej wsparcie zapewniła strona indyjska poprzez ogłoszenie naboru do programu Spaceward Bound India 2025, skupiającego przedstawicieli środowiska naukowego NASA, ESA, ISRO, Mars Society Australia oraz uniwersytetów zajmujących się astrobiologią. Koordynacją przedsięwzięcia zajmowała się prywatna firma kosmiczna Protoplanet, odpowiedzialna za budowę najwyżej położonego habitatu na Ziemi, nazwanego HOPE (Himalayan Outpost for Planetary Exploration). W planowanym habitacie przewidziano realizację eksperymentów naukowych przygotowanych i zatwierdzonych przez Protoplanet, dostosowanych do wyjątkowo surowych warunków środowiskowych Ladakhu.



Przy tworzonym habitacie HOPE. Autorka w środku.

Koło naukowe AstroBio AGH opracowało dwa eksperymenty przeznaczone do instalacji wewnątrz habitatu HOPE oraz do wykorzystania podczas przyszłych misji analogowych. Pierwszym z nich był pasywny system hydroponiczny, zweryfikowany w terenie na wysokości 4500 m n.p.m. Wyniki wskazały, że obniżona zawartość tlenu w powietrzu, szacowana na około 40% mniej niż na poziomie morza, nie wpłynęła znacząco na produkcję biomasy roślinnej. W eksperymencie zastosowano osiem kolumn uprawowych, podzielonych na dwa typy podłoża: lokalną glebę himalajską o strukturze piaszczystej oraz perlit. Do kolumn wprowadzono lokalne gatunki roślin oraz nasiona rzeżuchy. Podczas czterodniowego pobytu w bazie przy jeziorze Tso Kar zademonstrowano działanie systemu hydroponicznego, który następnie przekazano osobom zarządzającym habitatem.

Drugim eksperymentem była produkcja celulozy bakteryjnej przy użyciu konsorcjum mikroorganizmów kombuczy. Kultury te, wcześniej hodowane w laboratorium oraz przetestowane na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, zostały przewiezione do himalajskiego habitatu. Początkowo obserwowano zahamowanie aktywności mikroorganizmów, co najprawdopodobniej wynikało z warunków transportowych. Po przygotowaniu pożywki fermentacyjnej z lokalnej herbaty nastąpiła ponowna aktywacja konsorcjum, co uwidoczniło się w zmianach pH oraz w obserwowanej produkcji pęcherzyków dwutlenku węgla na ściankach bioreaktora.

Istotnym elementem badań było porównanie warunków środowiskowych panujących na dużej wysokości z parametrami atmosferycznymi na poziomie morza. Mimo że procentowa zawartość tlenu w powietrzu pozostaje względnie stała (około 21%), zgodnie z prawem Daltona spadek ciśnienia atmosferycznego z około 1013 hPa do około 585 hPa powoduje

niemal dwukrotny spadek ciśnienia parcjalnego tlenu – z około 213 hPa do 123 hPa. Zjawisko to wywiera istotny wpływ na funkcjonowanie organizmu człowieka, a jego konsekwencje są szczególnie istotne w kontekście przygotowań do wypraw wysokogórskich i misji analogowych.

W związku z tym ważną częścią ekspedycji był eksperyment monitorujący adaptację układu sercowo-naczyniowego do dużych wysokości oraz obniżonej dostępności tlenu w powietrzu. Koło naukowe AstroBio AGH wykorzystało czujniki umożliwiające dwukrotny pomiar parametrów fizjologicznych w ciągu dnia, obejmujących ciśnienie krwi, tętno, saturację tlenu, elektrokardiogram (EKG) oraz zmiany w percepcji czasu w ramach testu kognitywnego. Dodatkowo, codziennie stosowano elektrody Movisense, umieszczone na klatce piersiowej, które rejestrowały aktywność fizyczną, metabolizm oraz zmienność rytmu serca. Zebrane dane pozwoliły na opracowanie precyzyjnych wytycznych dla osób przygotowujących się do badań w środowiskach wysokogórskich, takich jak rejon Ladakhu.

Integralnym i jednocześnie atrakcyjnym elementem misji było nagranie materiałów edukacyjnych, które zostały opublikowane w mediach społecznościowych. Dzięki zgromadzonemu materiałowi możliwe będzie zaprezentowanie walorów przyrodniczych Himalajów oraz opracowanie wskazówek dotyczących bezpiecznego podróżowania po regionie Ladakh.

Kolejnym istotnym rezultatem ekspedycji było zdobycie doświadczenia terenowego oraz wiedzy lokalnej, które umożliwią bardziej efektywne organizowanie przyszłych badań w tym regionie. Po zakończeniu prac nad jeziorem Tso Kar odbyła się wizyta na Uniwersytecie w Leh – stolicy rejonu Ladakh. Podczas spotkania zaprezentowano projekty kosmiczne realizowane na Wydziale Technologii Kosmicznych AGH, nawiązano współpracę z lokalnymi naukowcami oraz zapoznano się z zapleczem laboratoryjnym uczelni i potencjalnymi możliwościami współpracy w przyszłości.

Jednym z istotnych wyzwań badawczych w rejonie Ladakhu okazały się formalne ograniczenia dotyczące wywozu aktywnych próbek biologicznych. Na przygotowanych przez Zakład Mikrobiologii Collegium Medicum UJ podłożach prowadzono testy mikroorganizmów unoszących się w powietrzu. Próbki pobierano z różnych środowisk, w tym z dolin i szczytów górskich, miejsc obozowisk oraz lokalnych wiosek. Po okresie inkubacji na podłożach wyrosły kolonie bakterii i grzybów, jednak ze względu na obowiązujące przepisy nie było możliwe ich przetransportowanie do Polski. Dodatkową trudnością był fakt, że w Indiach brakowało

laboratoriów oferujących analizy tego typu materiału na poziomie odpowiadającym standardom stosowanym w Polsce, a dostępne usługi były bardzo drogie.

Opisane ograniczenia skłoniły do refleksji nad przyszłym planowaniem podobnych ekspedycji. Najbardziej obiecującym rozwiązaniem wydaje się opracowanie mobilnego zestawu badawczego, umożliwiającego analizę próbek bezpośrednio na miejscu – analogicznie do misji kosmicznych, w których laboratoria polowe stanowią podstawę prowadzenia badań naukowych.

Kolejnym ograniczeniem było uniemożliwienie korzystania z urządzeń komunikacyjnych, takich jak odbiorniki GPS, krótkofalówki czy sprzęt radiowy, wynikające z objęcia całego regionu Ladakhu ścisłą kontrolą wojskową. Lądowanie na lotnisku w Leh odbywa się przy zamkniętych oknach samolotu, a transfer pasażerów z płyty lotniska realizowany jest w autobusach zasłoniętych czarną folią. W kontekście technologii kosmicznych możliwość zdalnej komunikacji z urządzeniami ma kluczowe znaczenie, dlatego podjęto działania mające na celu pozyskanie informacji dotyczących indyjskich licencji radiooperatorskich, umożliwiających legalne korzystanie z łączności podczas przyszłych projektów badawczych.

Region Ladakh stanowi obszar o niezwykle bogatej historii i dziedzictwie kulturowym, rozwijającym się na terenach położonych w sąsiedztwie doliny rzeki Indus – rzeki, od której nazwę przyjęły całe Indie. Obszar ten charakteryzuje się unikatowym współoddziaływaniem procesów geologicznych, klimatu wysokogórskiego oraz wielowiekowej różnorodności kulturowej, co stwarza wyjątkowe możliwości zarówno do badań naukowych, jak i do refleksji nad historią cywilizacji.

Pobyt badawczy w Ladakhu dostarczył wiedzy niedostępnej w warunkach laboratoryjnych lub zdalnych, której zdobycie wymagało bezpośredniego doświadczenia terenowego. Dziesięciodniowa ekspedycja stanowiła pierwszy krok w kierunku stworzenia wieloletniego programu badawczego AGH, koncentrującego się na rozwoju technologii kosmicznych oraz astrobiologii w rejonie Himalajów. Obecnie trwają prace nad projektami grantowymi, mającymi na celu zapewnienie kontynuacji badań i rozwój inicjatyw naukowych w tym regionie.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje wielomiesięczne zaangażowanie osób i instytucji uczestniczących w przygotowaniu misji, w tym studentów kół naukowych AstroBio AGH i SkyLink AGH, członków zespołu ekspedycyjnego oraz Akademii Górniczo-Hutniczej, która zapewniła niezbędne wsparcie finansowe umożliwiające realizację projektu.

Wspomnienie o Grzesiu Sęku

Adam Michalec

Piątego listopada br. Grzesiu wrzucił mi list do mailowej skrzynki: będę jutro po południu, bo muszę już zmienić koła na zimowe. Wróciłem z Krakowa po czwartkowych pokazach wahadła i około 15-tej przyjechał Grześ. Był tak bardzo słaby, że przetoczył tylko jedno koło w pobliże auta, resztę i załadunek wykonałem ja. Napijesz się kawy? – spytałem. Nie teraz, jak wrócę za godzinę od Janusza, z kołami letnimi, który pomoże mi przełożyć koła. Był punktualny, ale tak słaby, że nie miał siły wyjąć kół z bagażnika. Zrobiłem to za Niego, a On tylko patrzył i jak zwykle, popijał małymi łyczkami gorzką czarną z ekspresu, którą mu zaserwowałem. Mówił, że musi pojutrze jechać do Cieszyna, a stamtąd do Kudowy i dlatego zmienia koła na zimowe. W czasie rozmowy, ktoś zadzwonił do Grzesia. Jak mi wyjaśnił, był to znajomy z Puław, któremu zlecił pocięcie płytek szklanych wodą pod ciśnieniem, wtedy mają one gładkie kanty. Nie wyjaśniał ich zastosowania, ciągle popijając kawę małymi łyczkami. Umówił się z Nim na jutro wieczór w MOA, aby przy okazji pokazać Obserwatorium. Z Elą, moją żoną, tym razem nie chciał dłużej rozmawiać, aby jej nie zarazić grypą, bo jak mówił, był szczepiony dwa razy, ale coś się mu jednak przyplątało. Był u lekarza i dostał antybiotyki, ale jak twierdził: „one nie pomagają i siły mnie opadają". Zapytałem więc, czy zatem, w tej sytuacji, nie lepiej położyć się do łóżka, niż tak daleko jechać? Grześ na to: umówiłem się tam na spotkanie z młodzieżą i mam mieć hotel. Skończył pić kawę, pożegnał się z nami i pojechał do Obserwatorium.

Rano 8 listopada zadzwoniła do mnie Krysia z sekretariatu MOA – Grzesiu zmarł wczoraj w samochodzie, wyjechał wieczorem z Obserwatorium, ale brakło mu parę metrów, aby dojechać do domu. Ktoś zauważył stojące auto na drodze, wezwano karetkę, policję. Niestety nie pomogła reanimacja.

Grzesia pamiętam z lat 1973-1984, z Zebrań Naukowych OAUJ, wtedy mogliśmy się tam spotykać. On pracował w Kadrze Astronomii Obserwacyjnej i prowadził obserwacje optyczne w nocy. Ja zaś prowadziłem obserwacje radiowe Słońca. Współpracował niewątpliwie z dr Marią Kurpińską i dr. Maciejem Winiarskim. Obserwacje gwiazd zmiennych i zakryć gwiazd przez Księżyc czynił lunetą ekspedycyjną, która obecnie jest jako eksponat w MOA, oraz 35 cm teleskopem Maksutowa-Cassegreina. Był też w zespole nadającym ze „starego" Obserwatorium, w południe, sygnał czasu w Polskim Radiu. Z tego okresu pamiętam, iż miał wypadek w OAUJ. Na nocne obserwacje do kopuły Maksutowa trzeba było brać chronometr z pokoju zegarowego, nie było wtedy GPS. Któregoś roku w korytarzu za drzwiami wejściowymi do Fortu Skała, zainstalowano – dla ocieplenia – dodatkowe szklane drzwi. Po paru niedospanych nocach obserwacyjnych, Grześ o nich zapomniał i wszedł w nie razem z chronometrem, raniąc się znacznie. Ten wypadek odbił się echem w BHP UJ. Od tamtej chwili drzwi szklane są odpowiednio oznakowane.

Z powodów finansowych zajął się – podobno za radą Dyrektora OAUJ – działalnością gospodarczą (m. innymi handlem elektroniką i układami scalonymi). Krążyły też wówczas anegdotki w Obserwatorium o Grzesiu, który był człowiekiem niezwykle dowcipnym – iż pewnego razu, przy świątecznym spotkaniu – powiedział Docentowi: ja jestem Pana prawą ręką (Docent Masłowski stracił prawą rękę w dzieciństwie, a mimo tego, radził sobie doskonale posługując się lewą i ustami przy lutowaniu układów elektronicznych). To ponoć miało być jedną z przyczyn zmiany miejsca pracy przez Grzegorza. Teraz tego już nie można chyba potwierdzić. Niestety, zapowiadająca się początkowymi sukcesami prowadzona działalność gospodarcza z kolegą, zakończyła się niepowodzeniem jeszcze w XX wieku.

Końcem 2000 roku spotkaliśmy się z Grzesiem na pokazie wahadła Foucaulta w kościele św. Piotra i św. Pawła przy ul. Grodzkiej. Wyznał mi, iż poszukuje pracy w związku z trudną obecnie sytuacją rodzinną. Poleciłem Go wówczas dyrektorowi MOA. Grzesiu, jak pamiętałem, od zawsze był zapalonym obserwatorem nieba, znający doskonale fizykę, i astronomię, potrafił na co dzień stosować najnowsze techniki obserwacyjne. Posiadał nadzwyczajny dar współpracy z młodzieżą, dobrze, że w końcu znalazł zatrudnienie – z korzyścią dla obu stron – w MOA w Niepołomicach. Od samego początku pracy w MOA przygotowywał młodzież do Ogólnopolskiego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego w Grudziądzu, gdzie Jego uczniowie i uczennice odnosili wiele sukcesów.

Był propagatorem Projektu NASA Sallly Ride Earthkam. Był inicjatorem Stacji Bolidowej Skytinel w MOA. Nie sposób tu wymienić wszystkich Jego osiągnięć. W czasie gdy pracowałem na pół etatu w MOA, współpracowałem z Grzesiem przy tworzeniu „Międzynarodowych Szkół Nauczania Astronomii" oraz – wieloletnich – codziennych wakacyjnych audycji astronomicznych w RMF Classic.

I nagle, te wszystkie Jego projekty, szkolenia, wykłady i wydarzenia zawisły w próżni. Jakże trudno się z tym pogodzić. Zmarł 7 listopada 2025 w Niepołomicach. Jego prochy zostały pochowane 14 listopada na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie. W uroczystościach pogrzebowych wzięło udział wiele osób: Rodzina, Przyjaciele, znajomi astronomowie, koleżanki i koledzy z MOA, OAUJ, jego byli i obecni uczniowie, nauczyciele z którymi współpracował i których szkolił. Szliśmy w długim żałobnym orszaku za skrzyneczką z Jego prochami, na miejsce wiecznego spoczynku, a do karawanu przypięte było zdjęcie z Jego figlarnym uśmiechem. Takim go zapamiętamy!

(Staniątki, 18 stycznia 2026 r.)



Grzegorz Sęk w planetarium MOA.

Grzegorz Sęk – in memoriam

Janusz Nicewicz

Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach

Poniższy tekst zacząłem pisać już dzień po śmierci Grzegorza. Ze łzami w oczach waliłem w klawiaturę mojego laptopa. Ale ja to musiałem zrobić. Było to dla mnie jak zatrzymanie Przyjaciela dla siebie. Nie chciałem nic stracić. Po jednej stronie tekstu odpuściłem. Musiałem odpocząć i przemyśleć wszystko. Jeszcze 24 godziny temu z nim rozmawiałem, jeszcze dwa dni temu wymieniałem mu koła w aucie na zimowe... Kolejne wersy przychodziły później. Tekst, który czytasz drogi Czytelniku, powstał za sprawą dr Bogdana Wszołka, który do mnie napisał z zapytaniem, czy może opublikować mój tekst o Grzegorzu zamieszczony na stronie MOA. Wiele części tego tekstu opublikowałem wcześniej na blogu uczniowie.moa.edu.pl pod tytułem: „Dziś są Twoje urodziny!!! Pierwsze bez Ciebie".

Tu uzupełniam wspomnienia o inne spotkania i relacje oraz najnowsze przemyślenia. W tekście pomijam też bardzo osobiste wspomnienia.

Grzegorza poznałem jakieś 20 lat temu, gdy przyjechał z grupą uczniów MOA (Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach) do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, gdzie studiowałem. Byłem chyba na drugim roku studiów. Już wtedy oprowadzałem wycieczki po Forcie Skała. Pamiętam, jak opowiadałem historię budowy RT 15 (radioteleskopu o średnicy czaszy 15 metrów) i „ten Pan" zaczął mi się wcinać i dopowiadać historie, o których nie miałem pojęcia. Normalnie bym się wkurzył, że ktoś mi włazi w moje buty. Ale co „On" mówił i w jaki sposób, sprawiło że ja zaniemówiłem. Ja któremu buzia się nie zamyka. Pomyślałem (jako tzw. „przewodnik") trzeba go wysłuchać, bo ma niesamowitą wiedzę i zna historię Obserwatorium, bo on tu kiedyś pracował!!!

Oprowadziłem całą grupę po Obserwatorium pokazując GRUBBA, MAKSUTOVA, ASTROGRAF i CASSEGRAINA, czyli naszą 50-tkę. Na tym spotkanie się zakończyło...

Kilka lat później, w Warszawie, ówczesny wicedyrektor MOA, dr Zbigniew Głownia, zauważył mnie podczas konferencji, gdy prowadziłem seans w przenośnym planetarium Anikino i zaproponował pracę w nowo budowanym planetarium na terenie MOA. Oczywiście że się zgodziłem. I okazało się, że moim kolegą z pracy jest tamten „Pan – On" z OA UJ – Grzegorz Sęk.

Tak rozpoczęła się nasza ponad piętnastoletnia współpraca...

Jako młody magister astronomii, często zwracałem się do niego z prośbą o pomoc, z pytaniami a czasem i wątpliwościami. Zawsze miły, zawsze uśmiechnięty, z poczuciem humoru, który rezonował z moim. I się zaczęło... Nasze dyskusje, komentarze i docinki. Dla osób z zewnątrz mogły wyglądać jakbyśmy się obrażali nawzajem. Nic bardziej mylnego. Dla nas była to forma odreagowania stresu i świetny czas „ponarzekania na czasy w jakich przyszło nam pracować". Mieliśmy dość wysublimowane poczucie humoru. Czasem dopadały nas przemyślenia egzystencjonalne, filozoficzno-kosmologiczne, gdzie puszczaliśmy wodze fantazji. Często, gdy ja się wkurzałem, on zachowywał spokój. (Do dzisiaj się tego nie nauczyłem). Choć to nie znaczy, że i on się nie wkurzał. Mimo różnicy wieku byliśmy jak koledzy ze szkolnej ławki.

Po ponad dwóch miesiącach od jego śmierci, dochodzę do wniosku, że wtedy Grzegorz czuł się jak ja (młody, gotowy zmienić świat, a ja czułem się jak on, doświadczony i pewny siebie). To niesamowite ile energii miał w sobie. To sprawiało, że młodzież lgnęła do niego.

Często wpadaliśmy na siebie w pracy. Czasem on po nocy obserwacyjnej, czasem przed obserwacjami Słońca. Ja, zwykle czekając na grupę która miała przyjechać na prelekcję i seans w planetarium. Wtedy wydawał mi się ekscentryczny. Działaliśmy wtedy w „starym" MOA. W sali, która była „komputerową", stolik nauczyciela prowadzącego i szafka po prawej były jego. To znaczy na biurku były jego szpargały a w szafce jego rzeczy. Często w tej szafce chomikował jakieś łakocie (wafelki lub ciasteczka). Pod kopułą, jego okulary i filtry. Wszystko pod ręką, choć dla nas to był zwykły bałagan. Grzegorz prowadził zajęcia ze starszą młodzieżą. Ja wpadałem do pracy gdy oni odsypiali nocne obserwacje. Jego pomysły czasem wprawiały wszystkich, mówiąc delikatnie, w zakłopotanie, ale działały. Proste, czasem łopatologiczne rozwiązania po prostu działały. Przykładem była szafka z zasłonką do obserwacji Słońca. Wsadzało się głowę za zasłonkę a tam stał monitor i patrząc w niego ustawiało się ostrość na lunecie. Gdy byłem pod ręką to ustawiałem mu ostrość w lunecie bo miałem lepszy wzrok. Raz postanowił wyczyścić

lustro 18-sto centymetrowego teleskopu tzw. Meniscasa eterem!!! Pojechałem do Krakowa kupić butelkę eteru. Następnego dnia pod wiatą gdzie stał grill w MOA zaczęliśmy myć to lustro. Przyznam, że było to dość osobliwe przeżycie... Były też chwile gdy jego niecierpliwość brała górę i zamiast poczekać, żeby wysłać teleskop do serwisu, sam próbował naprawy. Czasem z marnym skutkiem – jak wtedy gdy zrobił dziurkę w zaślepce teleskopu bo nie zauważył filtra słonecznego leżącego obok.

To Grzegorz zwrócił moją uwagę na lunetę Grubb'a w OA UJ, co zaowocowało jej renowacją w 2013 roku, której dokonaliśmy razem z koleżeństwem z koła studenckiego i pracownikami z warsztatu na Forcie Skała.



Autor wraz z Grzegorzem Sękiem przy odnowionym teleskopie Grubb'a w OAUJ.

Grzegorz zaraził mnie też obserwacjami Słońca, najpierw w filtrze szarym a potem w H-alfa. Dzięki jego staraniom zakupiono do MOA klin Herschela i filtr Ca (wapniowy). Przy okazji Grzegorz uczył się wielu różnych programów do obróbki danych obserwacyjnych.

Po pewnym czasie w „starym" MOA, zaczęliśmy wspólnie prowadzić „Pikniki pod gwiazdami". To były zajęcia dla starszej młodzieży, które zaczynały się o 18:00 a kończyły o 12:00 dnia następnego, z przerwą na sen. Dzieciaki spały wtedy w takich 8 osobowych domkach na terenie Obserwatorium. Plan był prosty: najpierw wycieczka po Niepołomicach, charakterystyczne punkty na mapie tego miasta i ich historia z finałem na Kopcu Grunwaldzkim. Potem powrót do MOA i grill we własnym zakresie (dziś to by nie przeszło, bo kto by to ogarnął? Na to nie ma aplikacji). Następnie wykłady i ćwiczenia obserwacyjne (przy dobrej pogodzie) i sen. Choć nie zawsze. Rano z reguły wykład o Słońcu i jego

obserwacje przez lunety wyposażone w filtry szare i H-alfa. Na tej płaszczyźnie dogadywaliśmy się bez słów. Każdy z nas wiedział co, kiedy i gdzie ma zrobić. Obsługa „Michaliny" na boisku szkolnym czy „Dobsonów" nie była problemem. Grzegorz głównie skupił się na kółkach astronomicznych i obozach (tak, wtedy były obozy astronomiczne). Ja natomiast zająłem się popularyzacją astronomii i pokazami nieba.

Wielokrotnie razem jeździliśmy na różnego rodzaju imprezy. Swego czasu najważniejszą był „Piknik naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik" w Warszawie. Pewnie dla tego, że dopiero co otwarto CNK. Były lata, że to ja byłem odpowiedzialny za nasz zespół, ale i tak Grzegorz był nie do zatrzymania... Gadaliśmy z tysiącami ludzi a on i tak po wszystkim, miał siłę jeszcze do nas zażartować. Obozy astronomiczne w Bieszczadach czy na Mazurach, też miały swój niepowtarzalny klimat. Ale to zupełnie inna opowieść. Gdziekolwiek byliśmy miałem wrażenie, że znał tam ludzi, znał miejsce jakby już tam kiedyś był. Z łatwością nawiązywał nowe znajomości.



Grzegorz Sęk i autor przy meteorycie Morasko w Poznaniu.

Pamiętam jak wracaliśmy z Poznania, z konferencji poświęconej 100-leciu odkrycia meteorytu Morasko. Byliśmy głodni po całym dniu w terenie. Więc perspektywa wagonu Wars była obiecująca. No niestety.

W składzie, którym wracaliśmy do Krakowa nie było Warsu. Wiec namówiłem Grzegorza żeby zamówić pizzę do pociągu. Mina pani kierownik pociągu była bezcenna gdy zobaczyła jak w przedziale zajadaliśmy się ciepłą pizzą.

W pamięci utkwił mi też nasz wyjazd do Planetarium w miejscowości Żar nad Hronem w środkowej Słowacji. Grzegorz umówił się z tamtejszym dyrektorem, że pomoże w ustawieniu ich projektora planetarium ZKP-2. Efekt był taki, że ja stałem dwa dni na drabinie ustawiając planety a Grzegorz siedział wygodnie na widowni i miał ze mnie niezły ubaw.

Świadomie pomijam czas pandemii, która zbiegła się szczęśliwie z czasem przebudowy MOA. Działaliśmy wtedy on-line. Wtedy cały nasz zespół stworzył wiele wspaniałych materiałów edukacyjnych, dostępnych na stronie: wdomu.moa.edu.pl. Prowadziliśmy też wiele wykładów online. Jakoś w tym czasie napisaliśmy razem publikację „Youth Astronomical Observatory in Niepolomice" w PTA Proceedings 2018 o Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach i planach jego przebudowy.

W nowym budynku MOA, mogliśmy rozwinąć w pełni nasze skrzydła. Nowe miejsce i nowe pomysły. I tu znowu Grzegorz świetnie się odnalazł. Szybko nauczyłem Grzegorza podstawowej obsługi naszego nowego cyfrowego planetarium. A cieszyliśmy się jak dzieci gdy dostaliśmy nowego LUNTA do obserwacji Słońca. Angażował się w wiele wydarzeń, o których często nie mieliśmy pojęcia. Dowiadywaliśmy się o nich często z mediów społecznościowych albo z podziękowań, które spływały do MOA.

Jeździł po całej Polsce i nie tylko, popularyzując astronomię. Prowadził letnie i zimowe szkoły dla nauczycieli, wykłady, warsztaty, audycje radiowe, ale przede wszystkim zajęcia z młodzieżą, którą uwielbiał. Oni zresztą też go uwielbiali. Grzegorz był inicjatorem powstania stacji bolidowej na terenie Obserwatorium, propagował projekt Sally Ride EarthKAM. To jego pomysł doprowadził do projektu ARISS w MOA. Od samego początku przygotowywał uczniów do Ogólnopolskiego Młodzieżowego Seminarium Astronomiczno-Astronautycznego w Grudziądzu (OMSA), którego wstępem jest zawsze etap wojewódzki. Wielu z jego uczniów zostało laureatami i finalistami OMSA. Kilkoro jego wychowanków jest astronomami lub jest związana z astronomią. Wymienię tu dr Paulinę Sowicką, która przebywa obecnie w Chile, mgr Karolinę Jarosik – doktorantkę w OA UJ, obecnie pracującą w MOA, mgr Martę

Kotarbę-Satorę – nauczycielkę w MOA, mgr. inż. Mateusza Windaka, który zajmuje się astrofotografią.

Dla mnie Grzegorz był kimś więcej jak tylko kolegą z pracy. Był członkiem rodziny. Moje dzieci mówiły do niego „wujek". Raz mój syn powiedział do niego „dziadek" to bardzo się oburzył i od tego czasu mówiły „wujek". Wpadał do nas na kawę bez zapowiedzi. Czasem po pracy, czasem przed wyjazdem na jakiś wykład. Często przynosił jakieś słodkości dla moich dzieci. Miał u nas swoją ulubioną filiżankę (z obrazem Gustava Klimta – „Pocałunek"). Czasem wpadał z jakąś „drobnostką" do zrobienia; czy to do zajęć czy do samochodu lub roweru. Czasem chciał obgadać jakiś pomysł albo przegadać jakiś problem. Podczas przebudowy Obserwatorium w moim ogródku zrobiliśmy małą stację obserwacyjną. Dla niego nie było problemu by zaopiekować się przez kilka godzin moimi dziećmi, gdy mieliśmy coś pilnego do załatwienia. Kiedyś mój najmłodszy syn chciał mieć flagę piracką. Grzegorz podjął temat i powiedział żebyśmy zamówili przez Internet taką flagę a on za nią zapłaci. Dając ją Dawidowi powiedział że ukradł ją piratom ze statku... Następnego dnia Dawid stwierdził, że w takim razie może pojechać z Wujkiem żeby ukraść piratom jeszcze skrzynię ze skarbem!!! Jednak tego wypadu już nie doczekał...

Nadszedł piątek 7 listopada 2025 roku... Jeszcze wczoraj wieczorem rozmawialiśmy w Obserwatorium. Ponaglał mnie żebym szybko opublikował informacje o wojewódzkim etapie konkursu OMSA. Wybierał się w sobotę do Kudowy – Zdroju... Wczoraj wymieniałem mu koła w samochodzie na zimowe.

Zmarł 7 listopada 2025 w Niepołomicach. Został pochowany 14 listopada 2025 roku na Cmentarzu Rakowickim w Krakowie. W uroczystościach pogrzebowych wzięły udział setki osób: rodzina, przyjaciele, znajomi, koleżanki i koledzy z MOA, jego byli i obecni uczniowie, nauczyciele z którymi współpracował i których szkolił.

***

Drogi Grzegorzu, pozostało po Tobie wiele wspomnień, materiałów edukacyjnych, książek i obserwacji, które przez te lata przeprowadziłeś. Z całą pewnością nie pójdzie to na marne! Wychowałeś kolejne pokolenia pasjonatów astronomii. Wywarłeś wielki wpływ też na mnie. Dziękuję Ci za wiele cennych rad, opowieści, pomocy, której mi udzielałeś, naszych rozmów. Do zobaczenia wśród gwiazd Przyjacielu!

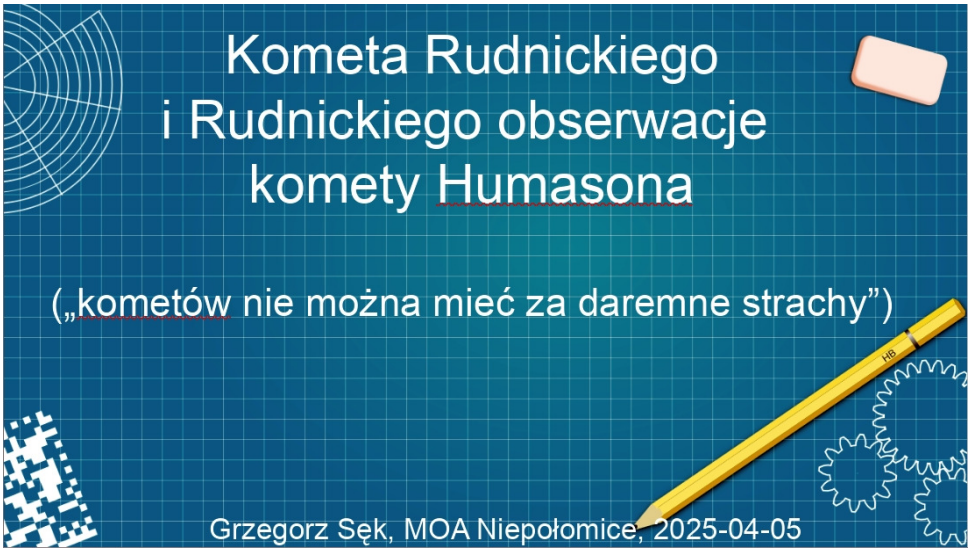
Grzegorz Sęk – krótkie wspomnienie

Tomasz Kundera

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Niestety, niespodziewane odejście Grzegorza w listopadzie 2025 roku nie daje już szansy, byśmy mogli korzystać z ogromu jego wiedzy przekazywanej ze swadą, licznych anegdot i objaśnień przedstawianych pomocy naukowych. Przypomnijmy sobie zatem czas, gdy było to jeszcze możliwe, a jego obecność wśród nas wydawała się tak oczywista.

W dniach 3-6 kwietnia 2025 organizowaliśmy sesję naukowo-historyczną z okazji 100-rocznicy odkrycia pierwszej polskiej komety C/1925 G1 (Orkisz). 5 kwietnia Grzegorz wygłosił wspaniały wykład „Kometa Rudnickiego i Rudnickiego obserwacje komety Humasona". Chociaż osobiście Grzegorz Sęk nie zajmował się naukowo kometami, to znał się na nich dobrze. Prawdopodobnie pierwsze zainteresowanie kometami zaczerpnął od Konrada Rudnickiego, który przez kilkadziesiąt lat był „ostatnim" Polakiem – odkrywcą komety. Konrad Rudnicki był promotorem pracy magisterskiej Grzegorza Sęka kilka lat po odkryciu swojej komety C/1966 T1 (Rudnicki). O odkryciu komety przez Rudnickiego było głośno przez cały czas studiów Grzegorza Sęka.



Slajd startowy prezentacji.



Grzegorz Sęk podczas prezentacji o komecie Rudnickiego i obserwacjach komety Humasona. Eksponaty zgromadzone na stoliku (dokumenty źródłowe, radziecka maszyna licząca „Kursk", zestaw klisz palomarskich z obserwacjami Rudnickiego) świadczą o doskonałym przygotowaniu się prelegenta do wykładu.



Grzegorz Sęk ze szklaną płytą (kliszą) palomarską.

Kiedy astronom odchodzi – wspomnienie o Grzegorzu Sęku

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Nie ma w astronomii, zresztą w każdej dziedzinie, nic ponad dobrą edukację. Największe zdobycze astronomii są zawsze skutkiem odpowiedniego wcześniejszego wykształcenia ich autorów.

Dobrze nauczać astronomii może tylko solidnie wykształcony astronom. To warunek konieczny. Nauczyciel astronomii, jak w przypadku wszelkich innych dziedzin, musi też mieć talent dydaktyczny. Do tego trzeba jeszcze dorzucić pasję, z jaką nauczyciel angażuje się w astronomię i jej przekaz. Grzegorz Sęk pozostanie w pamięci jako przykład dobrego nauczyciela astronomii, człowieka świetnie przygotowanego pod względem merytorycznym, obdarzonego talentem dydaktycznym i przejawiającego nieustanną pasję do astronomii i jej przekazu młodszym pokoleniom. Czyżby Grzegorzowi udzieliły się te wszystkie cechy dobrego nauczyciela astronomii od jego promotora w Uniwersytecie Jagiellońskim, jakim był prof. Konrad Rudnicki?

Na drugim roku studiów astronomii w UJ (1977/78) mgr Grzegorz Sęk asystował dr. Maciejowi Winiarskiemu we wdrażaniu nas w arkana obserwacji astronomicznych, w ramach pracowni astronomicznej. Ładny kawał astronomii ogólnej i sferycznej trzeba sobie było przypomnieć na potrzeby tych zajęć. Tak Grzegorz Sęk jak Maciej Winiarski oczekiwali od nas zrozumienia rzeczy, podczas gdy myśmy je tylko co najwyżej umieli. Na tych zajęciach pojęliśmy czym są obserwacje astronomiczne i na czym polega praca astronoma obserwatora. Co tam, że trzecia nad ranem, że człowiek przemarznięty do szpiku kości, niebo rozgwieżdżone – trzeba obserwować! Na szczęście dzisiejsze obserwacje astronomiczne już aż takich poświęceń nie wymagają.

W roku 1985 rozpocząłem pracę w OAUJ w charakterze asystenta. Pewnego razu spotkaliśmy się z Grzegorzem i oznajmił mi, że on już tu

nie pracuje. Wraz z kolegą założyli prywatną działalność w zakresie elektroniki i właśnie są na etapie rozruchu. Pozapraszaliśmy się nawzajem; ja jego do Brzezia k. Niepołomic (gdzie mieszkaliśmy wtedy w szkolnym mieszkaniu służbowym), on mnie do swojego mieszkania w Nowej Hucie oraz do firmy. W firmie zabawiliśmy krótko, bo każda jego minuta na stanowisku pracy (wtedy przy masowym wierceniu otworków w surowych płytkach elektronicznych) kosztowała nie pamiętam ile, ale bardzo dużo. Spodobała mi się ta praca i jej tempo. Chyba proponował mi nawet dorywcze zatrudnienie, do czego jednak nie doszło. Zbyt wiele miałem swoich zajęć, łącząc etaty nauczyciela w szkole podstawowej i asystenta w OAUJ. Podczas odwiedzin rodziny Grzegorza w Nowej Hucie dowiedziałem się na czym polegają jego kłopoty rodzinne, dla których zrezygnował z pracy w UJ na rzecz większych dochodów we własnej firmie. Żona Grzegorza była nieuleczalnie chora i wymagała szczególnej troski. Córeczka była jeszcze mała i też wymagała opieki rodzicielskiej. Grzegorz był sam do ogarnięcia wszystkiego. Zabawiliśmy tam kilka godzin, podczas których przekonałem się do minikomputerów. Grzegorz zademonstrował możliwości „Commodore". Pokazał jak łatwo się pisze i uruchamia programy na tym komputerku. Kilka tygodni po tej wizycie przeforsowałem w swojej szkole zakup komputera Atari i zacząłem uczyć dzieci programowania w Atari Basic w ramach zajęć pozalekcyjnych.

W latach 90-tych, jako instruktor sekcji astronomicznej zorganizowanej przez krakowskie Centrum Młodzieży im. dr. Henryka Jordana, angażowałem się w przygotowanie swoich podopiecznych do konkursu grudziądzkiego OMSA. Etap wojewódzki tego konkursu był organizowany wtedy w krakowskich liceach. Zapraszano mnie do jury. To był poważny konkurs i nie było łatwo zakwalifikować się do finału. Kilka razy wygrali ten etap moi uczniowie i wtedy wypadło mi jako opiekunowi jechać do Grudziądza. Tam wygrać, jeśli się nie było faworyzowanym przez jury, to był wyjątkowy sukces. W latach dwutysięcznych, kiedy do Grudziądza woziłem już młodzież częstochowską, dało się zauważyć w finale OMSA wyraźnie zwyżkujący z roku na rok poziom młodzieży formowanej astronomicznie w MOA (Młodzieżowym Obserwatorium Astronomicznym w Niepołomicach) przez Grzegorza Sęka. Sukcesy dydaktyczne jakie udało się Grzegorzowi osiągnąć w konkursach OMSA należą do wyjątkowych w skali kraju.

W roku 2006 otwarłem w Częstochowie (pierwsze w Polsce) profesjonalne planetarium cyfrowe. Niedługo potem Grzegorz odwiedził mnie wraz ze swoimi uczniami z MOA. Chciał sprawdzić możliwości planetarium cyfrowego dla porównania z planetariami klasycznymi. Miał zamiar

zorganizowania w MOA małego planetarium. Doskonale zdawał sobie sprawę z tego, jaką rolę pełnią planetaria dla edukacji publicznej w zakresie astronomii. Abstrahując od możliwości finansowych, chciał zdecydować o jaki rodzaj projektora się ubiegać – cyfrowy czy analogowy. Ja z entuzjazmem podkreślałem przewagę nowoczesnego rozwiązania, on obstawał przy klasycznym sposobie projekcji i prowadzenia seansów planetaryjnych na żywo.

Grzegorz Sęk czynnie uczestniczył w corocznych niepołomickich konferencjach międzynarodowych „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie". W większości tych konferencji ja także uczestniczyłem osobiście i miałem okazję spotykać Grzegorza i podziwiać go w akcji – czy to podczas warsztatów towarzyszących konferencji czy, po roku 2010, podczas prowadzenia seansów w planetarium. Konferencjom towarzyszyły też wycieczki, podczas których mieliśmy okazję dyskutować o problemach edukacji w astronomii. W maju 2008 odbyła się wycieczka do organizującego się obserwatorium na Lubomirze. Grzegorz bardzo kibicował przedsięwzięciu i szukał możliwości wciągnięcia MOA we współpracę z obserwatorium na Lubomirze.

16 września 2010 roku otwarto w Niepołomicach planetarium. Postawiono na seanse z wykorzystaniem projektora ZKP-1. Najbardziej kompetentną i zapaloną osobą w MOA do przeprowadzania seansów był Grzegorz Sęk. Jego zaangażowanie merytoryczne w zaistnienie planetarium a potem w jego funkcjonowanie było niezastąpionym gwarantem sukcesu.



Grzegorz Sęk i autor przy projektorze ZKP-1 w niepołomickim planetarium.



Lubomir, 16 maja 2008. Od lewej: autor, Grzegorz Sęk i Julian Murzyn (wójt gminy Wiśniowa, 2000-2010).

W październiku 2019 roku zorganizowałem w swoim obserwatorium w Rzepienniku konferencję „Kazimierz Kordylewski jako człowiek i astronom". Grzegorz Sęk przyjął zaproszenie z entuzjazmem i przedstawił piękny referat o Kordylewskim – patronie MOA. Podczas przerwy obiadowej, niespostrzeżenie umknął by wdrapać się na 20-metrową wieżę z anteną satelitarną. Ostrożność nie dorównała ciekawości i rozciął sobie głowę. Nie w smak mu było się przyznawać, bo pospieszny wypad na wieżę wykonał ukradkiem. Stało się to bezpośrednio przed jego wykładem. Jak tu wystąpić z pokrwawionymi włosami i koszulą? Przywdział swoje wierzchnie odzienie i ku zaskoczeniu audytorium (o wypadku nikt jeszcze nie wiedział) wystąpił w nim. Zaskoczenie było tym większe, że w sali wykładowej było całkiem ciepło.

Grzegorz Sęk był niekwestionowanym „guru" dla licznych edukatorów astronomii, nie tylko w Polsce, ale i za granicą (Ukraina, Słowacja). W MOA regularne organizowano warsztaty dla nauczycieli. Grzegorz uczył ich podstaw obserwacji i analizy danych. Nauczyciele zapraszali go też do swoich szkół z wykładami i warsztatami dla uczniów. Współuczestniczyłem z Grzegorzem w jednych takich wyjazdowych warsztatach. Sławomir Surowiec, nauczyciel II LO w Dębicy, regularny uczestnik warsztatów w MOA, zorganizował w 2019 roku piknik naukowy „Potęga umysłu – radość i zabawa". Dwudniowa listopadowa impreza obejmowała spotkanie z polskim kosmonautą Mirosławem Hermaszewskim, pokazy wieczorne nieba, dzienne pokazy teleskopowe Słońca w filtrze H-alfa oraz



Wykład Grzegorza Sęka o Kazimierzu Kordylewskim w Rzepienniku.

obserwacje spektroskopowe Słońca. Grzegorz był do tego stopnia zaangażowany w przygotowanie wieczornego pokazu, że potrafił mu umknąć referat Kosmonauty.

Charakterystyczne dla Grzegorza było to, że zawsze i wszędzie w rozmowach był tylko jeden temat przewodni – popularyzacja astronomii. Rozmowy na inne tematy traktował jako stratę czasu. Wyglądało tak, jakby się ciągle spieszył w tym co robi dla astronomii. Jakby nadrabiał jakiś stracony dla niej czas. Okres zatrudnienia w niepołomickim MOA (25 lat), znaczony bezgranicznym oddaniem się dydaktyce astronomii, zapisze się złotymi zgłoskami w kronikach Uranii. Dla współczesnych i przyszłych pracowników MOA pozostanie niedoścignionym wzorem do naśladowania. Przez swoich licznych uczniów, młodocianych i dorosłych, będzie wspominany przy każdym spojrzeniu w stronę Słońca, czy rozgwieżdżonego nieba. Świat potrzebuje i docenia dobrych przewodników. Zwłaszcza gdy szlaki prowadzą ku niebu!



Grzegorz Sęk w gotowości przeprowadzenia seansu dla uczestników którejś niepołomickiej konferencji, z serii „Astronomia XXI wieku i jej nauczanie”.

Piotr Flin – życie i twórczość

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

W dniu 21 marca 2025 zorganizowano w Obserwatorium Astronomicznym UJ w Krakowie całodzienną sesję naukową, dedykowaną Piotrowi Flinowi z okazji jego 80-tych urodzin.

Komitet naukowy sesji reprezentowali:

- prof. Michal Heller (CKBIUJ, PAU)
- prof. Marek Biesiada (NCBJ, Warszawa)
- prof. Jerzy Kreiner (UKEN, Kraków)
- prof. Agnieszka Pollo (NCBJ, OAUJ)
- dr hab. Marian Soida, prof. UJ (OAUJ)
- dr Bogdan Wszołek (OAKJ)

W komitecie lokalnym działali:

- dr hab. Marek Jamrozy, prof. UJ
- dr hab. Agnieszka Kuźmicz (OAUJ, OAKJ)
- dr Elżbieta Kuligowska (OAUJ)
- dr Marek Weżgowiec (OAUJ)

W programie przewidziano serię wykładów, czas na dyskusje oraz poczęstunek. Prof. Marian Soida – dyrektor Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego (OAUJ), przywitał uczestników sesji.



Gospodarz wydarzenia, dyrektor OAUJ, prof. Marian Soida.

Ks. prof. Michał Heller nadesłał okolicznościowy list, którego odczytanie poprzedziło wygłaszanie referatów. Oto jego treść:

Drodzy Uczestnicy *Sesji poświęconej Prof. Piotrowi Flinowi z okazji Jego 80. urodzin*,

Właśnie mam przed sobą pierwszy numer *Acta Cosmologica* (rok 1973), które założyliśmy w Krakowie jako pismo Uniwersytetu Jagiellońskiego i które ukazywało się aż do roku 1998. Otwieram ten numer z niejakim wzruszeniem. Zawiera on słynny (ongiś) „Katalog Jagielloński", najgłębszy podówczas katalog galaktyk z niewielkiego skrawku nieba, zwanego „Polem Jagiellońskim". Katalog został sporządzony na podstawie klisz przywiezionych przez Prof. Konrada Rudnickiego z Mount Palomar – owoc jego własnych obserwacji (z lat 1966-1967). Klisze były opracowywane „ręcznie" przez kilka lat. Głównymi współpracownikami Konrada Rudnickiego byli Zbigniew Dworak i Piotr Flin (i oni figurują jako współautorzy Katalogu).

To wszystko działo się w ramach tzw. Krakowskiej Grupy Kosmologicznej (nazwanej tak *ex post*), której nieformalnym organem stały się *Acta Cosmologica*. Zaczęło się od comiesięcznych otwartych konwersatoriów w Obserwatorium, które mieściło się jeszcze w Ogrodzie Botanicznym przy ul. Kopernika. W stanie wojennym były seminaria w prywatnych mieszkaniach, które miały również charakter spotkań towarzyskich. Potem Szkoły Kosmologiczne i coraz szersze kontakty z zagranicznymi kosmologami. Rosyjscy uczeni traktowali przyjazdy do nas jako okazje do spotkań z zachodnimi kolegami.

Z tego rodziły się osobiste przyjaźnie. We wspomnieniach pielęgnuję wizyty u Piotra w Jego rodzinnym domu na Woli Justowskiej i spotkania w krakowskich kawiarniach, podczas których dyskutowaliśmy o sprawach naukowych, organizacyjnych i wielu innych.

Łączyła nas wszystkich pasja do kosmologii. Wszechświat fascynuje wielu ludzi, ale my byliśmy uprzywilejowani tym, że mogliśmy uczyć się Wszechświata i brać udział w Wielkiej Przygodzie jego badania.

Myślę, Piotrze, że to wszystko, cośmy razem przeżyli, nie minęło, ale jest pieczołowicie przechowywane w niezbadanych głębinach Wszechświata.

Kraków – Tarnów, 21 marca 2025 roku,



Prezes AN, dr Bogdan Wszołek, otworzył sesję, po czym zostały wygłoszone wykłady wg następującego porządku:

– Włodzimierz Godłowski: Nasze wspólne projekty badawcze z prof. Flinem.
– Krzysztof Maślanka: Piotr Flin – astronom o korzeniach artystycznych i jego perypetie przy doktoracie.
– Janusz Krywult: Piotr Flin – z Krakowa do Kielc.
– Monika Biernacka: Piotr Flin in memoriam – obecność Profesora w Kielcach.
– Bogdan Wszołek: Piotr Flin i Krakowskie Szkoły Kosmologiczne.

Prof. Elena Panko z Odessy, bliska zagraniczna współpracownica Piotra Flina, nadesłała na sesję plakat okolicznościowy o następującym brzmieniu:

Remembrances by Vasily Zhukovsky:
О милых спутниках, которые наш свет
Своим присутствием для нас животворили,
Не говори с тоской: их нет;
Но с благодарностию: были.
About dear friends, who did invigorate
By their presence our world to us once,
Don't say you sadly: they are now away,
But say with thanks: they were with us just.
(Igor Skryagi tr.)

It's so hard task to talk about Piotr Flin. He was a brilliant scientist, he was a large-scale personality, and he was an interesting person. Surely! He left behind disciples; he left behind a large number of scientific works etc., etc., etc... Michał Kokowski („Bibliografia prac astronoma i historyka nauk ścisłych Piotra Flina (1945-2018)", 2018) collected 250 publications in which P.Flin is an author or coauthor. The full biography by Piotr Flin is waiting for the biographer, we can only remember some moments with him.

For me Piotr was a teacher, a source of new ideas for scientific work. At the same time, during my collaboration with him, I had the great possibility of seeing Poland from the point of view of a true Pole who loved his country, and especially Krakow. He showed me Krakow, and I wondered about his knowledge of history and architecture.

I can remember his sense of humor. He said: "My parents were artists. I didn't obtain the artistic talent and became an astrophysicist". Surely, it's a joke. He became an astrophysicist because he had a talent in this direction. I can remember his love of painting, sculptures, and graphics as well as opera. He was very knowledgeable about classical and modern art.

He could think globally. It was so useful to discuss a situation with him, not necessarily a scientific one. He saw the problem as a whole, and that helped to find a beautiful, non-standard solution. Really, the problem was: to give the students the possibility to improve in astronomy. The solution was: to create the University' Observatory and Planetarium. It was a hard task, but Piotr and his collaborators did it. It was great. The Observatory of Jan Kochanowski University can remember about him too.

I would like to add some words dedicated to his wife Zofia. She is a wonderful woman. Piotr has full support at home, and this support was more step to success.

Piotr Flin was a specialist in the history of science. At present, he is the part of the history. True astronomers have gone to the dark side of the Moon. Piotr had another possibility: asteroid *296987* in the main asteroid belt was named Piotrflin. It is possible, that his soul as a true astronomer's one visits it sometime.

Piotr was gone, but he left behind bright memories and we remember him like Vasily Zhukovsky wrote, with thanks: he was with us just. With the great thanks, Elena Panko.

W części dyskusyjnej po poczęstunku jako pierwszy wystąpił Janusz



Krakowscy seniorzy astronomii (od lewej): prof. Jerzy Kreiner, prof. Jerzy Machalski, dr Henryk Brancewicz.

Jagła, prezes PTMA, przedstawiając prezentację audiowizualną, nawiązującą do aktywności popularnonaukowych Piotra Flina na rzecz niepołomickiego Młodzieżowego Obserwatorium Astronomicznego (MOA). Z kolei Adam Michalec przedstawił wybrane fragmenty dotyczące aktywności Piotra Flina w OAUJ zawarte w książce Eugeniusza Rybki „Kronika mego życia" (wyd. IHN PAN, Warszawa, 2024). Podczas sesji miło wspominali Piotra Flina jego rówieśnicy ze studiów. Okazało się, że Piotr Flin do końca życia coroczne współorganizował spotkania absolwentów astronomii UJ z jego rocznika.

W sesji uczestniczyły następujące osoby: Artur Babecki, Monika Biernacka, Henryk Brancewicz, Krzysztof Chyży, Michał Drahus, Zbigniew Głownia, Włodzimierz Godłowski, Janusz Mieczysław Jagła, Marek Jamrozy, Paweł Kankiewicz, Kamil Kasprzak, Agata Kołodziejczyk, Dorota Kozieł-Wierzbowska, Jerzy Kreiner, Janusz Krywult, Jerzy Krzesiński, Jerzy Kubisz, Elżbieta Kuligowska, Tomasz Kundera, Agnieszka Kuźmicz, Artur Kuźmicz, Patryk Liniewicz, Jerzy Machalski, Krzysztof Maślanka, Adam Michalec, Agnieszka Nowak, Michał Ostrowski, Agnieszka Pollo, Justyna Put, Małgorzata Rojsza, Stanisław Ryś, Katarzyna Sadrak, Andrzej Sendrakowski, Magdalena Słowik, Marian Soida, Grzegorz Stachowski, Paweł Turkowski, Magdalena Wszołek, Bogdan Wszołek, Stanisław Zoła.

W szczególności godny odnotowania jest udział Henryka Brancewicza, który od pewnego czasu nie domaga zdrowotnie i nie może samodzielnie opuszczać swojego mieszkania. Wola uczestnictwa w sesji była u niego tak duża, że ściągnął córkę Małgorzatę (Rojsza) z Ameryki i dzięki niej możliwy był jego udział w sesji.



Uczestnicy sesji.

Budowniczy kieleckiego nieba: profesor Piotr Flin i narodziny lokalnej astronomii

Monika Biernacka

Instytut Fizyki, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Streszczenie: Niniejszy artykuł przedstawia działalność profesora Piotra Flina w Kielcach, obejmującą kluczowy okres rozwoju lokalnej astronomii akademickiej. Analizie poddano jego wkład w organizację struktur instytucjonalnych, rozwój badań naukowych, dydaktyki oraz infrastruktury obserwacyjnej na ówczesnej Akademii Świętokrzyskiej, późniejszym Uniwersytecie Jana Kochanowskiego. Szczególne znaczenie miały jego inicjatywy związane z utworzeniem Zakładu Astrofizyki, budową Obserwatorium Astronomicznego i Planetarium, a także rozwój badań z zakresu kosmologii obserwacyjnej i dynamiki struktur wielkoskalowych. Artykuł omawia również rolę profesora Flina jako organizatora wydarzeń naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym, w tym Walnego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w 2007 roku oraz dwóch edycji Międzynarodowych Szkół Kosmologicznych. Całość stanowi syntetyczną charakterystykę wielowymiarowego dorobku uczonego, podkreślając jego fundamentalny wpływ na rozwój astronomii akademickiej w regionie świętokrzyskim.

Słowa kluczowe: Piotr Flin, astronomia w Kielcach, Zakład Astrofizyki, obserwatorium astronomiczne, planetarium, szkoły kosmologiczne, rozwój nauki.

Działalność profesora Piotra Flina w Kielcach, rozpoczęta w roku 1993, stanowi jedno z kluczowych ogniw w rozwoju lokalnej astronomii akademickiej. Jego przybycie zbiegło się z okresem intensywnych przemian instytucjonalnych, a podjęte przez niego inicjatywy określiły kierunek i dynamikę rozwoju badań astronomicznych oraz dydaktyki na ówczesnej Akademii Świętokrzyskiej, późniejszym Uniwersytecie Jana Kochanowskiego. Profesor Flin, łącząc kompetencje badacza i organizatora, stworzył fundamenty środowiska, które do dziś odgrywa istotną rolę w krajowej strukturze nauk fizycznych.



Pracownicy Zakładu Astrofizyki. Od lewej: Janusz Krywult, Paweł Kankiewicz, Monika Biernacka, Marcin Drabik, Piotr Flin.

Centralnym elementem jego działalności było zorganizowanie od podstaw Zakładu Astrofizyki, któremu przewodniczył od momentu jego powstania do czasu przejścia na emeryturę. Jego koncepcja rozwoju opierała się na równoczesnym kształtowaniu trzech obszarów: badań naukowych, dydaktyki akademickiej oraz infrastruktury obserwacyjnej. W sferze badań profesor Flin rozwijał prace z zakresu kosmologii obserwacyjnej, w szczególności dotyczące orientacji gromad galaktyk, struktur wielkoskalowych i dynamiki układów kosmicznych. Kontynuował analizy statystyczne rozpoczęte jeszcze w krakowskim ośrodku astronomicznym, jednocześnie poszerzając je o nowe kierunki badań realizowane we współpracy krajowej i międzynarodowej. Pod jego kierunkiem zespół kielecki opublikował liczne prace dotyczące struktury Wszechświata oraz dynamiki małych ciał Układu Słonecznego, co przyczyniło się do wzrostu znaczenia Uczelni w środowisku astronomicznym.

Działalność naukowa profesora Piotra Flina była od początku silnie osadzona w sieci współpracy krajowej i międzynarodowej. Jednym z jego najważniejszych i najdłużej trwających partnerstw badawczych była współpraca z Włodzimierzem Godłowskim (Uniwersytet Opolski), obejmująca zagadnienia orientacji galaktyk i gromad galaktyk, statystycznej analizy struktur wielkoskalowych oraz kosmologicznych testów izotropii. Wspólne publikacje tych autorów należą do istotnych prac z zakresu kosmologii obserwacyjnej i miały znaczący wpływ na rozwój tej problematyki w literaturze przedmiotu.

Istotnym nurtem współpracy międzynarodowej była również długoletnia współpraca z prof. Eleną Panko (Wydział Fizyki i Astronomii

Narodowego Uniwersytetu I.I.Miecznikowa w Odessie), w ramach której powstały rozległe katalogi gromad galaktyk oparte na danych z przeglądu MRSS. Katalogi te, znane w literaturze jako katalogi Panko–Flin, stanowiły podstawę licznych analiz morfologicznych i statystycznych struktur galaktycznych i były wykorzystywane przez zespoły badawcze spoza Polski.

Profesor Flin rozwijał także współpracę z ośrodkami włoskimi, w szczególności z zespołem kierowanym przez Paolo di Fazio, koncentrującą się na badaniach struktury galaktyk oraz metodach analizy danych obserwacyjnych. Współpraca ta obejmowała wymianę wyników, konsultacje metodologiczne oraz wspólne kierunki badań, wpisując się w proces umiędzynarodowienia badań prowadzonych w Kielcach.

Ważnym elementem tej współpracy międzynarodowej był również dwumiesięczny staż badawczy autorki niniejszego artykułu, zrealizowany podczas jednego z pobytów naukowych profesora Piotra Flina w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej w 2002 roku. Staż ten umożliwił bezpośredni udział w pracach zespołów badawczych oraz sprzyjał transferowi doświadczeń naukowych i metodologicznych do ośrodka kieleckiego.

Działalność dydaktyczna profesora Flina była integralnie powiązana z rozwojem badań. Wprowadził do programu studiów kursy z astronomii, astrofizyki i kosmologii, a następnie rozszerzył je o zajęcia praktyczne prowadzone w pracowni astronomicznej. W dydaktyce kładł nacisk na przygotowanie studentów do samodzielnej pracy badawczej, co realizował poprzez systematyczne włączanie ich w projekty obserwacyjne i analityczne. Pod jego opieką liczni studenci wykonywali prace dyplomowe oparte na rzeczywistych danych obserwacyjnych, a część z nich kontynuowała karierę naukową. Rozwój dydaktyki w obszarze astronomii był możliwy dzięki równoległej rozbudowie infrastruktury, którą profesor Flin postrzegał jako warunek konieczny dla powstania nowoczesnego ośrodka akademickiego.

Najbardziej znaczącym osiągnięciem organizacyjnym Profesora było doprowadzenie do powstania Obserwatorium Astronomicznego oraz Planetarium Akademii Świętokrzyskiej. Inwestycje te, zrealizowane w latach 2003-2005, były efektem wieloletnich zabiegów prof. Flina, obejmujących tworzenie koncepcji naukowo-dydaktycznej, pozyskiwanie środków finansowych, współpracę z projektantami oraz dobór wyposażenia. Obserwatorium zostało wyposażone w nowoczesny sprzęt obserwacyjny, który umożliwił prowadzenie badań fotometrycznych i astrometrycz-

nych, zaś planetarium stało się istotnym narzędziem dydaktycznym oraz centrum popularyzacji astronomii w regionie. Dzięki tym przedsięwzięciom Kielce znalazły się na mapie krajowych ośrodków dysponujących profesjonalną infrastrukturą astronomiczną. Uzyskanie przez obserwatorium oficjalnego kodu Minor Planet Center potwierdziło jego pozycję w międzynarodowej sieci obserwacyjnej.



Profesor Flin podczas wykładu popularnonaukowego zorganizowanego w ramach Międzynarodowego Roku Astronomii 2009.

Profesor Flin był również inicjatorem i organizatorem znaczących wydarzeń naukowych, które wniosły trwały wkład w rozwój życia akademickiego w regionie. W 2007 roku doprowadził do organizacji XXXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w Kielcach, co stanowiło wydarzenie o dużym prestiżu i symbolicznym znaczeniu dla lokalnej astronomii. Zjazd zgromadził przedstawicieli najważniejszych polskich ośrodków badawczych i stał się okazją do prezentacji osiągnięć kieleckiego Instytutu Fizyki. W kolejnych latach profesor Flin zainicjował organizację Międzynarodowych Szkół Kosmologicznych, których pierwsza edycja odbyła się w 2015 roku. Szkoły te stworzyły platformę wymiany wiedzy pomiędzy badaczami a młodymi naukowcami, a także umocniły pozycję Kielc jako ośrodka aktywnie uczestniczącego w rozwoju współczesnej kosmologii.

Ważnym elementem działalności Profesora była popularyzacja astronomii. Dzięki jego zaangażowaniu obserwatorium i planetarium stały się miejscem licznych pokazów nieba, wykładów otwartych i zajęć edukacyjnych dla uczniów i mieszkańców regionu. Profesor Flin postrzegał astronomię jako dziedzinę, która w sposób szczególny kształtuje wyobraźnię



Uczestnicy I Szkoły Kosmologicznej w Kielcach, 15–25.07.2015.



Profesor Flin podczas wizyty w ZIBJ w Dubnej, 2002.

i zainteresowanie nauką, dlatego rozwój działalności popularyzatorskiej traktował jako jedno z istotnych zadań Zakładu Astrofizyki.

Istotnym elementem działalności organizacyjnej Profesora była również konferencja naukowa „Wykorzystanie Małych Teleskopów", zorganizowana w Kielcach w dniach 23–25 września 2016 roku. Wydarzenie to zgromadziło badaczy i obserwatorów z całej Polski, stanowiąc forum wymiany doświadczeń dotyczących roli niewielkich instrumentów w badaniach astronomicznych. Konferencja wpisywała się w szerszą wizję profesora Flina, konsekwentnie podkreślającego znaczenie powszechnie dostępnej, edukacyjnej i naukowej wartości małych teleskopów dla rozwoju lokalnych środowisk badawczych.



Profesor Flin podczas seminarium instytutowego na zakończenie pracy w Kielcach.



Profesor Flin podczas konferencji „Wykorzystanie Małych Teleskopów”, Kielce, 23–25.09.2016.

Ocena dorobku profesora Piotra Flina w Kielcach pozwala stwierdzić, że jego działalność miała charakter wielowymiarowy i długofalowy. Obejmowała zarówno rozwój badań naukowych, jak i kształcenie kadr oraz tworzenie infrastruktury, bez której prowadzenie współczesnych badań astronomicznych nie byłoby możliwe. Dzięki jego inicjatywie i konsekwencji powstał ośrodek, który funkcjonuje do dziś, prowadząc badania, edukację i popularyzację nauki. Dorobek profesora Flina stanowi trwały element historii astronomii w regionie świętokrzyskim, a jego wkład pozostaje fundamentem dalszego rozwoju tej dziedziny w Kielcach.

Piotr Flin i Krakowskie Szkoły Kosmologiczne

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim



Piotr Flin [11 marca 1945 (Kraków) – 1 września 2018 (Kraków)]

Notka biograficzna

Piotr Flin ukończył w 1963 roku LO w Krakowie. W Uniwersytecie Jagiellońskim odbył studia z zakresu astronomii (1963-1968) i fizyki (1969-1972). W 1976 doktoryzował się na uczelni macierzystej. W 1991 uzyskał stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych w zakresie astronomii w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, w oparciu o pracę „Testowanie teorii powstawania galaktyk".

W latach 1968-1988 był pracownikiem Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego. Następnie podjął pracę jako starszy

wykładowca Ośrodka Badań Interdyscyplinarnych przy Wydziale Filozofii Papieskiej Akademii Teologicznej w Krakowie (1988-1991). W latach 1992-1995 kierował Pracownią Fundamentalnych Problemów Fizyki w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie. W latach 1998-2000 był wykładowcą Papieskiej Akademii Teologicznej w Krakowie. Od 1993 był profesorem Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach, przekształconej w Akademię Świętokrzyską a następnie w Uniwersytet Jana Kochanowskiego. W 1995 objął kierownictwo Zakładu Astrofizyki w Instytucie Fizyki na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym. Na kieleckiej uczelni zorganizował kilkuosobowy zespół badawczy w zakresie astronomii. Stworzył tam planetarium i obserwatorium astronomiczne. W latach 1965-2018 opublikował ponad 250 artykułów naukowych i popularnonaukowych w polskich i zagranicznych czasopismach.

Był członkiem Polskiego Towarzystwa Astronomicznego i Międzynarodowej Unii Astronomicznej, a także Towarzystw Astronomicznych: Włoch, Ameryki, Europy, Rosji i Ukrainy. Jednym z zaszczytnych wyróżnień jest dla niego planetoida o nazwie (296987) Piotrflin, odkryta 11 marca 2011 r. w obserwatorium Andrushivka na Ukrainie.

Piotr Flin był organizatorem kilku Krakowskich Szkół Kosmologicznych, które doprowadził do wzorcowego poziomu światowego.

Pamiętne spotkanie

Piotra Flina poznałem bliżej w listopadzie 1985 roku. Było to w pokoju nr 10 w Obserwatorium Astronomicznym UJ na Skale. Spotkanie miało charakter roboczy, w którym uczestniczyli: prof. Konrad Rudnicki (ówczesny dyrektor OAUJ), dr Piotr Flin (najbliższy współpracownik Konrada Rudnickiego) oraz ja, jako dopiero co zatrudniony w OAUJ na ½ etatu asystenckiego. [Bezpośrednio po obronie mojej pracy magisterskiej w 1982 roku Konrad Rudnicki (promotor) proponował mi etat asystencki w OAUJ. Jako głowa rodziny odmówiłem ze względów finansowych. Do prof. Rudnickiego zwróciłem się po trzech latach z deklaracją chęci powrotu do astronomii, jednak tylko na ½ etatu, bo pełny etat miałem wtedy jako nauczyciel w SP w Brzeziu k. Niepołomic. Trzyletnie całkowite oderwanie od nauki nie było łatwe do nadrobienia. Spotkanie, o którym mowa, miało zapoczątkować mój powrót do astronomii po wcześniejszym zakosztowaniu realiów pracy dydaktycznej w szkole podstawowej i po odbyciu służby wojskowej.]

Podczas spotkania wypożyczono mi pracę doktorską Richarda G. Krona, o nowoczesnej metodzie wyznaczania jasności słabych galaktyk (z zastrzeżeniem jednak, że nie mogę wynosić dzieła po za gabinet Rudnickiego). Praca została obroniona w 1978 roku na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. Za dwa tygodnie, na kolejnym spotkaniu, miałem szczegółowo zreferować tę pracę. Wnikliwa lektura grubej książki, spisanej w języku angielskim, miała rozpocząć mój powrót do astronomii. Spotkanie miało charakter bardzo poważny. Już wtedy poznałem Piotra Flina jako człowieka konkretnego, zdyscyplinowanego, wiernego astronomii i będącego w niej świetnie zorientowanym. Po moim Mistrzu, Konradzie Rudnickim, Piotr Flin stał się dla mnie drugim wzorcem do naśladowania w zakresie uprawiania nauki.

Sama zaś praca R.G. Krona miała tytuł: „Photometry of Complete Sample of Faint Galaxies" i przedstawiała nowatorską technikę automatycznego pomiaru jasności (magnitud) słabych galaktyk.

Pole Jagiellońskie

Piotr Flin stał się rozpoznawalnym w świecie uczonym z racji współautorstwa Katalogu Galaktyk Pola Jagiellońskiego (Rudnicki i in., 1973). Richard Kron w swojej rozprawie doktorskiej cytował ten katalog. Konrad Rudnicki, jako „naukowe dziecko" słynnego Fritza Zwicky'ego, dokonał na Palomarze głębokiego przeglądu galaktyk na niebie w obszarze wskazanym przez Zwicky'ego. Obszar ten został nazwany przez Rudnickiego Polem Jagiellońskim. Piotr Flin, jako asystent Rudnickiego, pracując nad katalogiem nabrał sporego naukowego wyczucia w odniesieniu do świata galaktyk. Sprawiło to, że wkrótce stał się obok Rudnickiego bardzo dobrze rozpoznawalnym w świecie astronomem zajmującym się astronomią pozagalaktyczną.

Krakowskie Szkoły Kosmologiczne

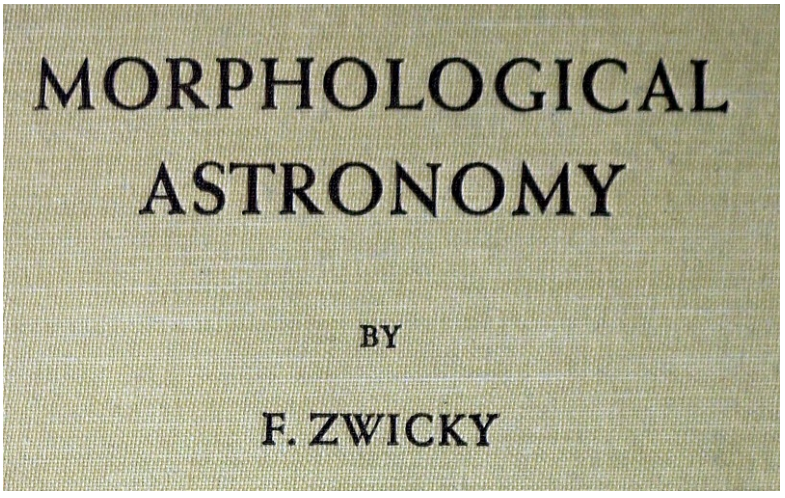
W latach 1968-1998 odbyło się w sumie szesnaście tzw. Krakowskich Szkół Kosmologicznych. Te wydarzenia, powtarzające się co dwa lata, były przejawem aktywności kosmologicznej w środowisku krakowskim. Głównymi organizatorami tych szkół byli m.in. Michał Heller, Konrad Rudnicki, Piotr Flin i Marek Demiański. Od roku 1976 Krakowskie Szkoły Kosmologiczne nabrały charakteru międzynarodowego.

Osobiście miałem przyjemność uczestniczyć w Szkołach: Kraków 1986, Kraków 1988, Kraków 1990, Łódź 1992, Łódź 1994, Łódź 1996.

XI Krakowska Letnia Szkoła Kosmologii

XI Krakowska Szkoła Kosmologiczna (Kraków, 22-31 sierpnia 1988) była przykładem wzorowej organizacji wielkiej imprezy naukowej. Piotr Flin był oficjalnie jej głównym organizatorem, ale spiritus movens wydarzenia był Konrad Rudnicki. Studenci astronomii i kilkoro młodszych pracowników Obserwatorium Astronomicznego UJ, w tym ja, było zaangażowanych organizacyjnie. Szkoła odbyła się w Instytucie Fizyki UJ, przy ul. Reymonta 4. Instytucjonalnie za jej organizację odpowiadały Uniwersytet Jagielloński i Polskie Towarzystwo Astronomiczne. Językiem prezentowanych wystąpień był angielski.

Temat Szkoły „Kosmologia morfologiczna" nawiązywał bezpośrednio do tytułu książki „Morphological Astronomy" Zwicky'ego (1957). Został tak obrany przez Rudnickiego dla uczczenia 90-rocznicy urodzin Fritza Zwicky'ego (1898-1974), twórcy teorii badań morfologicznych w astronomii.



Fragment obwoluty książki „Morphological Astronomy" podarowanej przez Autora Konradowi Rudnickiemu. Po śmierci Rudnickiego książka, na mocy jego testamentu, stała się własnością Piotra Flina, który z kolei w roku 2018 podarował ją dla biblioteki Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim.

Znajomości światowe Konrada Rudnickiego i Piotra Flina zaowocowały dużą ilością wykładowców zza granicy. Byli oni starannie dobrani tak, żeby zabezpieczyć jedność tematyczną Szkoły. Jak miałem się nauczyć dwa lata później, kiedy pomagałem Konradowi Rudnickiemu w organizacji XII Szkoły Kosmologicznej (już po odejściu Piotra Flina

z UJ), nie zaprasza się osób przypadkowych na konferencje czy szkoły, ale osoby wcześniej sprawdzone. Gdy w dobrej wierze sugerowałem Rudnickiemu zaproszenie kilku osób spośród moich znajomych zagranicznych, odsłonił mi tę zasadę. Zrozumiałem dlaczego XI Szkoła Kosmologiczna wypadła tak wspaniale.

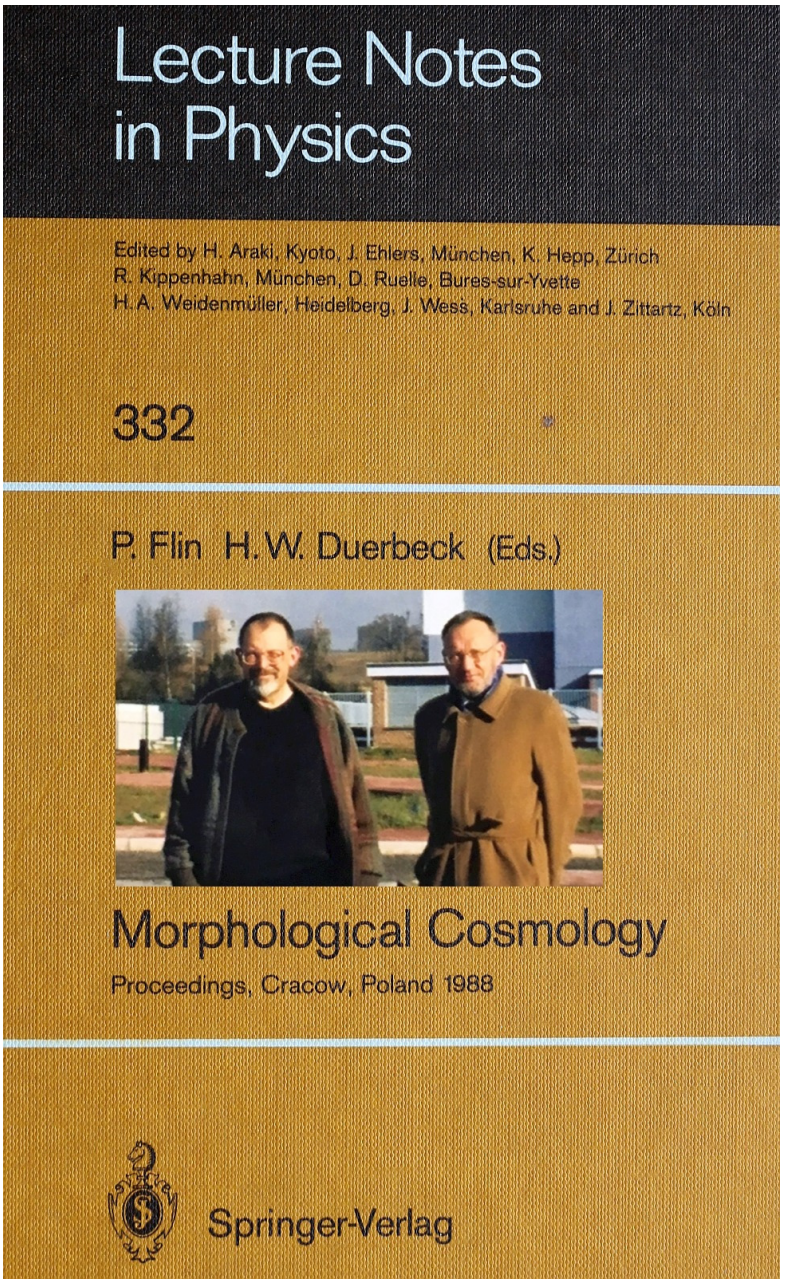
Po oficjalnym otwarciu Szkoły przez Piotra Flina rozpoczęły się wykłady. Dla ilustracji rozmachu przedsięwzięcia pozwolę sobie tutaj na wyszczególnienie wykładowców i tematów ich wystąpień:

- Waltraut Seitter (Münster) „Problems and Solutions in Observational Cosmology", „The Cosmological Constant" oraz „Summary",
- Guido Chincarini (Milano) „Clustered Galaxies: Many Questions and Few Answers",
- Dario Trevese (Rzym) „Evolutionary Effects in Cluster Galaxies",
- Roberto Capuzzo-Dolcetta (Rzym) „Evolutionary Population Synthesis: From Galaxies to Open Clusters",
- Ronald P. Olowin (Moraga, Kalifornia) „The All-Sky Abell Rich Cluster Catalogue: Preparation and Uncertainties",
- David J. Batuski (Baltimore) „Large-Scale Structure in the New Southern Extension of the Abell Catalogue" oraz „Multiple Aperture Spectroscopyfor Cluster Dynamics and Large- Scale Structures: The MX Spectrometer"
- Giuliano Giuricin (Triest) „Groups of Galaxies",
- Piotr Flin (Kraków) „The Alignment of Galaxies",
- Maret Einasto (Tartu) „Distribution of Galaxies of Different Luminosity in the Virgo Supercluster",
- Anthony P. Fairall (Cape Town) „Southern Superclusters and Voids" oraz „Spatial Distribution of Galaxies: Considerations and Implications Concerning the Foamlike Structure",
- Erik Tago (Tartu) „Filamentary Structure of Nearby Supeclusters of Galaxies",
- Ofer Lahav (Cambridge, UK) „Anisotropies in the Local Universe" oraz odczytanie wykładu Bernarda J. Carr'a (Londyn) „Population III Stars and Baryonic Dark Matter",
- Bogdan Wszołek (Kraków) „Dusty Intergalactic Matter",
- Volker Müller (Poczdam) "Quasar Absorption Spectra and Cosmology" oraz "Gravitational Instability in a Two-Component Cosmological Medium",
- Enn Saar (Tartu) „Towards Fractal Description of Structure",
- Jaan Einasto (Tartu) „Quantitative Study of the Large-Scale Distribution of Galaxies: Fractal Structure of the Universe",

- Richard Schaeffer (France) „The Non-linear Universe from 0.01 to 100 Mpc”,
- Jaak Jaaniste (Tartu) „Hypergalactic Structures”,
- José Luis Sanz (Santander, Hiszpania) „The Luminosity Function in the Context of Biased Galaxy Formation”,
- Francesco Lucchin (Padwa) „The Mass Function of Cosmic Structures”,
- Silvio A. Bonometto (Perugia, Włochy) „Gaussian Properties of Large-Scale Matter Distribution”,
- Vladimir N. Lukash (Moskwa) „Concealed Parameters of Dark Matter and Galaxy Formation”,
- Mirt Gramann (Tartu) „Connectivity in CDM Universes”,
- Lev Kofman (Tartu) „Structure of the Universe via Gravitational Potential”,
- Alexander G. Polnarev (Moskwa) „Primodial Black Holes and Their Cosmological Consequences”,
- Paul Wild (Berno) „Fritz Zwicky”,
- Wilhelmina Iwanowska (Toruń) „Ambartsumian's Views on Structure and Evolution of the Universe”,
- Hilmar W. Duerbeck (Münster) „Carl Wirtz – An Early Observtional Cosmologist”,
- Markus Lutz (Bazylea) „Fritz Zwicky's Postulate of Freedom from Prejudice Considered from the Standpoint of the Theory of Knowledge”,
- Konrad Rudnicki (Kraków) „Philosophical Foundations of Zwicky's Morphological Approach in Science”,
- Aleksiej Starobiński (Moskwa) „Inflation and Initial Spectrum of Adiabatic Perturbation”, „Great Attractor as Deep Wall in Initial Gravitational Potential” oraz „Anisotropy in Microwave Background Radiation: New Results”,
- Gustaw Andreas Tammann (Bazylea) „Problems of Determining the Parameter h_0”

Treści wykładów XI Krakowskiej Szkoły Kosmologicznej zostały pięknie wydane w Lecture Notes in Physics (wyd. P. Flin, H.W. Duerbeck, 1989). Szkoła zacieśniła istniejące wcześniej kontakty naukowe i zaowocowała wieloma nowymi. Piotr Flin w szczególności podjął ścisłą współpracę po linii tworzenia katalogów galaktyk z prof. Waltraut Seitter i jej zespołem naukowców z Uniwersytetu w Münster w Westfalii. Jeśli w późniejszych latach przyszło Piotrowi Flinowi organizować od zera

astronomię w Kielcach, mógł brać wzór z prof. W. Seitter. Osobiście też miałem przyjemność bywać gościem Instytutu w Münster i zakosztować jego naukowego uroku.



Pierwsza strona okładki książki z materiałami XI Krakowskiej Szkoły Kosmologicznej. Na wstawce dr Hilmar Duerbeck (mąż pani prof. Seitter) oraz Piotr Flin na terenie Uniwersytetu w Münster (2002).

W Uniwersytecie w Münster rozwijano automatyczną metodę pomiaru parametrów galaktyk, wzorowaną poniekąd na przywołanej wyżej pracy doktorskiej R.G. Krona. Metoda ta polegała na tym, że precyzyjny mikrodensytometr przeczesywał kliszę z dużą rozdzielczością. Otrzymywano obraz cyfrowy tego co zawierała klisza – fotografia analogowa fragmentu nieba. Odpowiednio doprecyzowany program komputerowy

wczytywał obraz cyfrowy i wyłaniał obiekty zaczerniające kliszę – głównie gwiazdy i galaktyki. Taka automatyczna procedura miała pozwolić na sporządzenie głębokich katalogów galaktyk.

Przykład pokłosia XI Krakowskiej Szkoły Kosmologicznej

O randze przedsięwzięcia jakim była Szkoła świadczy nie tylko ilość i jakość wygłoszonych wykładów ale przede wszystkim cały szereg nawiązanych relacji osobowych między jego uczestnikami. Te relacje owocują dalej różnoraką współpracą naukową, bez której trudno sobie wyobrazić postęp astronomii. Dla przedstawienia tego aspektu XI Krakowskiej Szkoły Kosmologicznej ograniczę się tylko do spraw, które dotyczyły mnie osobiście – przy czym w ich tle zawsze był Konrad Rudnicki i/lub Piotr Flin.

Konrad Rudnicki zaprosił mnie do wygłoszenia podczas wspomnianej Szkoły wykładu o pyle międzygalaktycznym, który był wtedy przedmiotem moich dociekań z użyciem obserwacji w podczerwieni, poczynionych w ramach kosmicznej misji IRAS (ang. Infrared Astronomical Satellite, 1983). Strona merytoryczna tego wykładu była mi bliska, ale język angielski, którym miałem się posłużyć, przyprawiał mnie o ogromny stres. Wykład został odebrany przez audytorium ze zrozumieniem, dużym zainteresowaniem i uznaniem. Przejawiło się to lawiną pytań na przedłużeniu wykładu, które słabo rozumiałem i z wielkim trudem na nie odpowiadałem. Konrad z Piotrem służyli mi pomocą.

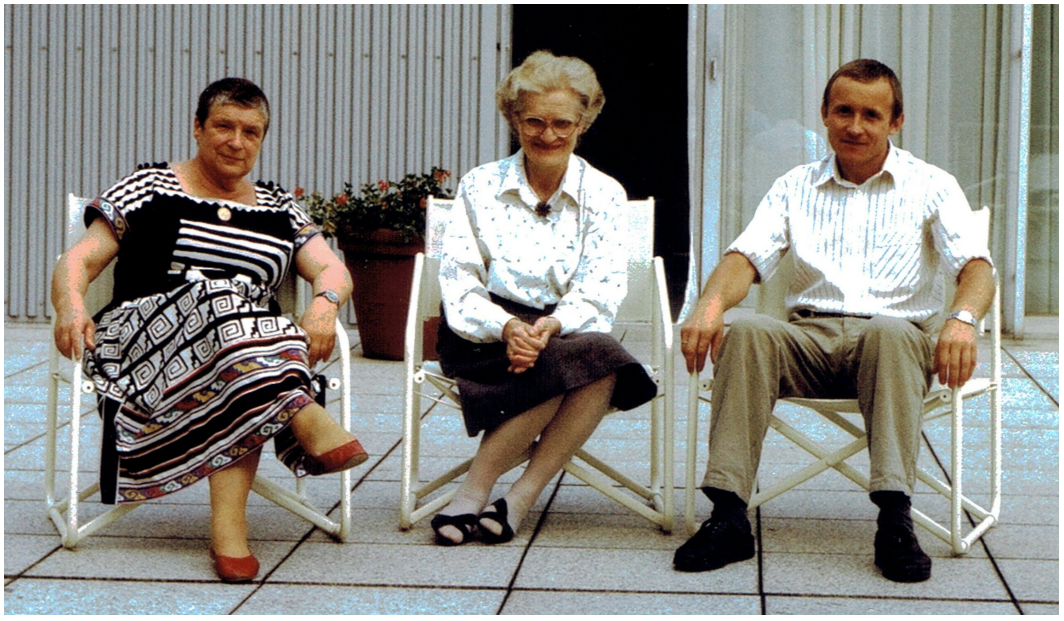
Wiele wykładów wygłoszonych podczas Szkoły było bardzo cennych w kontekście moich zainteresowań obserwowanym i rzeczywistym rozkładem galaktyk i materii międzygalaktycznej. W szczególności interesowało mnie czy tzw. pustki w rozkładzie galaktyk są realne czy może jawią się jako takie w związku z istnieniem zagęszczeń (obłoków) ekstyngującej materii (pyłu) międzygalaktycznej. Stąd też na przedłużeniu Szkoły wszedłem w różnoraką współpracę z ośrodkami zagranicznymi.

Najbardziej znamienna i kształcąca była dla mnie, utorowana przez Konrada i Piotra, wieloletnia współpraca z prof. Waltraut Seitter z Uniwersytetu w Münster. Pani Profesor całkowicie była oddana astronomii i sprawowaniu pieczy nad swoimi pracownikami oraz licznymi zagranicznymi współpracownikami. Pobyty w Instytucie Astronomicznym (w Uniwersytecie w Münster) kierowanym przez Panią Profesor nie ograniczały

się stricte do czynności naukowych lecz obfitowały w zdarzenia towarzyszące, jak np. wycieczki po okolicy czy do restauracji słynących ze wspaniałego jadła. Matczyną troską ogarniała całe swoje astronomiczne gospodarstwo, gdy nie dało się inaczej, inwestowała swoje prywatne środki w funkcjonowanie Instytutu oraz w obsługę gości zagranicznych. „Die Mutter" (jak ją określali współpracownicy) ubierała się przeważnie w czarną spódnicę i białą bluzkę. Lubowała się w kolorach czarnym i białym. Nawet całą swoją piękną willę na wsi urządziła tylko w tych barwach. Swój wytworny samochód prowadziła nie gorzej niż Instytut. W niemieckich i światowych kręgach astronomów, cieszyła się zasłużonym autorytetem. Świadczy o tym choćby przykład z Effelsbergu. Podczas jednej z wycieczek Pani Profesor zauważyła, że jesteśmy dość blisko miejsca, gdzie znajduje się chluba niemieckiej astronomii, 100-metrowy radioteleskop. Postanowiła mnie tam zawieźć. Obsłużono nas, nie oczekiwanych gości, z wielką uprzejmością i w błyskawicznym trybie. Byłem oszołomiony bliskim kontaktem z tym cudem techniki! Miałem przyjemność spędzić kilkanaście minut spacerując po powierzchni czaszy effelsberskiego radioteleskopu w towarzystwie prof. Waltraut Seitter.

Zasadniczym celem moich wizyt w Münster była analiza danych o galaktykach, otrzymywanych tam masowo na drodze automatycznego opracowywania klisz fotograficznych. W szczególności interesowały mnie dane dla obszaru na niebie pomiędzy gromadami galaktyk w Pannie (Virgo) i w Warkoczu (Coma). Jest to obszar zajmowany przez Obłok Okroy'a (Okroy, 1965). Obłok został odkryty w ekstynkcji na drodze zliczeń galaktyk, metodą Wolfa. Ja próbowałem wykazać istnienie emisji podczerwonej tego obłoku. Argumenty mające potwierdzać realność obłoku Okroy'a, a tym bardziej jego międzygalaktyczność, tak w ekstynkcji światła widzialnego jak i w emisji podczerwonej, były (i nadal są) słabe. Żywiłem nadzieję, że dane uzyskane w Münster pozwolą wzmocnić lub obalić argumenty za realnością Obłoku Okroy'a. Niezależnie, w literaturze nagłaśniano argumenty za istnieniem dużych pustek w przestrzennych rozkładach galaktyk. Jedną pustkę (ang. South Coma Void) znaleziono właśnie na kierunku Obłoku Okroy'a.

Wydawało się, co wyjątkowo ekscytowało prof. Seitter, że z wykorzystaniem katalogu tworzonego w Münster uda się dokonać rozstrzygnięcia czy Obłok Okroy'a jest realnym obłokiem ekstyngującym czy mamy do czynienia po prostu z pustką. Stawka była wysoka, trzeba się było sprężać, tak po linii doskonalenia algorytmów służących do tworzenia katalogu jak również nadążać z analizą świeżo otrzymywanych danych katalogowych.



Gościnnie w prywatnej rezydencji pani prof. Seitter (1989). Od lewej: Waltraut Seitter, Cecylia Iwaniszewska i Bogdan Wszołek.

Program komputerowy miał rejestrować zaczernienia (obiekty) na kliszy, określać ich położenie we współrzędnych niebieskich oraz wyznaczać automatycznie magnitudo dla każdego rejestrowanego obiektu. Miał również za zadanie odseparować galaktyki od gwiazd. W przypadku słabych obiektów jest to problem niebanalny, dalekie galaktyki wyglądają bowiem jak gwiazdy. Drobne zmiany parametrów swobodnych programu prowadziły do coraz to innych katalogów galaktyk. Automatyczne katalogi były tworzone szybko, z dnia na dzień, ale wiarygodność zawartych w nich danych była mała. Konkretny obiekt katalogowy był galaktyką, ale tylko z jakimś, słabo określonym, prawdopodobieństwem. Nie podobało mi się to. Mój sceptycyzm wobec metod automatycznych, wyrosły choćby na lekturze wspomnianej wcześniej pracy Krona, kazał wątpić również w poprawność wyznaczeń jasności galaktyk, zwłaszcza tych najsłabszych.

Zdarzył się pewnego razu katastroficzny przypadek, który wprowadził wiele zamieszania i właściwie urwał moją współpracę z prof. Seitter. Analizując po raz n-ty mapkę rozkładu „galaktyk" w rejonie Obłoku Okroy'a/South Coma Void zauważyłem niepokojące liniowe (czasem wzdłuż regularnych łuków) rozkłady obiektów. Przypadków takich było sporo. Wyglądało to tak, jakby jakieś mikroskopijne zarysowania/defekty kliszy dawały pod mikrodensytometrem serie sztucznych obiektów. Podzieliłem się tym spostrzeżeniem z prof. Seitter. Posmutniała i odeszła. Domyśliłem się, że poszła do swoich pracowników i zrobiła im

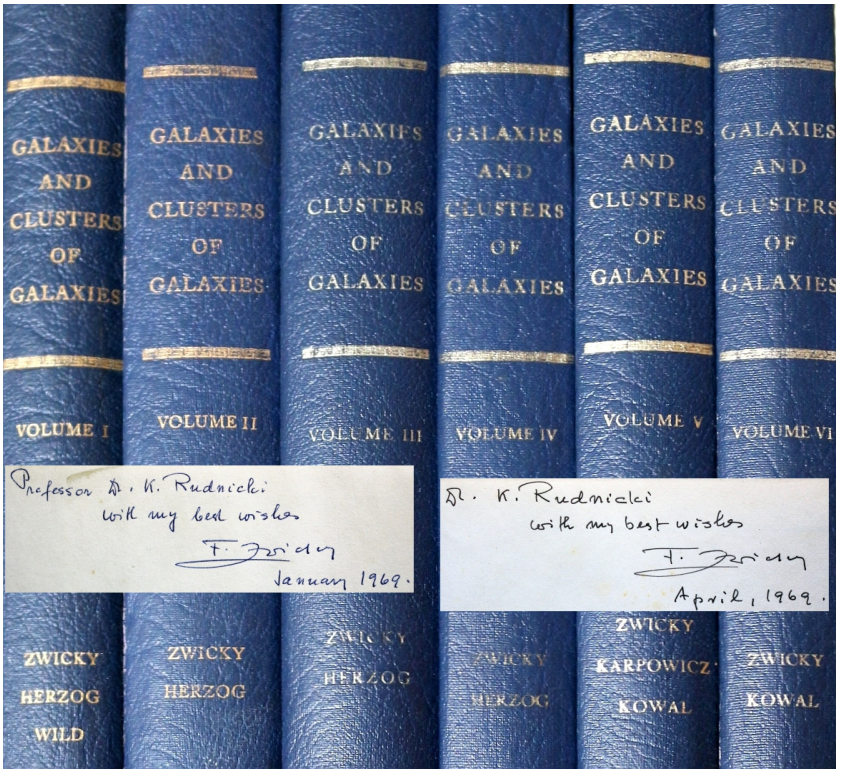
raban. Nieoficjalnie dowiedziałem się po latach, że to moje spostrzeżenie wywołało „trzęsienie ziemi" w Instytucie. Wiele rzeczy trzeba było zreformować/przeprogramować dla otrzymywania w dalszych latach lepszych katalogów, mniej zanieczyszczonych sztucznie generowanymi obiektami. Osobiście straciłem nadzieję na rozstrzygnięcie swoich problemów z użyciem danych z Münster i trzeba mi było zakończyć piękny okres mojej współpracy z panią prof. Waltraut Seitter. Piotr Flin natomiast kontynuował współpracę. Jego badania, dotyczące tzw. orientacji galaktyk, były najpewniej bardziej odporne na ewentualne niedoskonałości katalogów automatycznych niż moje.

W kontekście powyższego wypada dodać, że klasyczne metody (wizualne) analizy klisz fotograficznych w poszukiwaniu galaktyk niedomagają w stronę przeciwną; nie generują w zasadzie fałszywych obiektów, ale gubią prawdziwe. Każdy, kto miał do czynienia z katalogowaniem obiektów odnajdowanych na astronomicznych kliszach fotograficznych rozumie, jak skomplikowane to przedsięwzięcie i jakich słabych stron katalogu nie da się uniknąć. Dzisiejsze cyfrowe techniki obrazowania nieba, wbrew pozorom, nie poprawiają istotnie sytuacji, jeśli chodzi o eliminację niedoskonałości katalogów.

W zespole osób z którymi podtrzymywałem dłuższe kontakty naukowe i znajomości zawiązane podczas XI Krakowskiej Szkoły Kosmologicznej, oprócz prof. Waltraut Seitter, byli również: Anthony Fairall (Uniwersytet w Cape Town), David Batuski (Uniwersytet w Maine, USA), Aleksiej Starobiński (Instytut Fizyki Teoretycznej Landaua w Moskwie). Dzięki tej Szkole zaproszono mnie w 1989 roku do Cambridge, z wykładem o swoich badaniach, na dwutygodniową szkołę „Baryonic Dark Matter" (NATO ASI). Tam nawiązałem nowe znajomości i kontakty naukowe (Donald Lynden-Bell, Martin Rees, Volker Weidemann). I tak, dzięki udziałowi w XI Krakowskiej Szkole Kosmologicznej, wkroczyłem na ścieżki astronomii światowej.

Piotr Flin i katalogi galaktyk

Piotr Flin dobrze rozumiał, że postępy astronomii pozagalaktycznej nie są możliwe bez odpowiednich katalogów obiektów pozagalaktycznych. Z wielkim szacunkiem odnoszono się w Krakowie chociażby do Katalogu galaktyk i gromad galaktyk Zwicky'ego, którego sześć pięknie wydanych tomów stało zawsze gotowych do użycia na półce w gabinecie Konrada Rudnickiego.



Słynny katalog Zwicky'ego (opracowany w oparciu o Przegląd Palomarski nieba, wydawany przez California Institute of Technology w latach 1960-1968). Podarowany Konradowi Rudnickiemu przez Zwicky'ego i opatrzony dedykacjami (widocznymi na wstawkach) ze stycznia i kwietnia 1969. Do końca roku 2013 był do wykorzystania w gabinecie Rudnickiego na Skale. Potem cały katalog, na mocy testamentu, stał się własnością Piotra Flina, który w roku 2018 podarował go z kolei bibliotece Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku.

Intencją autorów katalogów galaktyk było dostarczenie możliwie najwyższej klasy danych do różnego rodzaju analiz, prowadzonych zwykle przez uczonych, którzy nie byli obserwatorami ani współtwórcami katalogów. Wnikliwe analizy danych katalogowych zwykle odsłaniały słabe ich strony. W szczególności najbardziej problematyczne są wyznaczenia magnitud. Katalogi są zawsze obciążone efektami selekcji, o czym przerażająco dobitnie donosili niektórzy wykładowcy na XI Krakowskiej Szkole Kosmologicznej (np. R. P. Olowin). Stosunkowo bliskie galaktyki (których mało) są jasne i wchodzą do katalogu kompletnie, tzn. od jaśniejszych po te najsłabsze. Spośród dalszych obiektów do katalogu wejdą tylko najjaśniejsze, których jasność obserwowana przekroczy wartość graniczną danego katalogu. Analizujący dane katalogowe, chcący z nich wydobyć wiążące informacje kosmologiczne, domagają się możliwie najlepszych katalogów. Często sami muszą włączyć się w czynności katalogowe by zatroszczyć się o możliwie najlepszą jakość danych, choćby tylko tych parametrów galaktyk, które są kluczowe w poszukiwaniach konkretnego badacza. Intencją astronomów w Münster było

stworzenie głębokiego (miliony obiektów) katalogu galaktyk. Piotr Flin mocno wspierał to przedsięwzięcie i na pewnym etapie osobiście dołączył do projektu. Mógł przez to tak stymulować działania, żeby docelowy katalog możliwie najlepiej służył jego własnym badaniom.

Piotr Flin w Kielcach – Bogdan Wszołek w Częstochowie

W latach 2009-2018 byliśmy z Piotrem w bliższych relacjach niż za czasów zatrudnienia w OAUJ. Los sprawił, że każdy z nas trafił z Uniwersytetu Jagiellońskiego w zupełnie nowe środowiska. Piotrowi przyszło organizować astronomię na WSP w Kielcach, a mnie w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. W roku 2009 każdy z nas w nowych okolicznościach odnotowywał już jakieś sukcesy w organizowaniu wokół siebie astronomii i wtedy właśnie zaprosiłem Piotra do Częstochowy z wykładem na konferencję „Astronomia – nauka i wiara". Od tego czasu Piotr był częstym gościem w Częstochowie, uczestnicząc właściwie we wszystkich konferencjach naukowych organizowanych przeze mnie, a także odwiedzając planetarium z wykładami popularnymi dla miłośników astronomii. Był regularnym autorem przyczynków do redagowanych przeze mnie książek [ich elektroniczne odpowiedniki są do pobrania na stronie www.astronomianova.org pod zakładką publikacje.



Piotr Flin i Bogdan Wszołek na tarasie obserwacyjnym w Częstochowie. W tle kopuła planetarium.



Podczas konferencji „Astronomia – nauka i wiara” w planetarium częstochowskim (2009). Od lewej: Konrad Rudnicki, Krzysztof Maślanka i Piotr Flin.



Piotr Flin z Henrykiem Brancewiczem w Częstochowie z okazji którejś konferencji z serii „Astrophisica Nova”.



Piotr Flin pośród częstochowskich miłośników astronomii.

Spotykaliśmy się z Piotrem Flinem kilka razy w roku, najczęściej w Częstochowie, ale też w Kielcach i na różnych naukowych imprezach krajowych i zagranicznych. Piotr doceniał wartość moich działań i dawało się to zauważyć. Mnie zaś takie akcenty aprobaty i uznania z zewnątrz były bardzo potrzebne, bo na miejscu ich brakowało. Jemu też nie było u siebie w Kielcach lekko i czerpał otuchę w kontaktach ze mną, z moimi studentami i miłośnikami astronomii. Wspieraliśmy się zatem na różne sposoby i nasze astronomiczne życie stawało się łatwiejsze. Z dużym smutkiem przyjąłem wiadomość, że Piotr niedomaga zdrowotnie i jego wyjazdy do pracy (z Krakowa do Kielc) stają się coraz bardziej uciążliwe. Kiedy zaniosłem mu do domu egzemplarz autorski Częstochowskiego Kalendarza Astronomicznego za rok 2017 przyjął mnie serdecznie, ale był przygaszony. Zapytał przy herbatce czy chcę jego książki astronomiczne do swojej biblioteki. Pożalił się przy tym, że biblioteka uczelniana w Kielcach nie chce jego księgozbioru. Odparłem, że z radością przygarnę wszelkie książki, jakie ma do wydania. I tym sposobem przybyło do biblioteki naszego obserwatorium w Rzepienniku ponad tonę różnojęzycznych książek i czasopism. W tym również dobrze mi znane książki Konrada Rudnickiego, które odziedziczył po nim Piotr Flin. [Ostatnią wolą Konrada było bowiem rozdzielenie jego książek w gabinecie na Skale po równo dla Piotra Flina, Adama Michalca i mnie. Równy podział miał się realizować w ten sposób, że Piotr wybierał sobie jedną książkę jako pierwszy, potem Adam, potem ja. I w taki sposób aż do ogołocenia półek.] Ile razy otworzę jakąś książkę z charakterystycznym Ex libris, kieruję swoje pozytywne myśli w stronę Darczyńcy.



Graficzne znaczniki książek Piotra Flina.

Refleksje końcowe

Wspomnienie astronoma, który szedł przez życie własną ścieżką i zostawił po sobie trwały ślad, jest potrzebniejsze potomnym niż jemu. Możemy Piotra Flina stawiać sobie jako wzór do naśladowania jeśli chodzi o rzetelność dociekań naukowych i determinację w podejmowanych działaniach organizacyjnych.

Piotr Flin był miłośnikiem i kolekcjonerem dobrej literatury naukowej. Dużo czytał. Dawał osobiste świadectwo temu, co często powtarzał: „Żeby stać się znawcą jakiejś tematyki naukowej, wystarczy ze zrozumieniem przeczytać książkę napisaną przez uznanego w świecie specjalistę w tej tematyce." Rozumiał wagę konferencji naukowych, jako najlepszej okazji do czerpania inspiracji dla własnych badań, do nawiązywania współpracy, do rozwiewania wątpliwości w dyskusjach ze specjalistami. Był prawdziwym astronomem. Swoją nieskrępowaną myślą pragnął przeniknąć tajniki Wszechświata realnego, jaki odsłaniają obserwacje. Potrafił otwarcie i emocjonalnie wyrażać swoją dezaprobatę dla wszelkiego rodzaju bylejakości i absurdu (nie tylko w nauce).

Literatura

[1] Częstochowski Kalendarz Astronomiczny 2019, red. Wszołek B., Kuźmicz A., wyd. Astronomia Nova (wersja elektroniczna dostępna na stronie www.astronomianova .org pod zakładka publikacje) (wspomnienia kilku autorów o Piotrze Flinie)

[2] Flin P., Duerbeck H. (red.), 1989, Lecture Notes in Physics, tom 332 (Springer-Verlag)

[3] Kokowski M., 2018, Studia Historiae Scientiarum 17, pp. 549–582 (Prawie kompletny spis publikacji Piotra Flina. Nie ujęto np. ważnej pozycji: Flin P., 1970, „Efemeryda dla obserwacji punktów libracyjnych L_4 i L_5 układu Ziemia-Księżyc dla obserwatora krążącego wokół Księżyca", Postępy Astronautyki, tom IV, nr 2(9), str. 5-18)

[4] Kron R. G., 1978, Photometry of a Complete Sample of Faint Galaxies, rozprawa doktorska, University of California, Berkeley

[5] Okroy R., 1965, Astron. Cirk., 320, 4

[6] Rudnicki K., Dworak T. Z., Flin P., 1973, Acta Cosmologica 1,7

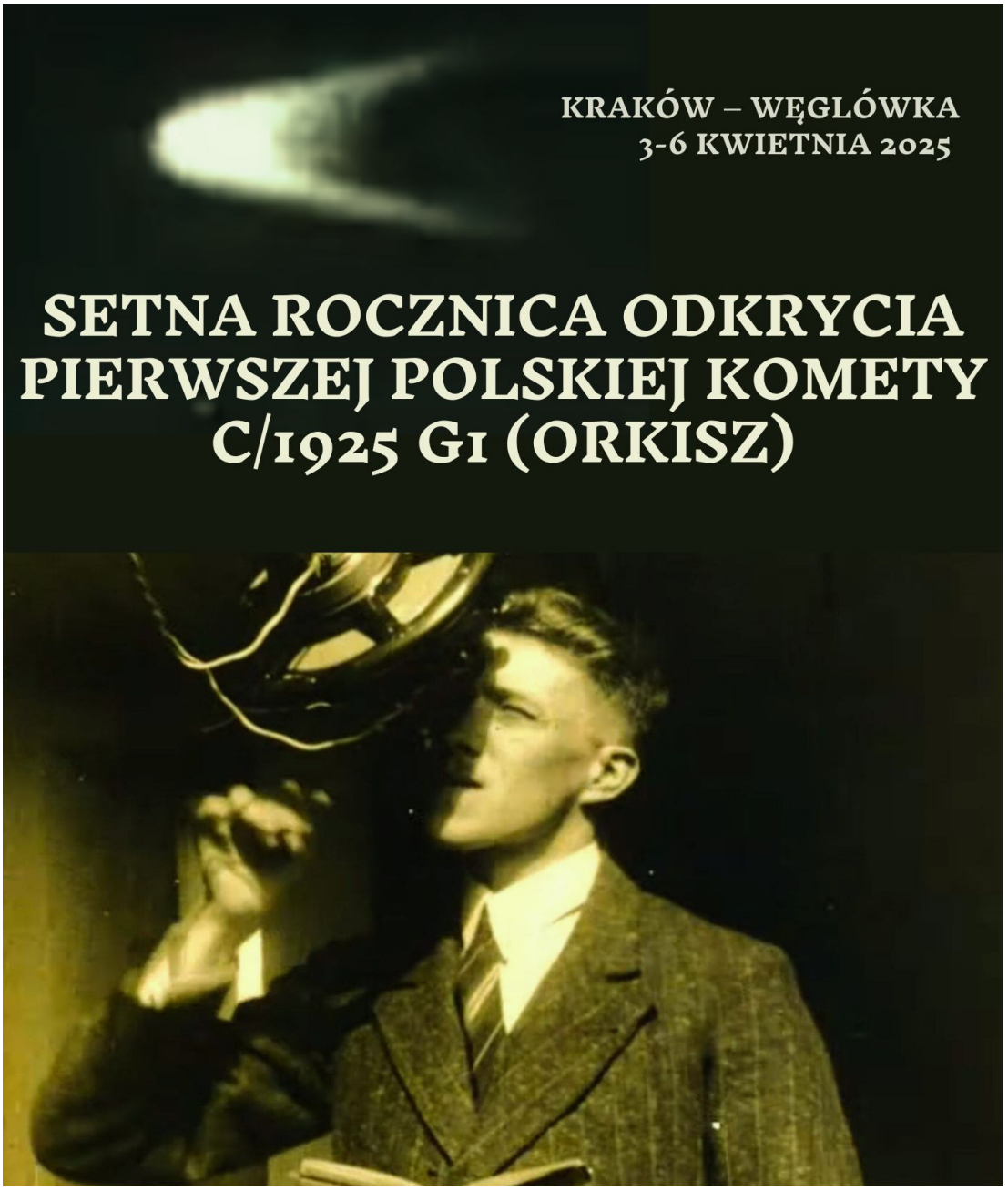
[7] Zwicky F., 1957, Morphological Astronomy (Springer Verlag)

[8] Zwicky F. i in.,1960-1968, Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies, wyd. przez California Institute of Technology, tomy I-VI

Konferencja

Setna rocznica odkrycia pierwszej polskiej komety C/1925 G1 (Orkisz)

3-6 kwietnia 2025



Plakat konferencyjny. (*wykonała E. Kuligowska*)



Kometa C/2025 A6 (Lemmon) sfotografowana 22 października 2025 przez Piotra Strzelczyka w Niechobrzu Górnym. [Canon 6D, f = 200 mm, F = 1:4.5, ISO 2500, t = 14 min (złożenie klatek po 20 s.)]

Stulecie odkrycia komety C/1925 G1 (Orkisz) na Łysinie

Elżbieta Kuligowska, Tomasz Kundera

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Rok 1925 był szczególnym dla astronomii krakowskiej. W tym czasie, w siedem lat po odzyskaniu niepodległości, państwo polskie dążyło do odbudowy swoich możliwości również w zakresie nauki. Nie inaczej rzecz miała się z krakowską astronomią, która jednak – choć osadzona w wielowiekowej tradycji Uniwersytetu Jagiellońskiego – musiała się już wtedy mierzyć z bardzo poważnym problemem. Intensywnie rozwijający się Kraków stawał się jednocześnie coraz bardziej zanieczyszczony smogiem, ale także światłem. Nie było stąd widać słabiej świecących gwiazd, a ówczesne Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego przy ulicy Kopernika coraz mniej nadawało się do prowadzenia precyzyjnych obserwacji nieba.

Stąd decyzja ówczesnego dyrektora krakowskiego Obserwatorium, profesora Tadeusza Banachiewicza, o poszukaniu lepszej lokalizacji do obserwacji, i ostatecznie o przeniesieniu prac obserwacyjnych na szczyt góry Lubomir w Beskidzie Wyspowym (wówczas zwany Łysiną). Założona tam stacja obserwacyjna znajdowała się na wysokości ponad 900 m n.p.m. i oferowała to, czego nie mogło już dać miasto: krystalicznie czyste, ciemne niebo, wolne od krakowskiej łuny. Jednak cena za to nie była niska: pełniący tam służbę astronomowie, w tym Lucjan Orkisz, pracowali w warunkach pionierskich i trudnych: najczęściej samotnie, odcięci od miejskich udogodnień, zmagając się z surowością górskiej zimy, brakiem elektryczności i bieżącej wody, a początkowo też z niezbyt przychylną im ludnością miejscową. Bo jak wiadomo, przyjezdni uczeni z Krakowa zajmują się przecież niebem, a zatem pomieszają coś z pogodą, a jak zepsują pogodę, to i plonów w okolicy nie będzie... Z czasem jednak stosunki uległy znacznej poprawie, a niektórzy okoliczni mieszkańcy zaczęli pracować w stacji na stanowisku określanym żartobliwie

„astronoga", czyli kogoś w rodzaju pracownika technicznego, pomagającego przy sprzęcie obserwacyjnym i w budynku, a także wnoszącego na górę pożywienie, prasę i listy.

To, że krakowskie Obserwatorium mogło w ogóle korzystać ze stacji na Łysinie, zawdzięczamy w dużej mierze Kazimierzowi Lubomirskiemu – dyplomacie, działaczowi, mecenasowi sztuki i nauki. Szacuje się, że w 1922 roku posiadał on łącznie majątki ziemskie o powierzchni ponad 13 tysięcy ha. Jednym z nich była leśniczówka na Łysinie za Myślenicami. Gdy Kazimierz Lubomirski dowiedział się o problemie obserwacyjnym krakowskich astronomów, nie myśląc długo zdecydował o przekazaniu im swoich ziem na Łysinie. Stąd też pochodzi współczesna, upamiętniająca go nazwa szczytu. Pracownicy Uniwersytetu po kilku latach wystąpili z wnioskiem o zmianę Łysiny na „Lubomir".

Stacja obserwacyjna funkcjonowała bardzo dobrze. Prowadzono tu m.in. systematyczne obserwacje gwiazd zmiennych. Odkrycie komety C/1925 G1 (Orkisz) nie było jednak efektem posiadania najnowocześniejszych przyrządów obserwacyjnych, a raczej rezultatem niebywałej cierpliwości. Lucjan Orkisz, dysponując jedynie teleskopem i własnym, dobrze wytrenowanym okiem, noc po nocy przeczesywał nieboskłon w poszukiwaniu komet. Dodajmy, że nie był to jego główny program obserwacji, więc robił to raczej dodatkowo i w wolnym od innych obowiązków czasie. Noc z 3 na 4 kwietnia 1925 roku nie różniła się początkowo od setek innych spędzonych na Łysinie. Orkisz, uzbrojony w lunetę Merza, prowadził nad ranem rutynowe poszukiwania w rejonie gwiazdozbioru Pegaza. Właśnie wtedy, wśród znanych układów gwiazd, dostrzegł coś, co nie pasowało do mapy nieba – słabą, rozmytą plamkę światła. Następnego dnia znalazł ten sam obiekt w nieco innym położeniu. Wiedział już, że znalazł to, czego szukał miesiącami.

Informacja o odkryciu musiała błyskawicznie trafić do Krakowa, a stamtąd – za pośrednictwem telegramów – do siedziby Międzynarodowej Unii Astronomicznej w Kopenhadze. Wiadomość o tym, że to właśnie Polak, pracujący w tak skromnych warunkach, jako pierwszy dostrzegł nowy obiekt na niebie, odbiła się szerokim echem w Europie i Ameryce. Nie był to tylko sukces matematyczny czy obserwacyjny, ale przede wszystkim wyraźne potwierdzenie, że niepodległa Polska powróciła na mapę nie tylko symbolicznie, że ten kraj istnieje naprawdę i prowadzi się w nim naukę na wysokim poziomie, konkurując z największymi ośrodkami badawczymi na świecie. Sam Orkisz szybko stał się, jak powiedzielibyśmy może dziś, naukowcem-celebrytą, udzielającym licznych

wywiadów i zapraszanym do wygłaszania prelekcji popularnonaukowych dla szerokiej publiczności, w tym młodzieży. Jeden z pierwszych takich wykładów odbył się już w miesiąc po ogłoszeniu odkrycia. A kometa C/1925 G1 (Orkisz), choć nie była pierwszą w historii kometą obserwowaną z terenu współczesnej Polski, znana jest dziś powszechnie jako pierwsza kometa odkryta przez Polaka.

Orkisz badał orbitę swojej komety przez lata, czyniąc z niej także temat swej rozprawy doktorskiej „Die definitive Bahn des Kometen 1925 I (Orkisz)", czyli „Ostateczna orbita komety 1925 I (Orkisz)", którą obronił w 1931 roku. Okazało się, że C/1925 G1 (Orkisz) to kometa jednopojawieniowa. Dziś wiemy, że z dużym prawdopodobieństwem mogła to być kometa pochodząca spoza Układu Słonecznego, podobnie jak 1I/'Oumuamua, 2I/Borisov i 3I/ATLAS. Do dziś znamy tylko trzy takie potwierdzone obiekty, a w przypadku komety Orkisza nie mamy wystarczająco dużo danych, aby to rozstrzygnąć. Dodajmy, że dziedzictwo Lucjana Orkisza wciąż żyje: w krakowskim Obserwatorium Astronomicznym także dziś badane są komety, w tym te pozasłoneczne, a stacja obserwacyjna na Lubomirze, zniszczona podczas wojny, została po latach odbudowana i obecnie jest już na dobrej drodze do dalszego rozwoju naukowego.

Artykuły, które tu prezentujemy, są przyczynkami do sesji naukowo-historycznej z okazji 100 rocznicy odkrycia pierwszej polskiej komety C/1925 G1 (Orkisz). Spotkanie odbywało się w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego na Forcie „Skała" i w historycznej siedzibie Obserwatorium Krakowskiego w Collegium Śniadeckiego przy ulicy Kopernika 27 w Krakowie oraz Obserwatorium Astronomicznym im. Tadeusza Banachiewicza na Górze Lubomir, w dniach 3-6 kwietnia 2025 roku.



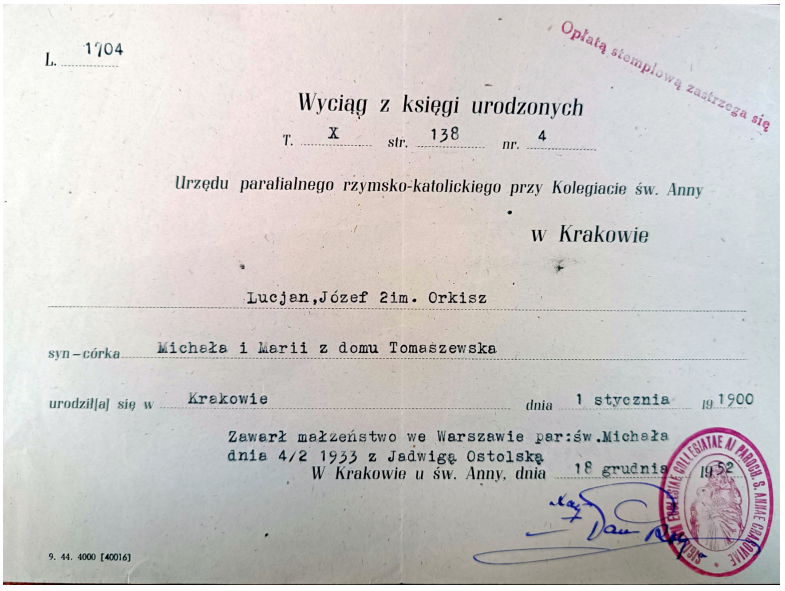
Przy grobie Lucjana Orkisza. Od lewej: Jerzy Kreiner, Marek Jamrozy, Elżbieta Kuligowska, Tomasz Kundera, Marian Soida, Marcin Cikała, Jacek Kruk. *(fot. J. Kruk)*

Lucjan Orkisz – pierwszy polski odkrywca komety

Bartłomiej Zakrzewski

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

W pierwszej dekadzie bieżącego stulecia do zbiorów Biblioteki Głównej Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej (wówczas Akademii Pedagogicznej im. Komisji Edukacji Narodowej) trafił zestaw pamiątek po Lucjanie Orkiszu. Zgromadzona przez niego i przechowana przez rodzinę, duża liczba osobistych dokumentów, artykułów, zdjęć oraz wycinków prasowych pozwala dość szczegółowo prześledzić życiorys astronoma.



L. 1704

Opłatą stemplową zastrzega się

Wyciąg z księgi urodzonych

T. X str. 138 nr. 4

Urzędu parafialnego rzymsko-katolickiego przy Kolegiacie św. Anny

w Krakowie

Lucjan,Józef 2im. Orkisz

syn–córka Michała i Marii z domu Tomaszewska

urodził[a] się w Krakowie dnia 1 stycznia 1900

Zawarł małżeństwo we Warszawie par:św.Michała
dnia 4/2 1933 z Jadwigą Ostolską

W Krakowie u św. Anny, dnia 18 grudnia 1952

9. 44. 4000 [40016]

Fot. 1.

Lucjan Orkisz przyszedł na świat 1 stycznia 1900 roku w Krakowie [fot.1]. Jego ojciec Michał był zatrudniony jako pracownik obsługi w Gabinecie Połączonych Zbiorów Sztuki i Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, matka, Maria z Tomaszewskich, zajmowała się handlem w Sukiennicach. W 1906 roku mały Lucek rozpoczął naukę w czteroklasowej szkole ludowej im. św. Jana Kantego przy ul. Smoleńsk, a po

jej ukończeniu, w roku 1910, kontynuował naukę w ośmioklasowym gimnazjum św. Anny (obecnie I Liceum im. Bartłomieja Nowodworskiego). Sytuacja materialna w domu Orkiszów nie należała do łatwych. Rodzice, mający przez pewien czas na utrzymaniu, oprócz Lucjana, jeszcze pięcioro dzieci, byli zmuszeni korzystać z pomocy socjalnej Magistratu Stołeczno-Królewskiego Miasta Krakowa. Lucjan, już jako dziesięciolatek, starał się o odroczenie opłaty szkolnej „popierając swą prośbę świadectwem ubóstwa". Takie dokumenty były wystawiane Orkiszom przez następne wiele lat.



L. 11.

Gimnazyum św. Anny w Krakowie

Świadectwo dojrzałości.

Orkisz Lucyan Józef

urodzony dnia 1. Stycznia 1900 w Krako

w W. Ks. Krak. religii rzymsko-katol. ukończył **studya gimnazyalne** w latach 1911-1918 w c.k. gimn. św. Anny w Krakowie

i zdawał **egzamin dojrzałości** w myśl rozporządzenia ministeryalnego z dnia 29. lutego 1908. L. 10.051 (Dz. r. m. Nr. 18) po raz pierwszy.

Na podstawie tego egzaminu uznano go jednogłośnie

dojrzałym

do studyów w Uniwersytecie.

W Krakowie, dnia 11. czerwca 1918

Tadeusz Sinko.
Przewodniczący komisyi egzaminacyjnej.

Dyrektor gimnazyum.

Gospodarz klasy.

Fot. 2.

W czerwcu 1918 roku Orkisz zdał egzamin dojrzałości [fot. 2], a jesienią rozpoczął studia astronomii na Uniwersytecie Jagiellońskim. Urzędowym potwierdzeniem tego faktu jest zachowany indeks przyszłego astronoma [fot. 3]. Studia zakończył w 1923 roku zdobyciem dyplomu. Od lipca do listopada 1920 r. odbył ochotniczą służbę wojskową w 68. pułku piechoty (Rembertów, Poznań, Września). Równocześnie ze studiami astronomii ukończył jednoroczne Studium Pedagogiczne. Pod koniec 1920 roku jako student III roku, Orkisz rozpoczął pracę w Obserwatorium Astronomicznym, początkowo jako zastępca asystenta, następnie jako młodszy asystent. W ramach tego miał okazję wziąć udział w pierwszych pracach badawczych.



Fot. 3.

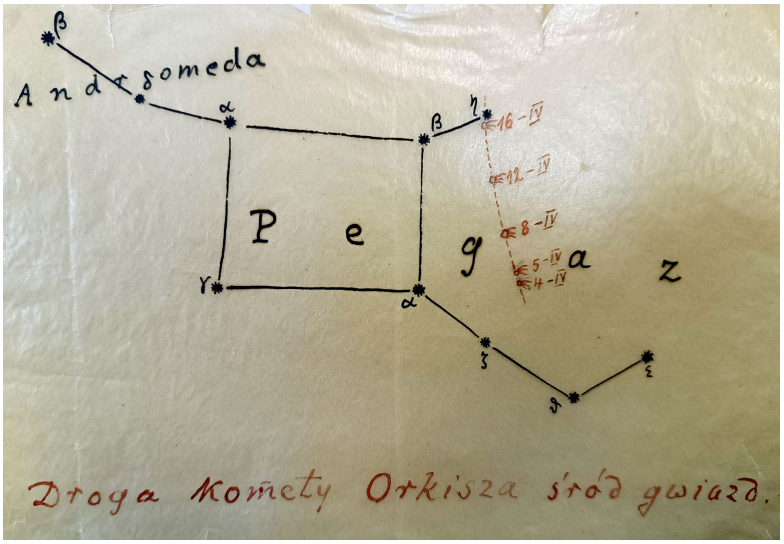
Pierwsze lata pracy w UJ to przede wszystkim prowadzenie obserwacji meteorologicznych w Obserwatorium przy ulicy Kopernika 27. Obowiązki takie pełnił Orkisz w sezonach 1920/21 oraz 2022/23. W obserwacjach astronomicznych Orkisz brał na początku prawdopodobnie niewielki udział. Z dniem 1 maja 1924 roku został on mianowany kierownikiem Stacji Obserwacyjnej na Łysinie (której nazwę zmieniono później na Lubomir), leżącej w zachodniej części Beskidu Wyspowego. Prowadzona tam działalność naukowa to przede wszystkim obserwacje gwiazd zmiennych, zakryć gwiazd przez Księżyc i poszukiwanie komet. Zaprezentowane przez Tadeusza Banachiewicza podsumowanie działalności naukowej Obserwatorium Astronomicznego UJ w Krakowie w latach 1919-1927 (Banachiewicz, 1928) podaje, iż pierwsze obserwacje gwiazd zmiennych zaćmieniowych metodą Argelandera prowadzone

przez Orkisza pochodzą z 1924 roku. Łącznie w latach 1924-1927 (czyli, jak można przypuszczać, wyłącznie, lub niemal wyłącznie na Łysinie) wykonał on 329 tego rodzaju „dostrzeżeń". Wyniki obserwacji gwiazd zmiennych wszystkich krakowskich astronomów z lat 1920-1950 zostały opublikowanie po II wojnie światowej w sześciotomowym opracowaniu Acta Astronomica Supplementa (Szafraniec, 1959-1963). Obserwacje zakryć gwiazd przez Księżyc też były prowadzone przez Orkisza jedynie w „stacji zamiejscowej". Niestety, artykuł nie podaje szczegółowych danych liczbowych dotyczących tego tematu. Oprócz obserwacji astronomicznych osoba dyżurująca na Łysinie notowała codziennie wskazania instrumentów meteorologicznych i stan pogody.

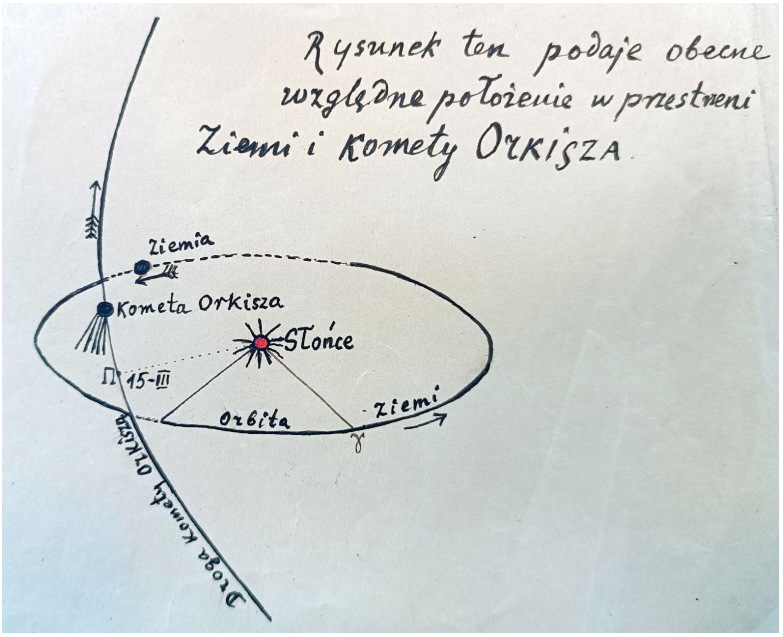


Fot. 4. Lucjan Orkisz na Łysinie przy klatce meteorologicznej.

Swojego największego (i *de facto* jedynego) odkrycia dokonał Orkisz właśnie na Łysinie. Nad ranem 3 kwietnia 1925 roku w gwiazdozbiorze Pegaza dostrzegł on nieznaną wcześniej kometę (oznaczoną ostatecznie w katalogu MPC jako C/1925 G1 (Orkisz)). Była to pierwsza kometa odkryta przez Polaka nazwana nazwiskiem jej odkrywcy. Zachowały się oryginalne notatki i rysunki zrobione wówczas przez Orkisza, pokazujące pozycję komety na tle gwiazd oraz orientacyjny kształt jej orbity [fot. 5 i 6]. Informacja o tym odkryciu pojawiła się bardzo szybko w Centralnym Biurze Telegramów Astronomicznych w Kopenhadze, przez co możliwe było prowadzenie obserwacji w wielu miejscach na świecie. Gratulacje nadeszły natychmiast, najpierw od polskich, potem



Fot. 5.



Fot. 6.

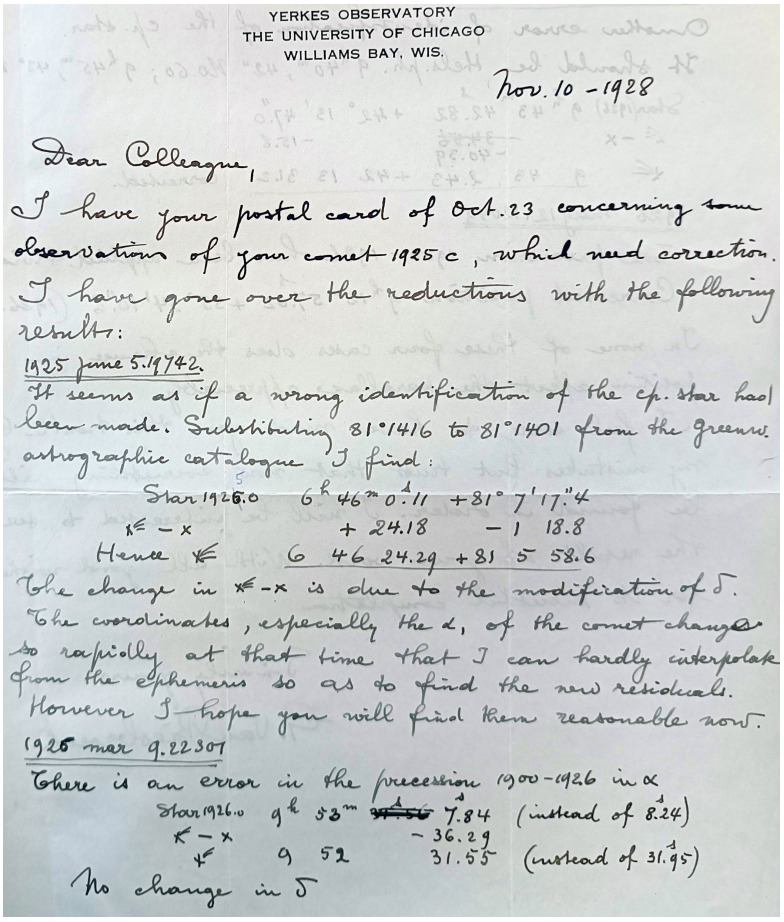
również zagranicznych astronomów. Korespondencję zawierającą m. in. wyznaczone z obserwacji współrzędne komety dostawał Lucjan Orkisz jeszcze przez kilka lat. Listy przysyłane były m. in. z Niemiec, Francji, Wielkiej Brytanii, ZSRR, USA, Japonii, Meksyku i innych krajów [fot. 7]. Na przełomie maja i czerwca 1925 roku w *Okólniku Obserwatorjum Krakowskiego* opublikowane zostały dwa artykuły dotyczące odkrytej w kwietniu komety. Pierwszy z nich (Banachiewicz, 1925a) prezentował szczegółowo metodę wyliczania poprawionych elementów orbity komety z użyciem metody krakowianów. W drugim (Witkowski, 1925) zamieszczone zostały aktualne efemerydy (łącznie z przewidywanymi jasnościami) oraz poprawione elementy orbity komety. Podobne efemerydy

na wiosnę i lato 1926 opublikował sam Orkisz w roku następnym (Orkisz, 1926). Oprócz wymienionych już prac Orkisz prowadził wyliczenia efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc dla pięciu miast w Polsce: Krakowa, Lwowa, Poznania, Warszawy i Wilna. Były one publikowane (bez podania nazwiska autora) w *Roczniku Astronomicznym Obserwatorium Krakowskiego*, kolejno na lata od 1925 do 1928 (Banachiewicz, 1925b, 1926, 1927, 1928).

Odkryciem komety zainteresowali się natychmiast dziennikarze prasy codziennej, a dzięki zamieszczanym przez nich doniesieniom informacja o komecie uzyskała znaczący rozgłos. Odkrycie stało się okazją do szerokiego upowszechniania zagadnień astronomicznych. Oprócz samej komety prezentowana była, co zrozumiałe, również osoba odkrywcy. Dziennikarze przedstawiali Orkisza jako zaszytego w odległym miejscu samotnika, obserwującego nocne niebo z dala od cywilizacji. Taki, zjednoczony z przyrodą, astronom-pustelnik miałby mieć dopiero odpowiednio dużą szansę na dokonywanie prawdziwych odkryć. Szczególnie pomysłowe osoby wykorzystywały orkiszowe odkrycie na sposoby jeszcze bardziej odległe od astronomii. Kometa była m. in. inspiracją do wątpliwej jakości twórczości literackiej czy wróżbą zapowiadającą koniec świata. Ktoś bardzo przedsiębiorczy użył nawet informacji o odkryciu jako argumentu zachęcającego do wakacyjnego wynajęcia domu na letnisko w okolicach Łysiny. Krótką „karierę" medialną zrobiła błędna informacja zamieszczona w jednej z francuskich gazet, a potem przedrukowana przez inne tytuły, zgodnie z którą Łysina leży w Rosji a Orkisz miałby być „bolszewikiem". W polskiej prasie ta (zapewne) pomyłka była przez kilka dni przyczyną sporego zamieszania.

Za swoje odkrycie Lucjan Orkisz otrzymał pamiątkowy medal Astronomical Society of the Pacific ufundowany w 1890 roku przez J. A. Donohoe, przyznawany wówczas wszystkim odkrywcom komet [fot. 8]. Ponadto Minister Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego uhonorował Orkisza (jak pisał w swojej autobiografii) „zaszczytnym wyróżnieniem" oraz nagrodą finansową w wysokości 500 zł.

30 września 1927 roku zakończyła się przygoda Orkisza z Łysiną. Tego dnia przestał pełnić funkcję jej kierownika, a w połowie października został wezwany do odbycia służby wojskowej, skąd, z końcem listopada, dostał przedterminowe zwolnienie. Jak sam pisze w podaniu do Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego było to „wskutek orzeczenia Komisji Lekarskiej /kat. D/". Jak wynika z tego samego dokumentu Orkisz nie miał możliwości powrotu do pracy jako asystent na



YERKES OBSERVATORY
THE UNIVERSITY OF CHICAGO
WILLIAMS BAY, WIS.

Nov. 10 - 1928

Dear Colleague,

I have your postal card of Oct. 23 concerning some observations of your comet 1925 c, which need correction. I have gone over the reductions with the following results:

1925 June 5.19742.

It seems as if a wrong identification of the cp. star had been made. Substituting 81°1416 to 81°1401 from the Greenw. astrographic catalogue I find:

Star 1926.0	$6^h\,46^m\,0^s.11$	$+81°\,7'\,17''.4$
$\lambda - x$	+ 24.18	− 1 18.8
Hence λ	6 46 24.29	+81 5 58.6

The change in $\lambda - x$ is due to the modification of δ. The coordinates, especially the α, of the comet change so rapidly at that time that I can hardly interpolate from the ephemeris so as to find the new residuals. However I hope you will find them reasonable now.

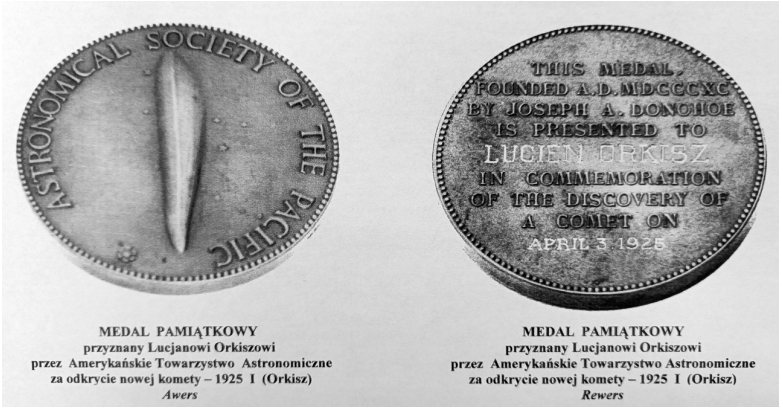
1925 mar 9.22307

There is an error in the precession 1900-1926 in α

Star 1926.0	$9^h\,53^m$ ~~$9^s.56$~~	$7^s.84$	(instead of $8^s.24$)
$\lambda - x$		− 36.29	
λ	9 52	31.55	(instead of $31^s.95$)

No change in δ

Fot. 7.



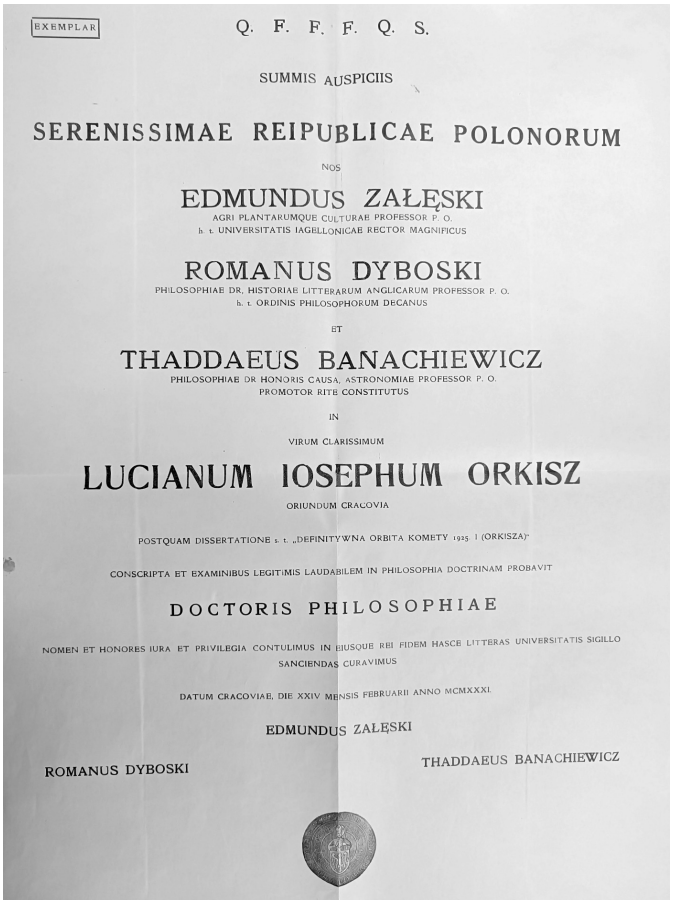
MEDAL PAMIĄTKOWY
przyznany Lucjanowi Orkiszowi
przez Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne
za odkrycie nowej komety – 1925 I (Orkisz)
Awers

MEDAL PAMIĄTKOWY
przyznany Lucjanowi Orkiszowi
przez Amerykańskie Towarzystwo Astronomiczne
za odkrycie nowej komety – 1925 I (Orkisz)
Rewers

Fot. 8.

UJ „z powodu obsadzenia mego poprzedniego stanowiska /obserwatora na Stacji Astronomicznej na Łysinie/". Skutkiem tego było zatrudnienie się (od listopada 1927 do końca marca 1928) na etacie „urzędnika kontraktowego" w Towarzystwie Wzajemnych Ubezpieczeń „Florjanka" w Krakowie. Od 1 kwietnia do końca 1928 współpracował z tym Towarzystwem jedynie „dorywczo (w czasie wolnym) za wynagrodzeniem za poszczególne godziny", natomiast głównym zajęciem były ponownie „prace astronomiczne" w Obserwatorium Krakowskim oraz przygotowywanie się do doktoratu z astronomii.

Sytuacja zmieniła się w sposób istotny z początkiem 1929 roku. 1 stycznia Orkisz objął stanowisko asystenta w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego[1]. Jak pisze Michał Kamieński (Kamieński, 1959), Orkisz prowadził tam obserwacje pozycji planetoid i komet, zakryć gwiazd przez Księżyc i zaćmień Księżyca. Samych zdjęć planetoid i komet wykonał Orkisz 299, z czego większość została opracowana, a wyniki opublikowane. Jednym z najciekawszych okryć tego okresu było znalezienie na swoich kliszach planetoidy 1221 Amor, odkrytej w dniu poprzednim przez belgijskiego astronoma Eugène'a Delporte. W pierwszych latach pobytu w Warszawie wiele czasu poświęcił na definitywne opracowanie orbity odkrytej przez siebie komety. Zebrane i opracowane wyniki były podstawą do przygotowania dysertacji „Definitywna orbita komety 1925I (Orkisza)". Stopień doktora filozofii uzyskał Orkisz na Uniwersytecie Jagiellońskim 24 lutego 1931 roku [fot. 9]. Promotorem pracy był Tadeusz Banachiewicz.



EXEMPLAR

Q. F. F. F. Q. S.

SUMMIS AUSPICIIS

SERENISSIMAE REIPUBLICAE POLONORUM

NOS

EDMUNDUS ZAŁĘSKI
AGRI PLANTARUMQUE CULTURAE PROFESSOR P. O.
h. t. UNIVERSITATIS IAGELLONICAE RECTOR MAGNIFICUS

ROMANUS DYBOSKI
PHILOSOPHIAE DR, HISTORIAE LITTERARUM ANGLICARUM PROFESSOR P. O.
h. t. ORDINIS PHILOSOPHORUM DECANUS

ET

THADDAEUS BANACHIEWICZ
PHILOSOPHIAE DR HONORIS CAUSA, ASTRONOMIAE PROFESSOR P. O.
PROMOTOR RITE CONSTITUTUS

IN

VIRUM CLARISSIMUM

LUCIANUM IOSEPHUM ORKISZ

ORIUNDUM CRACOVIA

POSTQUAM DISSERTATIONE s. t. „DEFINITYWNA ORBITA KOMETY 1925 I (ORKISZA)"

CONSCRIPTA ET EXAMINIBUS LEGITIMIS LAUDABILEM IN PHILOSOPHIA DOCTRINAM PROBAVIT

DOCTORIS PHILOSOPHIAE

NOMEN ET HONORES IURA ET PRIVILEGIA CONTULIMUS IN EIUSQUE REI FIDEM HASCE LITTERAS UNIVERSITATIS SIGILLO SANCIENDAS CURAVIMUS

DATUM CRACOVIAE, DIE XXIV MENSIS FEBRUARII ANNO MCMXXXI.

EDMUNDUS ZAŁĘSKI

ROMANUS DYBOSKI

THADDAEUS BANACHIEWICZ

Fot. 9.

[1]Warto wspomnieć, że w grudniu 1928 r. Obserwatorium Krakowskie opuścił również Józef Witkowski, który, po uprzednim zrobieniu habilitacji w czerwcu tego samego roku, przeniósł się do Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Poznańskiego i tam rozpoczął pracę (tak jak Orkisz w Warszawie) 1 stycznia 1929 roku. Tymczasem, tego samego dnia, przyjęty został do pracy w obserwatorium przy Kopernika 27 Antoni Wilk, przyszły odkrywca trzech komet.

Oprócz astronomii do obowiązków Orkisza w OAUW należała obsługa przyrządów meteorologicznych. Uczestniczył on także w codziennym nadawaniu radiowego sygnału czasu o godzinie 12.00 (w okresie międzywojennym sygnał ten był nadawany z Warszawy). W marcu 1935 roku Orkisz uczestniczył w wyprawie w okolice Łowicza, w czasie której badane były okoliczności spadku tzw. meteorytu łowickiego oraz gromadzone jego fragmenty. W tym czasie prowadził również szeroką działalność popularyzatorską – organizował pokazy nieba i wycieczki po terenie Obserwatorium. Ponadto w latach 1930-34 pełnił (wspólnie z innymi osobami) funkcję redaktora Uranii oraz Kalendarza Uranii. Był także autorem popularno-naukowych artykułów dla miłośników astronomii (np. Orkisz, 1937). Decyzją Rektora UW w kwietniu 1938 roku Orkisz został wyróżniony brązowym Medalem za Długoletnią Służbę.

W dniu 4 lutego 1933 roku Lucjan Orkisz wziął ślub w Warszawie w kościele św. Michała. Jego żoną została Jadwiga Ostolska. Małżonkowie przeżyli wspólnie 33 lata, do śmierci Jadwigi w sierpniu 1966 roku.

Wiosną 1938 roku Orkisz zrezygnował z pracy na Uniwersytecie Warszawskim. Formalnie jego zatrudnienie wygasło 31 sierpnia, a już 1 września rozpoczął pracę w Krakowie jako nauczyciel VIII Państwowego Liceum i Gimnazjum im. A. Witkowskiego. Na tym stanowisku pracował zaledwie jeden rok szkolny, gdyż w czerwcu 1939 dyrekcja nie przedłużyła z nim umowy o pracę.

Mimo tak skrupulatnie gromadzonych dokumentów nie ma w zachowanym zestawie jakiegokolwiek świadectwa dotyczącego zatrudnienia Orkisza w pierwszych miesiącach II wojny światowej. Wiadomo jednak, że z początkiem 1940 roku znalazł on pracę w gospodarstwie ogrodniczym „Hodowla Warzyw – Obszar Dworski" St. Andruszkiewicza w Krakowie-Łobzowie jako pomocnik kancelaryjny. Począwszy od 1 września 1942 roku pracował przez trzy miesiące w Obserwatorium Astronomicznym w Krakowie (działającym wówczas w strukturze Obserwatoriów Astronomicznych Generalgouvernement) do porządkowania biblioteki. Od lutego 1943 roku był natomiast zatrudniony jako inkasent zaległych składek w Ubezpieczalni Społecznej w Krakowie.

Tuż po wyzwoleniu (tzn. od 1 kwietnia 1945 roku) Orkisz został wpisany na listę płac VIII Liceum w Krakowie, ale „bez faktycznego zatrudnienia". W marcu następnego roku zmienił miejsce pracy na Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, oddział w Krakowie, początkowo jako referendarz a od kwietnia 1952 roku technik meteorologiczny. Z powodu pogarszającego się stanu zdrowia (Orkisz cierpiał

na postępującą gruźlicę kręgosłupa)[2] w 1957 roku przeszedł na rentę inwalidzką.

Mimo iż po wojnie Orkisz nie zajmował się profesjonalnie astronomią to nie zerwał całkowicie kontaktu ze środowiskiem naukowym. Pewnym śladem tego może być zdjęcie z sympozjum astronomicznego, jakie odbyło się w lipcu 1953 roku we Wrocławiu [fot. 10, 11] (okazją było uczczenie okrągłej rocznicy kopernikańskiej). W grupie ówczesnych polskich astronomów jest również widoczny Lucjan Orkisz, a pomiędzy zestawem podpisów na rewersie fotografii można znaleźć jego autograf. Na początku lat sześćdziesiątych XX wieku Orkisz podjął ponownie współpracę z Obserwatorium Astronomicznym UJ. Na potrzeby Rocznika Astronomicznego UJ, Dodatek Międzynarodowy, wznowił prowadzone przez siebie w latach dwudziestych, wyliczenia efemeryd zakryć gwiazd przez Księżyc. Tabele z danymi, tym razem dla Poznania, Wrocławia, Torunia, Krakowa i Warszawy publikowane były w Roczniku w latach 1960-1974.

Po śmierci żony Jadwigi Orkisz ożenił się ponownie z Marią Czech. Astronom zmarł w Krakowie 17 sierpnia 1973 roku. Pochowany został na Cmentarzu Rakowickim.

Literatura

[1] Dokumenty osobiste i zdjęcia Lucjana Orkisza przekazane Bibliotece Głównej UKEN przez rodzinę Astronoma [niepublikowane].

[2] Banachiewicz Tadeusz, L'orbite corrigée de le Comète Orkisz (1925). Formules de nouveau genres appliqués é la correction d'une orbite parabolique. Okólnik Obserwatorjum Krakowskiego nr 17, 1925a.

[3] Banachiewicz Tadeusz, Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, Dodatek Międzynarodowy, Tom IV, 1925b

[4] Banachiewicz Tadeusz, Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, Dodatek Międzynarodowy na rok 1926, Kraków 1926

[5] Banachiewicz Tadeusz, Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, Dodatek Międzynarodowy na rok 1927, Kraków 1927

[6] Banachiewicz Tadeusz, Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, Dodatek Międzynarodowy na rok 1928, Kraków 1928

[7] Kamieński Michał, Zarys dziejów Obserwatorium Warszawskiego 1815-1945. Studia i materiały z dziejów nauki polskiej. Seria c, Historia nauk matematycznych, fizyko-chemicznych i geologiczno-geograficznych, Zeszyt 2, str. 69 – 116, 1959.

[8] Mietelski Jan, Życiorys L. Orkisza, maszynopis ze zbiorów Biblioteki Głównej UKEN (niepublikowany).

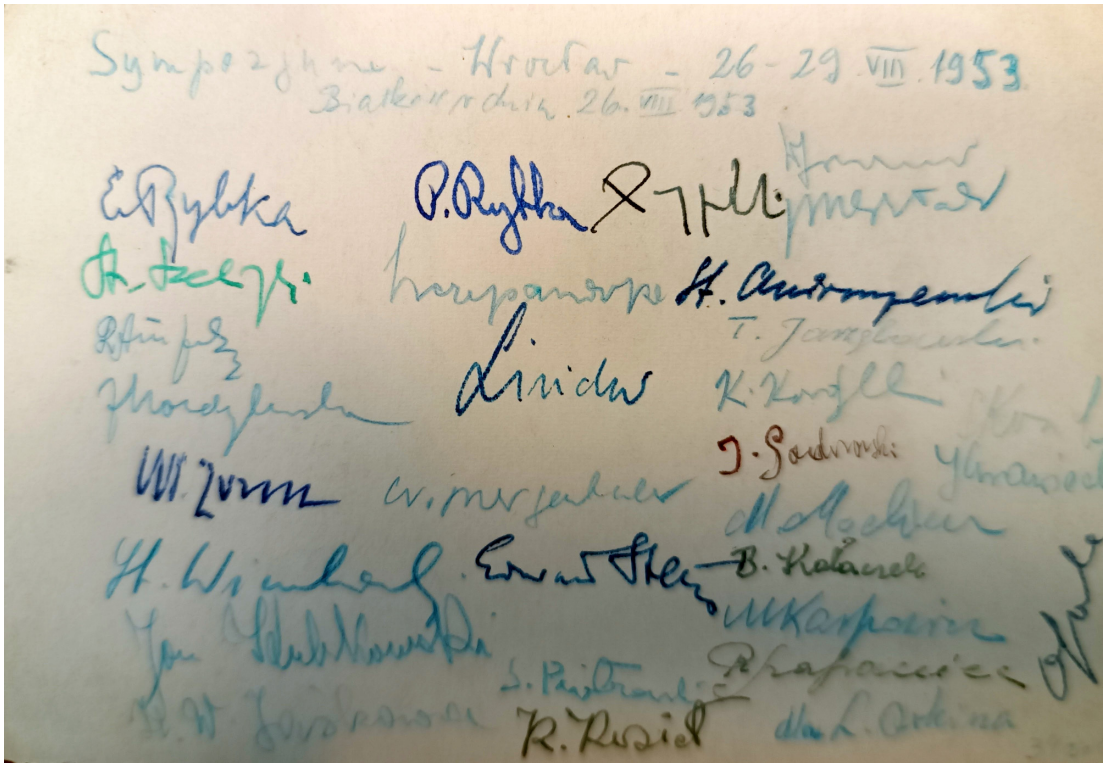
[9] Orkisz Lucjan, Éphéméride de la Comète Orkisz (1925 C) Okólnik Obserwatorjum Krakowskiego nr 21, 1926.

[2] W zachowanych materiałach nie ma żadnej dokumentacji medycznej. Informacja pochodzi z biografii Lucjana Orkisza Jana Mietelskiego (Mietelski, niepublikowane).

[10] Orkisz Lucjan, Kometa Finslera (1937 f) Urania, vol. XV, nr 4, str. 72, 1937.
[11] Rocznik Astronomiczny Obserwatorium Krakowskiego, Dodatek Międzynarodowy, praca zbiorowa, Nr 31, 1960 – Nr 45, 1974.
[12] Witkowski Józef, Éphéméride de la Comète Orkisz (1925 C) Okólnik Obserwatorjum Krakowskiego nr 18, 1925



Fot. 10. Uczestnicy sympozjum we Wrocławiu (26-29 lipca 1953).



Fot. 11. Podpisy na odwrocie zdjęcia (fot. 10).

Rodzina Lucjana Orkisza

Jacek Kruk

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

Setna rocznica odkrycia komety Orkisza, która przypadła 3 kwietnia 2025 roku, stała się okazją do przypomnienia postaci tego krakowskiego astronoma. W Uniwersytecie Jagiellońskim zorganizowano sesję naukowo-historyczną poświęconą jego odkryciu; rozpoczęła się ona 3 kwietnia od złożenia kwiatów na grobie Lucjana Orkisza na Cmentarzu Rakowickim. W kolejnych dwóch dniach odbywały się spotkania i wykłady w Obserwatorium UJ w Forcie Skała oraz dawnym budynku obserwatorium przy ul. Kopernika 27, obchody zakończył wyjazd do miejsca odkrycia komety – na górę Lubomir (dawna Łysina).

Na zaproszenie organizatorów konferencji 5 kwietnia wystąpiłem z odczytem o swoich kontaktach z krewnymi i powinowatymi Lucjana Orkisza. W końcu lat 1990-tych przy okazji zbierania materiałów do historii stacji astronomicznej na Lubomirze poznałem kolejno siostrzenicę astronoma Aleksandrę Antoszewską (1922-2022), jego bratanka Mariana Orkisza (1924-2005) oraz szwagra Ludwika Czecha (1929-2016). Wszyscy oni przechowywali pamięć o sławnym krewnym, a także liczne pamiątki – fotografie, dokumenty, wycinki prasowe. Największą ich kolekcję zgromadził pan Czech, ostatecznie trafiły one do zbiorów biblioteki Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie.

Lucjan Orkisz był synem pracownika Uniwersytetu Jagiellońskiego Michała Orkisza. Większość biografii Orkisza podaje, że ojciec astronoma był woźnym uniwersytetu, jednak wedle relacji Aleksandry Antoszewskiej był on opiekunem zbiorów Zakładu Historii Sztuki UJ. Michał Orkisz (1860-1940) miał czterech synów: Mariana, Michała, Lucjana i Juliusza oraz córkę Stanisławę (fot. 1). Aleksandra Antoszewska wspomina mieszkanie służbowe dziadka na ul. Gołębiej 20 z wielkim sentymentem – tajemnicze, pełne starych książek, rycin i globusów.

Lucjan Orkisz nie pozostawił po sobie potomków, mimo że był dwukrotnie żonaty. Był natomiast bardzo zżyty z rodziną swojej starszej

siostry Stanisławy Andruszkiewicz i jej córkami Aleksandrą i Marią. Dziewczynki bywały często na Łysinie (fot. 2) zarówno w okresie, gdy stacją astronomiczną kierował ich wujek, jak również później podczas odwiedzin stacji razem z Lucjanem Orkiszem (fot. 4). Gdy na Lubomirze zaczęto budować nowe obserwatorium, zasugerowałem wójtowi Wiśniowej Julianowi Murzynowi, by zaprosić panią Aleksandrę na uroczystość poświęcenia kamienia węgielnego. 16 lipca 2006 roku w 70. rocznicę odkrycia komety Kaho-Kozika-Lisa (drugiej komety odkrytej w tym miejscu) na uroczystości pojawili się krewni odkrywców: siostrzenica Lucjana Orkisza i syn Władysława Lisa (fot. 3).



Fot. 1. Zdjęcie rodziny z ok. 1905 r. Od lewej przeciwnie do ruchu wskazówek zegara: matka Maria z najmłodszym synem Juliuszem (ur. 1905), syn Lucjan (oficjalnie ur. 1900), ojciec Michał, syn Michał (ur. 1894), syn Marian (ur. 1890), córka Stanisława (ur. 1891).

Pani Aleksandra zapoznała mnie także z bratankiem Lucjana Orkisza Marianem, synem najstarszego z braci Lucjana. To właśnie od niego pochodzi informacja, że Lucjan Orkisz urodził się w końcu grudnia 1899 roku, a nie jak podają oficjalne biografie 1.01.1900 roku. Takie drobne przesunięcie z końca roku na początek nowego było wówczas dość powszechną praktyką, która pozwalała opóźnić termin przyszłej służby





Fot. 2, 3. Siostrzenice Orkisza Ola i Maria na Łysinie w 1925 roku, w tle pierwszy domek astronomów. Aleksandra Antoszewska na Lubomirze 80 lat później (poświęcenie kamienia węgielnego pod nowe obserwatorium, 16 lipca 2006 r.) Stoi za nią syn Władysława Lisa - odkrywcy komety z 1936 roku.

wojskowej. Marian Orkisz nie dożył odbudowy obserwatorium na Lubomirze, choć był młodszy od Aleksandry o dwa lata, zmarł 5 lutego 2005 roku.



Fot. 4. Lucjan Orkisz (z prawej) oraz Władysław Lis z małżonką Antoniną, lata 1930-te.

Lucjan Orkisz ożenił się w Warszawie w lutym 1933 roku, wybranką jego serca była Jadwiga Ostolska, pochodząca z ziemiańskiej rodziny z Podola (fot. 6). Po powrocie do Krakowa Orkiszowie wybudowali dom przy ul. Bronowickiej 35 (fot. 7), w mieście powiadano wówczas, że Orkisz „postawił kamienicę za kometę". W rzeczywistości nagroda pieniężna z Ministerstwa Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego była dość skromna, zapewne większe znaczenie miało wiano małżonki. Jak już wspomniano, Orkiszowie nie doczekali potomstwa, Jadwiga

zmarła w 1966 roku i pochowana została w grobie rodziców Lucjana na cmentarzu Rakowickim.

2 lutego 1968 roku Lucjan Orkisz ożenił się ponownie, tym razem jego wybranką została nauczycielka Maria Czech (fot. 8). Maria była córką kompozytora i pisarza Jana Joachima Czecha (1888-1955), a poprzez swoją matkę Antoninę z domu Orkisz spokrewniona również z rodziną astronoma. Jej młodszy brat Ludwik Czech, z wykształcenia muzykolog, bardzo skrupulatnie prowadził archiwum rodzinne dotyczące głównie twórczości ojca, ale także szwagra – Lucjana Orkisza.

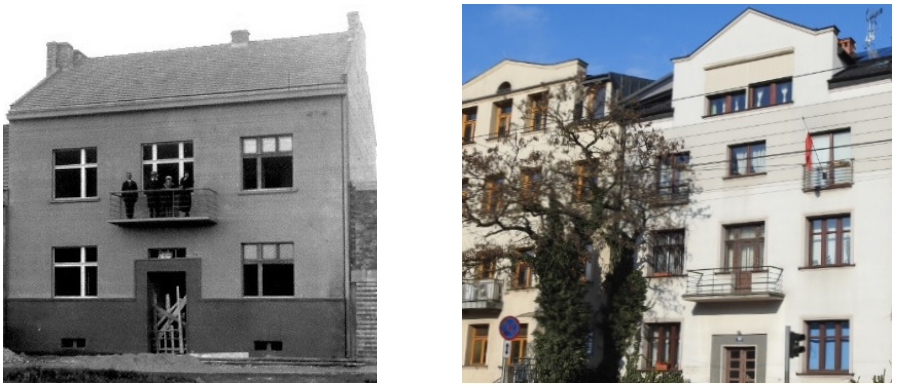


Fot. 5. Spotkanie w domu Mariana Orkisza, 1997, z prawej Aleksandra Antoszewska, w środku autor.



Fot. 6. Fotografia ślubna Lucjana Orkisza z 1933 roku.

Pana Ludwika poznałem przypadkowo – podczas odwiedzin grobu Orkisza. Okazało się, że to głównie rodzina Czechów opiekuje się mogiłą



Fot. 7. Dom Orkiszów przy ul. Bronowickiej w 1936 roku i obecnie.



Fot. 8. Fotografia ślubna Lucjana Orkisza z 1968 roku.

astronoma. Odtąd spotykaliśmy się regularnie, ja korzystałem z jego bogatego archiwum, a przy okazji donosiłem mu wszelkie nowości z Lubomira. W 2007 roku zasugerowałem wójtowi Wiśniowej zaproszenie pana Ludwika na uroczystość otwarcia nowego obserwatorium na Lubomirze. W dniu 6 października 2007 roku Ludwik Czech wystąpił na ceremonii otwarcia i podarował dla obserwatorium płytę z nagranymi w 1973 roku wspomnieniami Lucjana Orkisza o pracy w stacji astronomicznej na Łysinie i odkryciu swojej komety (fot. 9).

W roku 2011 pan Czech zdecydował się podarować archiwum Lucjana Orkisza dla biblioteki Uniwersytetu Pedagogicznego. Wkrótce po przekazaniu cennego daru biblioteka uczelni urządziła wystawę z najcenniejszych eksponatów tego archiwum (fot. 10). Niestety, przejęcie zbiorów przez bibliotekę odbyło się z zaniedbaniem pewnych formalności, które skutkuje teraz brakiem pełnej dostępności tych zbiorów dla czytelników. Pracownicy naukowi mogą jednak z nich korzystać, co znalazło odzwierciedlenie w referatach zaprezentowanych na sesji poświęconej 100-leciu odkrycia komety Orkisza.





Fot.9 (z lewej). Ludwik Czech przemawia na otwarciu obserwatorium na Lubomirze 6 października 2007 roku, w ręku trzyma płytę z nagranym głosem Lucjana Orkisza – dar dla otwieranej placówki.
Fot. 10 (z prawej). Ludwik Czech na otwarciu wystawy dokumentów Lucjana Orkisza ofiarowanych Uniwersytetowi Pedagogicznemu (obecnie UKEN), 8 kwietnia 2011 roku.

Na koniec chciałbym podkreślić, że Lucjan Orkisz odkrył swoją kometę w bardzo szczęśliwym momencie: niespełna siedem lat po odzyskaniu przez Polskę niepodległości. Jego odkrycie było dla młodej Polski bardzo ważne, przypominało światu o naszym kraju i polskich astronomach. A komety były wówczas bardzo medialne – pamiętano jeszcze spektakularny powrót komety Halleya z 1910 roku. Dzięki tej „pierwszej polskiej komecie" Orkisz stał się znany, znacznie bardziej niż późniejsi polscy odkrywcy, jak Antoni Wilk, który odkrył cztery komety (ze swojego krakowskiego mieszkania!). Kometa Orkisza ułatwiła swemu odkrywcy karierę naukową – obliczenie jej definitywnej orbity stało się tematem pracy doktorskiej Lucjana Orkisza obronionej w lutym 1931 roku.

O komecie Orkisza pamięta się nawet po 100 latach, mimo że nie stała się zjawiskiem spektakularnym. Dowiodła tego wspomniana sesja naukowo-historyczna. Ale warto również pamiętać o miejscu spoczynku astronoma, bowiem obelisk na jego mogile prosi się o renowację, zwłaszcza po odejściu Ludwika Czecha, jego niestrudzonego archiwariusza.

[Fot. 1, 6, 7, 8 – ze zbiorów Ludwika Czecha, Fot. 2, 4 – ze zbiorów Aleksandry Antoszewskiej, Fot. 3, 5, 7, 9, 10 – ze zbiorów autora.]

Lucjan Orkisz na żywo

Tomasz Kundera

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Odkrycie

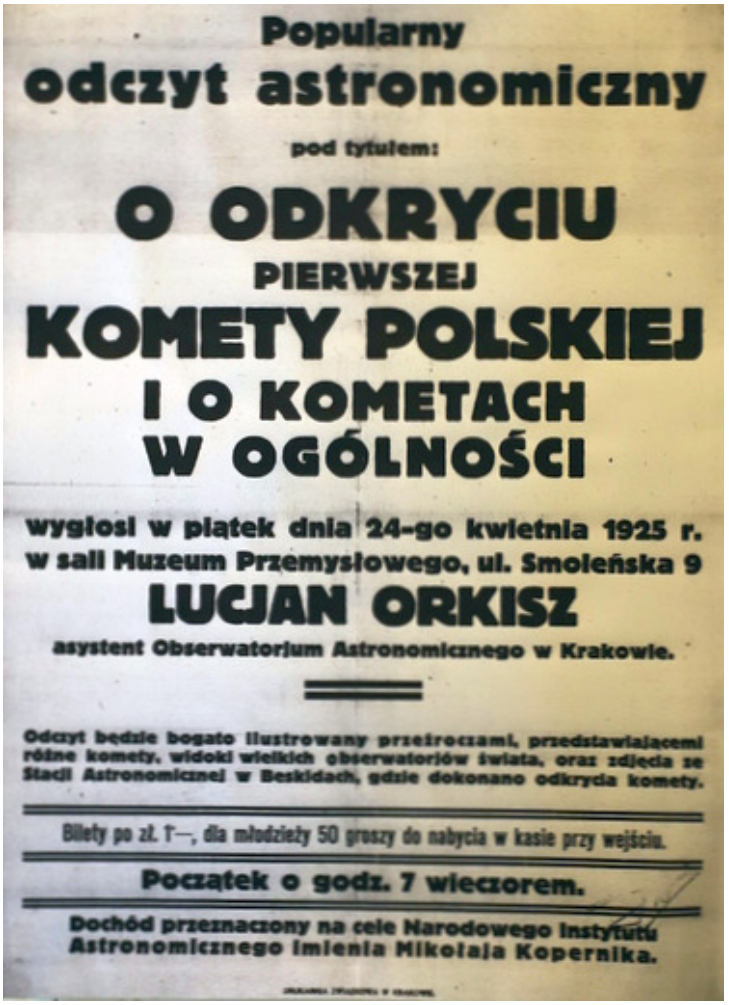
3 kwietnia 1925 roku Lucjan Orkisz dokonał odkrycia, dzięki któremu jego nazwisko na zawsze zapisało się w kronikach i astronomicznych katalogach. Znalazł na niebie nieznaną wcześniej kometę. Związał się z nią na długo, bo stała się również tematem jego pracy doktorskiej *Die definitive Bahn des Kometen 1925 I (Orkisz)*, „*Definitywna orbita komety 1925 I (Orkisza)*" obronionej w roku 1931. Czy odkrycie było ważne? Tak. Wszak to była pierwsza oficjalnie polska kometa. Dziś znamy ją jako C/1925 G1 Orkisz i wiemy, że raczej powtórnie już jej nie ujrzymy. Litera C w nazwie świadczy o braku okresowości, a ewentualny szacowany termin powrotu to około 4 miliony lat [1]. Co ciekawe, parametry wyznaczone przez samego Lucjana Orkisza sugerowały hiperboliczną orbitę [2], a to oznaczałoby, że mogła dotrzeć z naprawdę daleka. Późniejsze obliczenia B. G. Marsdena i in. z 1978 [3] potwierdziły, że o ile oryginalna orbita była eliptyczna z podanym okresem obiegu, to finalnie stała się hiperboliczna.

Czy oprócz naukowego podejścia i badań kometa wpłynęła na życie odkrywcy? Oczywiście. Stał się osobą znaną, gratulacje napływały z licznych placówek naukowych, ale również sam mógł przedstawić swoje wyniki podczas publicznych prezentacji. Były one organizowane już wkrótce po odkryciu. Przedstawiony plakat obwieszcza „Popularny odczyt astronomiczny" 24 kwietnia 2025 roku. Bez wątpienia popularności przydawały artykuły w prasie powszechnej, wśród których znajdowały się nawet sensacyjne doniesienia o możliwości zderzenia z Ziemią. (Jak widać zjawisko określane obecnie „clickbajtem" nie jest nowe...). Warto zwrócić uwagę, że spotkania były odpłatne i to wcale nie mało. 1 zł brzmi może niezbyt wygórowanie, ale trzeba sobie uzmysłowić, że

przeciętna dniówka robotnika w tym okresie to 5 zł, zaś urzędnika 10. Mimo to chętnych nie brakowało. Zapewne można było wówczas na żywo i z pierwszej ręki usłyszeć, a nawet zobaczyć („bogato ilustrowane przezroczami"), jak wyglądała praca obserwatora, odkrywcy komety. Na pewno była bardzo wymagająca i to w wielu zakresach. Oprócz oczywistej w każdym czasie wiedzy niezbędna była cierpliwość, uważność, wytrwałość, a nawet zdrowie. Epoka całkowicie analogowa, gdy jednym z podstawowych narzędzi badawczych był notes i ołówek. Lucjan Orkisz prowadził obserwacje w „tymczasowej" Stacji Obserwacyjnej na górze Łysina w Beskidzie Wyspowym. Tymczasowość okazała się bardzo trwała, gdyż Stacja wyglądała bardzo podobnie przez całe 22(!) lata swego istnienia i jak na współczesne standardy oferowała warunki niezwykle spartańskie, bez energii elektrycznej, bieżącej wody, na leśnej polanie na szczycie góry. Czy współcześnie możemy sobie to wyobrazić? Okazuje się, że wcale nie musimy. Mamy wyjątkową możliwość zarówno zobaczenia Lucjana Orkisza „przy pracy", jak i wysłuchania jego własnej opowieści. Obie możliwości pochodzą z różnego czasu, różnych epok, ale dotyczą tego samego wydarzenia i zdają dobrze relację z odkrycia.

Filmy „Odkrycie komety Orkisza" oraz „Na gwiezdnych szlakach"

Jak wyglądał Lucjan Orkisz i jego praca przekonać się możemy oglądając niezwykle cenny, zachowany film dokumentalny „Odkrycie komety Orkisza". Film powstał w tym samym, 1925 roku, w którym dostrzeżona została kometa. To też świadczy o randze wydarzenia. W tym czasie liczba kamer filmowych w Polsce wyrażana była w pojedynczych sztukach, stąd fakt nakręcenia filmu o odkryciu naukowym jest bardzo znaczący. Musiał znaleźć się ktoś, kto dysponował kamerą, potrafił ją wykorzystać i nie uważał opowieści o pracy astronoma za stratę czasu. Tym kimś był inż. Szczęsny Mysłowicz, wielki entuzjasta wciąż młodej jeszcze wtedy kinematografii. Jego marzeniem były filmy fabularne, polskie Hollywood, jednak starania w tym zakresie nie zakończyły się sukcesem. Powstające produkcje nie zyskiwały wielkiej popularności. Jak dotąd nie udało się ustalić, kto był pomysłodawcą nakręcenia filmu o odkryciu Orkisza. Ostatecznie jednak powstał i to już w roku 1925, roku odkrycia komety. Był to jeden z pierwszych ruchomych obrazów edukacyjnych czy też popularno-naukowych nakręcony w Polsce. Jest to również najstarszy znany film tego rodzaju, jaki wyszedł z pod ręki



Rysunek 1. Kopia plakatu zapowiadającego odczyt Lucjana Orkisza.

Szczęsnego Mysłowicza. Oczywiście to raczej niewielka etiuda niż film pełnometrażowy, ale na pewno już o typowym scenariuszu filmu popularyzującego naukę. Niewykluczone, że właśnie powodzenie „Odkrycia komety Orkisza" prezentowanego zapewne w kinach przed zasadniczymi seansami lub na specjalnych pokazach spowodowało zainteresowanie się przyszłego mistrza dokumentu taką twórczością. Oficjalnie przyjmuje się rok 1927 jako początek działalności utworzonego w tym czasie Instytutu Filmowego „Lumen". Jest to data otrzymania przez Szczęsnego Mysłowicza stosownych pozwoleń na działalność kinematograficzną. Jednak astronomiczny dokument wyraźnie wyprzedza późniejszą działalność „kronikarza Galicji i Krakowa" [4].

Fakt, że możemy dziś ten film oglądać zawdzięczamy bez wątpienia szeregowi korzystnych zbiegów okoliczności. Dlaczego? Film powstał na klasycznej taśmie celuloidowej, bardzo dobrej do kręcenia filmów, ale o paskudnej właściwości dla ich przechowywania. Celuloid jest samozapalny. Znane są wypadki pożarów w kinach w pierwszej połowie

XX wieku na skutek nieostrożnego obchodzenia się z taśmami [5]. Tymczasem ten egzemplarz przetrwał nienaruszony około 80 lat. Zapewne przyczynił się do tego przypadek. Puszka, w której był przechowywany, została dziesięciolecia przed odnalezieniem zgnieciona, co najwyraźniej spowodowało jej zahermetyzowanie. Spędziła długie lata na półkach magazynów Obserwatorium Krakowskiego, a później Obserwatorium UJ w Forcie Skała, gdzie we w miarę stabilnej atmosferze i temperaturze fortu celuloid nie eksplodował. Dopiero po dostarczeniu z inicjatywy dr Karoliny Zawady do Filmoteki Nardowej w Warszawie (obecnie Narodowe Archiwum Cyfrowe) okazało się, z jakim rarytasem i białym krukiem mamy do czynienia.

Oczywiście film z tej epoki jest czarno-biały i niemy, uzupełniany tekstami objaśniającymi dla widza. Jednak jego scenariusz jest całkiem współczesny. Widzimy astronoma przy pracy za biurkiem, warunki techniczne obserwacji, pomocnika otwierającego dach, astronoma przy lunecie, samą kometę oraz jej orbitę, a na koniec nie mogło oczywiście zabraknąć wzmianki o Mikołaju Koperniku. Rzecz jasna obrazy nieba są jedynie wizjami artysty, a astronom przy lunecie pozuje w dzień. Są to efekty ograniczeń ówczesnej techniki filmowej. Żadna kamera nie była w stanie utrwalać obrazu przy niskim oświetleniu lub w ciemności. Również animacja orbity komety jest wyraźnie „analogowa", sprzed cyfrowej rewolucji. Tym bardziej docenić można realizm obrazu i takie szczegóły, jak choćby stroje robocze z epoki – garnitury.

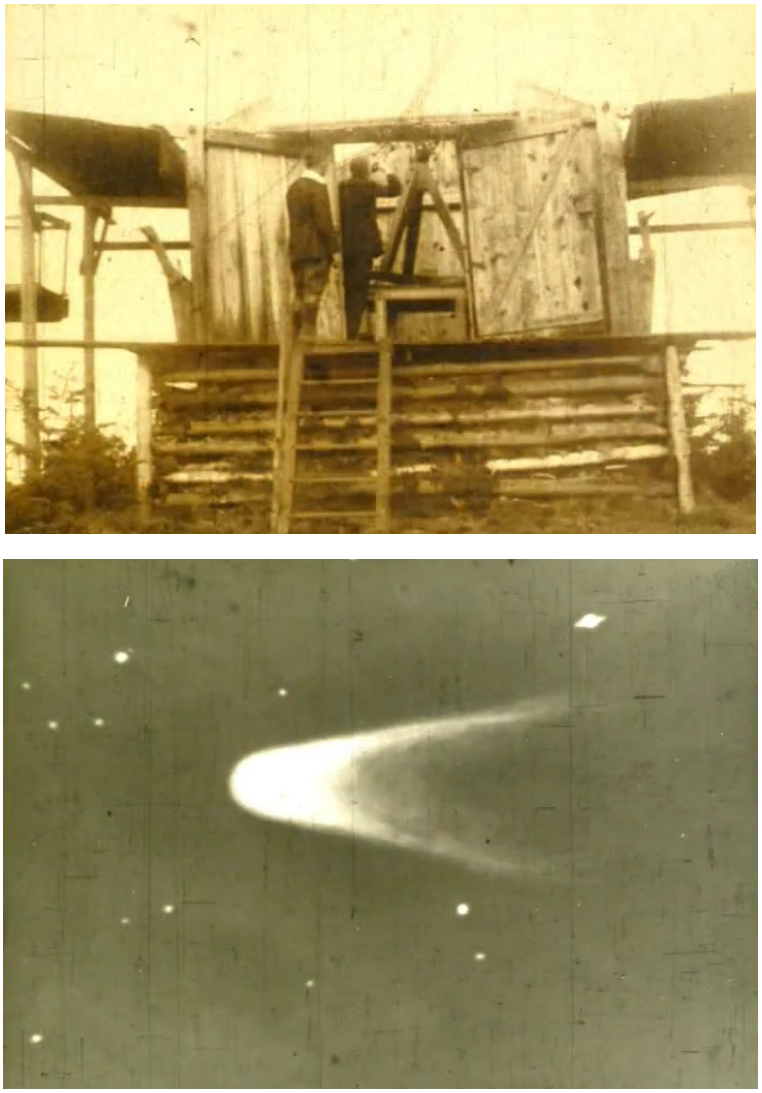
„Odkrycie komety Orkisza" to krótki film, zaledwie 2m 11s, ale ma młodszego brata. W ten sam sposób, w tej samej metalowej puszce dotrwał do naszych czasów inny film zrealizowany przez Szczęsnego Mysłowicza, „Na gwiezdnych szlakach". Ponad ośmiominutowy dokument z roku prawdopodobnie 1930 (sądząc po tematyce). Opracowany już formalnie w Instytucie Filmowym „Lumen" wyraźnie dzieli się na kilka części. Na początku ogólna prezentacja astronomii, z obrazami ciał niebieskich i nieba nad Krakowem częściowo jako wizji artystycznej a częściowo jako przebitki z oryginalnych zdjęć na szklanych płytach fotograficznych. Kończy go natomiast dość szczegółowa prezentacja chronokinematografu, specjalnego urządzenia opracowanego w Obserwatorium Krakowskim łączącego w sobie kamerę filmową i precyzyjny zegar, by móc utrwalać przebieg zjawisk astronomicznych w ruchu, a dokładniej przebieg zaćmień Słońca. Był to na tyle udany i ciekawy wynalazek, że poświęcono mu większość filmu. Jednak pomiędzy wstępem a częścią zaćmieniową mamy fragment o odkrywaniu komet w Obserwatorium Krakowskim. I choć zasadniczo dominującym tematem jest świeżo odkryta Kometa

Wilka z 1930 roku, to pojawia się tu również wspomnienie i ponowny obraz Lucjana Orkisza podczas obserwacji i odkrywania jego komety. Film kończy scena, w której można zobaczyć profesora Tadeusza Banachiewicza, prawdopodobnie jedyny jego obraz „na żywo”.



Rysunek 2. Kadry z filmu „Odkrycie komety Orkisza”. U góry tytuł, na dole Lucjan Orkisz (siedzi) w Obserwatorium Krakowskim przy ulicy Kopernika 27.

Oba wspomniane filmy są cennymi zabytkami dającymi wgląd w historię i pracę astronomów w latach dwudziestych XX wieku. Cennymi zarówno z astronomicznego, jak i filmoznawczego punktu widzenia. Niestety są nieme, a obraz to nie wszystko. Istnieje jednak także zapis dźwiękowy. Co prawda już nie z roku 1925, lecz z późniejszego okresu, jednak dotyczący tych samych wydarzeń. To wywiad z samym Lucjanem Orkiszem zapisany pod koniec jego życia 23 kwietnia 1973 roku w Nowym Sączu na rodzinnym spotkaniu. Ludwik Czech, krewny astronoma, wydał kilka płyt CD z nagraniem, które przekazał jako dar między innymi podczas otwarcia odbudowanego Obserwatorium na Lubomirze w roku 2007.



Rysunek 3. Kadry z filmu „Odkrycie komety Orkisza”. U góry Lucjan Orkisz z pomocnikiem w budce obserwacyjnej na Lubomirze, na dole artystyczna wizja komety Orkisza w momencie odkrycia.

Sam odkrywca komety opowiada o perypetiach związanych z odkryciem, jak i o kometach w ogólności przekazując podstawy wiedzy o ich zachowaniu i budowie. Wspomina o historii założenia Stacji Obserwacyjnej na Łysinie, wyprawach organizacyjnych, przeniesieniu leśniczówki w pobliże szczytu, gdzie po raz pierwszy pracował przez miesiąc w lutym roku 1924. Opisuje dojazd pociągiem podczas mroźnej zimy, przedzieranie się pieszo przez śnieg na szczyt podczas dwudniowej(!) podróży. Wśród zadań, o których mówi, nad ranem i wieczorem poszukiwał komet. Od maja rozpoczął tam regularny pobyt i stałe obserwacje gwiazd zmiennych oraz poszukiwanie komet za pomocą lunety. Wspomina o braku pewności, czy da się znaleźć jakiś obiekt kometarny. Trwało to dość długo, aż w końcu w nocy z 2/3 kwietnia 1925 roku, już w jasności świtu, o 3:52 znalazł dziwny obiekt „regularny ale skondensowany w środku”.



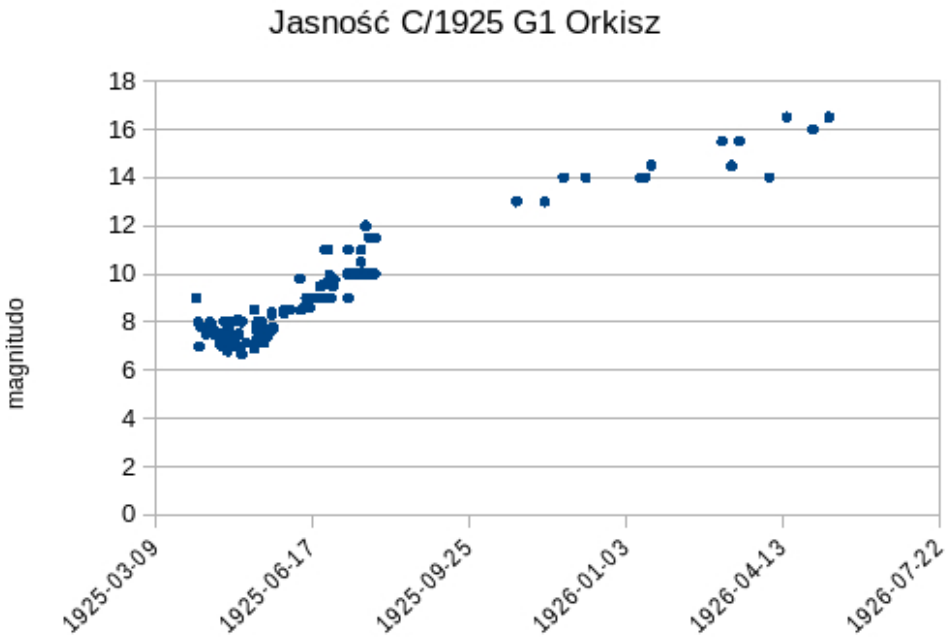
Rysunek 4. Kadry z filmu „Na gwiezdnych szlakach". U góry tytuł, na dole Lucjan Orkisz przy lunecie (prawdopodobnie tzw. Amerykance) w Obserwatorium Krakowskim.

Szybko wyznaczył jego współrzędne, niestety musiał z niecierpliwością poczekać do następnej nocy, by przekonać się o odkryciu sprawdzając tymczasem katalogi i informacje o obiektach w okolicy zmierzonej pozycji. „Z wielkim drżeniem serca" dostrzegł te same gwiazdy i ten sam obiekt, ale już nieco gdzie indziej. Zatem ogromna radość, ruch oznaczał, że to obiekt astronomiczny typu kometarnego. Ze wsparciem pomocnika, „astronogi", który udał się czym prędzej, by nadać telegram do Krakowa, a potem do Kopenhagi, Orkisz przekazał informację o odkryciu do Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Ciekawostką jest numer 1/2025 przypisany telegramowi, co znaczy, że telegramy w Kasinie Wielkiej nadawane były rzadko. Dwa dni później, w Niedzielę Palmową, Lucjan Orkisz udał się do najbliższego telefonu, kilkanaście kilometrów od Łysiny, gdzie od profesora Witkowskiego otrzymał pierwsze gratulacje za odkrycie „komety Orkisza". Minął się przez to z całą liczną ekipą

pod przywództwem profesora Banachiewicza, która w tym samym czasie przybyła do Stacji Obserwacyjnej, by złożyć odkrywcy gratulacje. Pod koniec kwietnia mógł przyjąć je już osobiście w Obserwatorium Krakowskim.

Kometa stała się tematem dalszych prac Lucjana Orkisza w oparciu o ponad 600 obserwacji zebranych na całym świecie aż do końca jej widzialności. Jak wyliczył Orkisz, jej definitywna orbita jest hiperboliczna, więc raczej do nas do nie wróci.

Dodatek



Rysunek 5. Krzywa zmian blasku komety Orkisza z całego okresu obserwacji. Peryhelium miało miejsce przed odkryciem: 1925, kwiecień, 1.51. Najbliżej Ziemi znalazła się w pierwszej połowie maja 1925. Na podstawie *Kometografii* Gary'ego W. Kronka [1].

Literatura

[1] Gary W. Kronk, Cometography, t.III, s. 426
[2] L. Orkisz, MNRAS, 97 (1937 Feb.), s. 334
[3] B. G. Marsden, Z. Sekanina, and E. Everhart (1978), AJ, 83 (1978 Jan.), s. 66
[4] Z. Wyszyński, „Szczęsny Mysłowicz, Filmowy Kronikarz Krakowa", Krakowski Dom Kultury „Pałac Pod Baranami" Kraków, 1986
[5] Z. Wyszyński, „Filmowy Kraków 1896-1971", Wydawnictwo Literackie Kraków, 1975

Część trzecia

Materiały z piątej konferencji „Meet the Space”,

29-30 maja 2025, Tarnów.

V konferencja

Meet the Space

Tarnów, 29 – 30 maja 2025



Organizatorzy: Akademia Tarnowska i Stowarzyszenie Astronomia Nova

Komitet Naukowy

ks. prof. Michał Heller
prof. Agnieszka Pollo
prof. inż. Tadeusz Uhl
dr hab. Marek Jamrozy
dr inż. Michał Kisilewicz
dr Agata Kołodziejczyk
dr hab. Rafał Kurczab
dr hab. Agnieszka Kuźmicz
dr hab. Piotr Strzelczyk
dr Bogdan Wszołek

Komitet Organizacyjny

dr inż. Michał Kisilewicz
dr hab. Andrzej Kołodziej
dr Agata Kołodziejczyk
dr inż. Łukasz Mik
dr inż. Robert Wielgat
dr Bogdan Wszołek

Patronaty

Polska Agencja Kosmiczna
Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego
Prezydent Miasta Tarnowa

[Zamieszczone w niniejszym rozdziale o MTS fotografie pochodzą w większości z archiwum Akademii Tarnowskiej. Zostały wykonane przez Piotra Borucha.]



Otwierający konferencję. Od góry: Jakub Kwaśny – Prezydent Miasta Tarnowa, Rafał Kurczab – Prorektor Akademii Tarnowskiej, Bogdan Wszołek – Prezes Stowarzyszenia Astronomia Nova.

Na konferencję złożyły się wykłady w ramach kilku sesji tematycznych, sesje plakatowe oraz kilka stoisk studenckich kół naukowych.

Sesje tematyczne (prowadzący):

Wprowadzająca (Rafał Kurczab)
Rozwój technologii kosmicznych (Agata Kołodziejczyk)
Technika rakietowa cz.1 (Agnieszka Kuźmicz)
Technika rakietowa cz.2 (Michał Kisilewicz)
Badanie kosmosu (Rafał Kurczab)
Badania w ramach kosmicznych lotów załogowych (Michał Kisilewicz)
Zamykająca (Agata Kołodziejczyk)



Zespół osób przewodniczących sesjom. Od lewej: Agata Kołodziejczyk, Rafał Kurczab, Michał Kisilewicz i Agnieszka Kuźmicz.

Wygłoszone wykłady:

1. ks. dr hab. Tadeusz Pabjan – „Człowiek wobec Wszechświata”
2. prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl – „Dlaczego eksploracja Kosmosu jest ważna dla Ziemi i ludzkości”
3. dr Bogdan Wszołek – „Loty kosmiczne na służbie Uranii”
4. dr hab. Marek Jamrozy prof. UJ – „Radiowe obserwacje Wszechświata prowadzone z Ziemi i przestrzeni kosmicznej”
5. dr sc. ing. Ilmars Blumbergs, dr hab. inż. Rafal Chatys; Marina Romele – „Space Economy in Latvia”
6. dr B. Hirematada Darukesha – „Charting a Space Future through Innovation and Involvement”
7. dr inż. Mateusz Ozimek, Bartłomiej Rój – „Sat2Rescue – bezpieczne rozwiązanie oparte na łączności satelitarnej, usprawniające usługi ratunkowe oraz misje poszukiwawczo ratownicze”
8. Przemysław Kaczorowski – „Projekt GraviTE – Lessons learned podczas rozwoju”
9. Andrzej Chwastek – „Polskie rakiety badawcze – początki”
10. mgr inż. Michał Pakosz, mgr inż. Tomasz Noga – „Rozwój systemu wynoszenia ILR-33 BURSZTYN 2K i lot na 101 km z kosmodromu w Norwegii”
11. Mikołaj Cichoń, Mikołaj Ostrowski – „Wyznaczanie nowych szlaków – efekty programu rozwoju i testów pionierskiej jednostki napędowej Zawisza 4000 zasilającej pierwszą studencką rakietę na paliwo ciekłe w Polsce Turbulencja”
12. dr hab. Piotr M. Strzelczyk prof. PR, – „Lifting bodies: kadłuby nośne w zastosowaniu do „bliskiego kosmosu”"
13. Emilia Andres – „Mission: infussion – tworzenie kompozytów o kosmicznej geometrii”

14. Artur Brdej, Dominik Kozimor, Adam Kulczycki, Hubert Kowalczyk, Jakub Koszyka, Jan Piziak, Aleksander Grzybek, Kamil Kordecki, Tomasz Koczar, Pravallika Mandavalli – „AGH Space Systems Rocket Software – ewolucja infrastruktury kontroli misji"
15. Wiktoria Kujawa – „Kompozyt kompozytowi nierówny – czyli jak zbudować wytrzymałą rakietę"
16. Lena Starowicz, Laura Morawska – „Od eksperymentu do niezawodności – historia rozwoju systemów odzysku rakiet w AGH Space Systems"
17. Julia Baścik, Bartłomiej Twardzicki, Paulina Kudzia, Mariusz Jacek, Bartłomiej Adamczyk, dr. Agata Kołodziejczyk – „Studencka misja THOR na suborbitalną rakietę PERUN"
18. dr Agata Maria Kołodziejczyk, Mateusz Harasymczuk „Lot Polaka w kosmos z perspektywy naukowca"
19. dr Marta Marczak-Grzesik, Wiktoria Wiejak, dr Agata Kołodziejczyk – „Wykorzystanie bioreaktorów opartych na kombuczy do oczyszczania ścieków w kosmosie: zrównoważone podejście do systemów podtrzymywania życia"
20. Magdalena Stręt – „Technologie kosmiczne w zastosowaniach na ziemi – SensoMotion: adaptacyjne systemy rehabilitacyjne„
21. dr hab. Piotr M. Strzelczyk prof. PR, dr Adrian Kordos, dr hab. inż. Damian Kordos – „Badania infradźwiękowe wejść atmosferycznych obiektów kosmicznych"
22. dr hab. Piotr M. Strzelczyk prof. PR, dr hab. inż. Marek Góral prof. PR, dr Łukasz Peszek, dr inż. Marcin Kowalik – „Znalezisko z Dębowca: meteoryt czy pseudo-meteoryt?"
23. dr inż. Agnieszka Lisowska-Lis – „Rola NASA w monitorowaniu ozonu stratosferycznego. Czy działania dotyczące ochrony warstwy ozonowej są skuteczne?"
24. Ewelina Dobosz, dr Anna Tomusiak-Plebanek, dr Agata Kołodziejczyk – „Bioróżnorodność mikrobiologiczna w powietrzu w środowiskach lądowych: analiza porównawcza"
25. Kajetan Ginter, Stanisław Sękara, Magdalena Stręt, Bartłomiej Adamczyk, dr Mateusz Danioł, dr Agata Kołodziejczyk – „M3Space – aplikacja do pomiaru subiektywnej percepcji czasu w symulowanych misjach kosmicznych"
26. dr inż. Mariusz Gibiec – „Analogowe misje łazików planetarnych"
27. dr inż. Adam Pieprzycki, mgr inż. Bartosz Srebro – „Koncepcja innowacyjnego systemu ratunkowego do wykrywania osób zasypanych śniegiem z wykorzystaniem BSP (dronów)"
28. Waldemar Krauze, Tomasz Jakubczyk – „Kosmiczna prognoza pogody czyli o propagacji fal radiowych słów kilka"
29. dr inż. Jacek Jasielski – „Systemy łączności radiowej w amatorskich radiosondach stratosferycznych"

Plakaty:

1. mgr inż. Monika Lubas, dr inż. Marta Żyłka, mgr inż. Natalia Marszałek – „Adaptacja zaworów piezoelektrycznych z technologii kosmicznych do zastosowań ziemskich"
2. dr inż. Marta Żyłka, mgr inż. Natalia Marszałek, mgr inż. Monika Lubas – „GraviLimbs – transfer technologii rehabilitacyjnej z Ziemi do Sektora Kosmicznego"
3. mgr inż. Natalia Marszałek, dr inż. Marta Żyłka, mgr inż. Monika Lubas – „Transfer technologii kosmicznej do gospodarki wodorowej: zminiaturyzowane czujniki wodoru oparte na elektrolizie w stanie stałym"

4. dr inż. Wojciech Żyłka, dr Bogumił Cieniek, dr hab. Ireneusz Stefaniuk, prof. UR – „Spektroskopia EPR w ocenie stabilności farb eksponowanych na promieniowanie UV w kontekście zastosowań kosmicznych”
5. dr inż. Mateusz Ozimek, mgr inż. Bartłomiej Rój – „Sat2Rescue – Bezpieczne rozwiązanie oparte na łączności satelitarnej, usprawniające usługi ratunkowe oraz misje poszukiwawczo ratownicze”
6. Marek Siwiak – „Akumulatory przepływowo-jonowe jako nowy typ magazynów energii mogących zasilać urządzenia mobilne”
7. Jakub Antosz, Jakub Chruszcz, Regina Arabik, Damian Pękala, Maciej Witek, Piotr Nowak, Piotr Jasielski, Piotr Moryl, Łukasz Ciężadło, Ewa Serafińska, Jacek Jasielski, Krzysztof Golonka, Eryk Lisowski, Sylwia Plata, Piotr Wojtanowski, Paulina Knapczyk, Robert Wielgat, Wojciech Żyłka – „Stratospheric missions of the UAS Tarnow”
8. Agata Kołodziejczyk, Matt Harasymczuk, Natalia Bubrowska, Mirosław Krośniak – „The Role of UV and IR Radiation in Sunlight Isolation During Simulated Space Analog Missions”
9. Marta Marczak-Grzesiak, Agata Kołodziejczyk, Wiktoria Wiejak – „Kombucha-based Bioreactors for Wastewater Treatment in Space: a Sustainable Approach to Life Support Systems Study”



Informacja o MTS-5 na bramie wejściowej w Akademii Tarnowskiej.



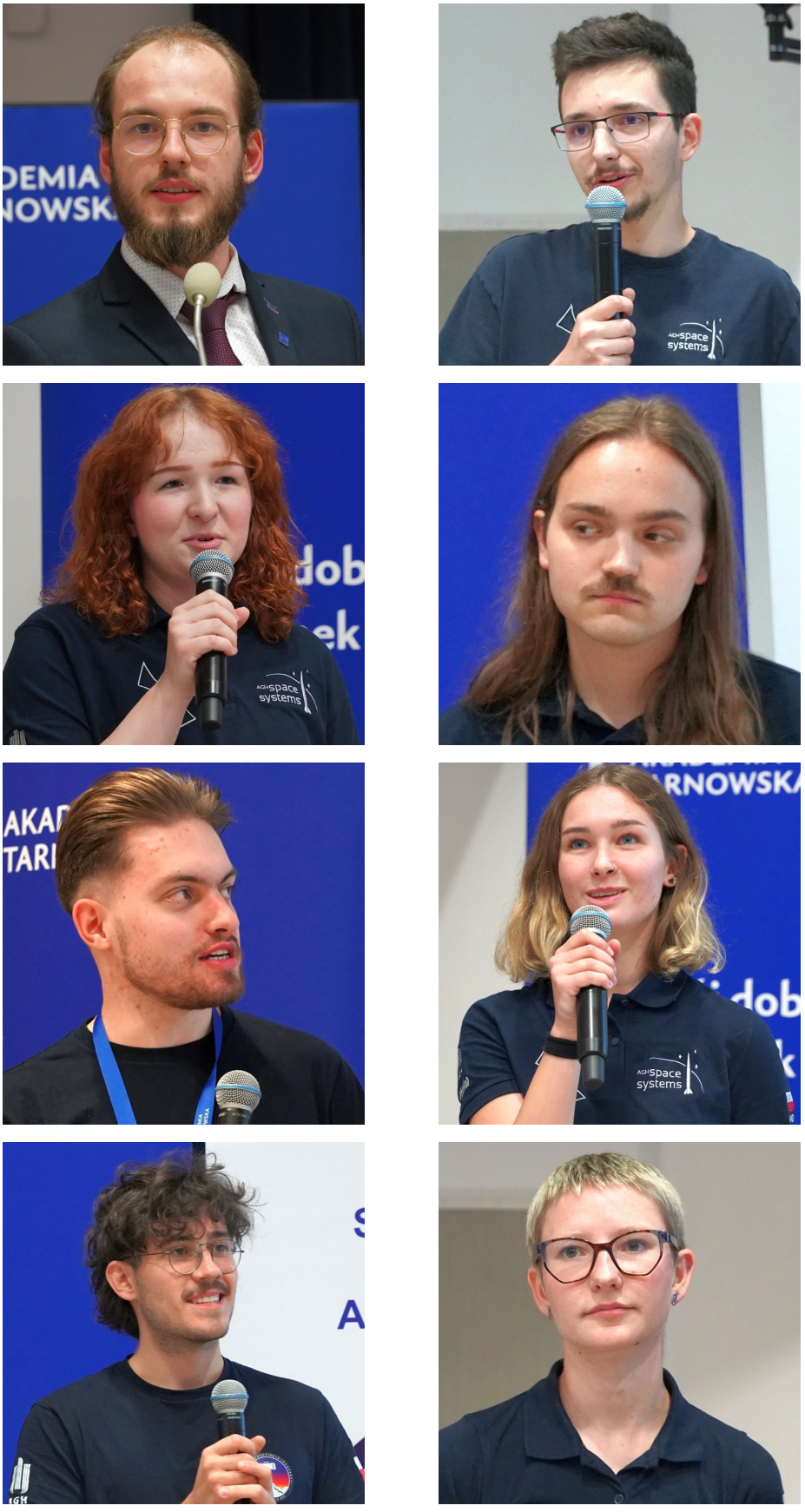
Dominik Beściak jako rejestrator uczestników konferencji.



Stoisko Koła Naukowego AGH "Astrobio". Od lewej: Agata Kołodziejczyk, Ewelina Dobosz, Magdalena Stręt.



Towarzyszące konferencji stoisko publikacji książkowych z zakresu astronomii i astronautyki. Dyżury podczas sesji plakatowych pełniła Agnieszka Kuźmicz, redaktorka/autorka większości z wystawianych książek.



Wykładowcy podczas MTS-5: Przemysław Kaczorowski, Mikołaj Ostrowski, Wiktoria Kujawa, Mikołaj Cichoń, Bartłomiej Adamczyk, Laura Morawska, Bartosz Twardzicki, Lena Starowicz

Loty kosmiczne na służbie Uranii

Bogdan Wszołek

Obserwatorium Astronomiczne Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim

Prolog

Rozwój kulturowy ludzkości odbywa się na styku z przyrodą – z jej obszarem ożywionym i mineralnym. Kultura najwyższa rozwija się na styku z rozgwieżdżonym niebem, z tym wszystkim co znajduje się poza Ziemią. Człowiek oczekuje od gwiazd bardzo wiele. W szczególności poszukuje wśród nich odpowiedzi na swoje, źle lub dobrze, stawiane pytania natury egzystencjalnej. Człowiek zastał przyrodę gotową, nie było go przy jej narodzinach, wielu spraw nie rozumie. Skądinąd, jego własna konstrukcja wewnętrzna domaga się zrozumienia otaczającego świata oraz własnego w nim miejsca. Człowiek boleje, że nie zna odpowiedzi na podstawowe pytania. Skąd się wziął? Dokąd zmierza? Jak żyć? Podnosi zatem głowę w stronę gwiazd i spodziewa się z ich strony odpowiedzi. I to nie jest aktywność tylko miniona, historyczna. Jest ona ciągle aktualna, a we współczesnych czasach bardziej obiecująca niż w zamierzchłych epokach.

Kiedy Johannes Kepler w swoim dziele *Somnium* (Kepler, 2004) roztaczał wizję lotu człowieka na Księżyc, jasno wskazał cel takiego przedsięwzięcia. Jest nim umożliwienie obserwacji Wszechświata z innego układu odniesienia niż Ziemia. Obserwacja zaś odgrywa w astronomii kluczową rolę, co pięknie ujął Tadeusz Banachiewicz w swoim stwierdzeniu „observo ergo sum". Astronomowie starają się dobierać możliwie najlepsze posadowienia dla swoich teleskopów, by podnieść wartość naukową uzyskiwanych pomiarów.

Układy odniesienia mogą różnić się czysto matematycznie, jak np. heliocentryczny w porównaniu z geocentrycznym. O faktycznej wyższości jednego układu odniesienia nad innym, jeśli chodzi o przydatność dla obserwacji Wszechświata, świadczą uwarunkowania natury fizycznej. Bo

nie do końca jest tak, jak chce kosmologiczna zasada kopernikańska, że Wszechświat w przybliżeniu wygląda tak samo z każdego miejsca. W szczególności Wszechświat oglądany przez teleskopy kosmiczne przedstawia się o wiele bogaciej niż oglądany przez teleskopy posadowione na powierzchni Ziemi. Decydują o tym fizyczne właściwości atmosfery ziemskiej.

Atmosfera ziemska stanowi zaporę nie do pokonania dla większości fotonów promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez ciała niebieskie. Z powierzchni Ziemi możliwe są jedynie ograniczone obserwacje w zakresie optycznym i radiowym. Dla teleskopów kosmicznych atmosfera nie stanowi przeszkody a Wszechświat jawi się dla nich bez ograniczeń, w pełnym zakresie widma promieniowania elektromagnetycznego. Atmosfera ziemska blokuje też dolot wszelkich korpuskuł kosmicznych do powierzchni Ziemi, w tym cząstek elementarnych, atomów, cząsteczek, ziaren pyłu, drobnych meteoroidów.

Astronomia, która wypracowała podstawy dla zainicjowania, uprawiania i doskonalenia lotów kosmicznych, dostarcza również wiodącej motywacji dla rozwoju technologii kosmicznych i dla całej pro-kosmicznej aktywności ludzkości. Jest nią stworzenie jakościowo doskonalszych warunków dla przeprowadzania obserwacji astronomicznych. Obserwacje te, jak uczy historia nauki, pozwalają zaś lepiej zrozumieć prawa fizyczne w bezpośrednim środowisku ziemskim, co zawsze przekłada się na poprawę jakości ludzkiego funkcjonowania.

Celem nadrzędnym lotów kosmicznych, i całej służebnej tym lotom otoczki, jest zatem dostarczenie astronomii szerszych i skuteczniejszych metod obserwacji. Ten cel jest wystarczająco szczytny i zasługujący na najwyższe uznanie społeczne. Cele drugorzędne lotów kosmicznych nie powinny wychodzić przed wskazany cel zasadniczy, bo może to w konsekwencji doprowadzić do wielorakich zahamowań i uwstecznień w postępie ludzkości. Łatwo może dojść, a czy już nie przyszło (?), to przed czym ostrzega Wisława Szymborska w swoim wierszu „Ostrzeżenie". [Wiersz ten dedykuję ku głębokiej rozwadze wszystkim, którzy podejmują działania pro-kosmiczne.]

Nie bierzcie w kosmos kpiarzy,
dobrze radzę.
Czternaście martwych planet,
kilka komet, dwie gwiazdy,
a już w drodze na trzecią
kpiarze stracą humor.

Kosmos jest jaki jest,
to znaczy doskonały.
Kpiarze mu tego nigdy nie darują.

Nic ich nie będzie cieszyć:
czas – bo zbyt odwieczny,
piękno – bo nie ma skazy,
powaga – bo nie daje się obrócić w żart.
Wszyscy będą podziwiać,
oni ziewać.
W drodze na czwartą gwiazdę
będzie jeszcze gorzej.
Kwaśne uśmiechy, zaburzenia snu i równowagi,
głupie rozmowy:
że kruk z serem w dziobie,
że muchy na portrecie Najjaśniejszego Pana
albo małpa w kąpieli
– no tak, to było życie.

Ograniczeni.
Wolą czwartek od nieskończoności.
Prymitywni.
Wolą fałszywą nutę od muzyki sfer.
Najlepiej czują się w szczelinach między
praktyką i teorią,
przyczyną i skutkiem,
ale tutaj nie Ziemia i wszystko przylega.

Na trzydziestej planecie
(pod względem pustynności bez zarzutu)
odmówią nawet wychodzenia z kabin,
a to że głowa, a to że palec ich boli.

Taki kłopot i wstyd.
Tyle pieniędzy wyrzuconych w kosmos.

Astronom i astronauta – dwa w jednym

W wakacje 1975, po trzeciej klasie w bieckim liceum, postanowiłem poświęcić się astronomii i astronautyce. Wtedy jeszcze żaden Polak nie był w kosmosie, marzyłem żeby zostać tym pierwszym. Nie wyobrażałem

sobie, żeby nowoczesna astronomia mogła się rozwijać inaczej niż w pełnej łączności z lotami kosmicznymi. Oczami wyobraźni widziałem astronomów, którzy znajdując się gdzieś daleko poza Ziemią, prowadzą obserwacje za pomocą teleskopów nowej generacji – teleskopów kosmicznych.

Kosmonautów rekrutowano spośród pilotów wojskowych. Astronomem można było zostać po odbyciu trudnych studiów uniwersyteckich. Będąc dobrym uczniem liczyłem, że mam szansę zdać egzamin wstępny na studia astronomii w Uniwersytecie Jagiellońskim. Czułem się zdrowo, ale czy mógłbym się zdrowotnie zakwalifikować do Wyższej Oficerskiej Szkoły Lotniczej? Stosowne badania w Dęblinie wykazały, że tak. Wtedy postanowiłem, że najpierw odbędę studia astronomii, dbając o terminowe ich zakończenie i o zdrowie. Studia lotnicze (przyjmowali tam mężczyzn w wieku do 25 lat) planowałem podjąć po ukończeniu astronomii. Rozumowałem, że nie wielu ludzi w świecie będzie łączyć obie profesje, a to powinno sprzyjać wysłaniu mnie w kosmos, kiedy astronomia obserwacyjna przeniesie się poza Ziemię. Obojętne czy zapotrzebowanie wyniknie po stronie radzieckiej czy amerykańskiej.

Przywołuję tę osobistą dygresję, dla zaakcentowania, że próby separowania lotów kosmicznych od astronomii mogą być zdradliwe. Bo ani lotów kosmicznych nie byłoby bez astronomii, ani astronomia nie jest w stanie dalej się prężnie rozwijać bez lotów kosmicznych. Mnie nie udało się zostać kosmonautą. Jednak są w świecie astronomowie kosmonauci. Jednym z nich jest prof. Jeffrey Hoffman, astronom i kosmonauta NASA, który kilkakrotnie odbył loty poza Ziemię. Miał okazję przydać się jako astronom podczas misji naprawczych kosmicznego teleskopu Hubble'a.



Na wstawce Jeffrey Hoffman i Bogdan Wszołek. W tle mapa Marsa opatrzona wpisem i autografem Kosmonauty. Kiedy darowałem mu książkę o Keplerze powiedział „świat potrzebuje Keplerów". Widać, prawdziwy kosmonauta może być równocześnie prawdziwym astronomem! (Kraków, 14 września 2024).

Atmosfera ziemska jako przeszkoda dla prowadzenia obserwacji astronomicznych

Do powierzchni Ziemi może docierać składowa optyczna promieniowania gwiazd i po części składowa radiowa. Cała reszta tego promieniowania jest przez atmosferę zatrzymywana, nawet przy doskonałej pogodzie. Światło gwiazd, zanim dotrze do naziemnego obserwatora, ulega w atmosferze zmiennemu w czasie osłabieniu i zmianom jego charakterystyki widmowej. W konsekwencji astronomiczne dane obserwacyjne, pozyskiwane z użyciem naziemnych instrumentów, są zawsze w jakiejś mierze obciążone wpływem atmosfery.



Rysunek poglądowy ilustrujący okna przezroczystości atmosfery ziemskiej. Na wstawce ikonka z teleskopem kosmicznym Hubble'a. (Opracowanie: Hubble Space Telescope Science Institute, Baltimore)

Teleskopy naziemne a kosmiczne

Teleskopy naziemne muszą być odporne na siłę grawitacji. W szczególności ich konstrukcje nie mogą ulegać odkształceniom podczas zmiany pozycji instrumentu. To pociąga za sobą bardzo rygorystyczne (i zarazem kosztowne) wymagania konstrukcyjne. Nie da się zbudować teleskopów naziemnych o dowolnie dużych rozmiarach ze względu na grawitację. Dla naziemnych teleskopów trzeba zatroszczyć się o teren oraz konieczną infrastrukturę drogową i energetyczną. Trzeba pobudować solidne kopuły, aby osłonić je przed wiatrem. Takich problemów nie ma przy budowie teleskopów kosmicznych. W warunkach nieważkości mogą one mieć praktycznie dowolnie duże rozmiary. Nie potrzebują fundamentów ani kopuł. Warunki obserwacyjne są tam w sposób ciągły doskonałe. Dane obserwacyjne pozyskiwane przez teleskopy kosmiczne nie są obciążone atmosferą i są w najwyższym stopniu wiarygodne.

Powszechna dostępność do obserwacji astronomicznych

W astronomii przyjął się chwalebny zwyczaj darmowego dzielenia się (w skali całego świata) danymi obserwacyjnymi, zwłaszcza jeśli chodzi o obserwacje teleskopami kosmicznymi. Surowe dane obserwacyjne są wstępnie redukowane przez kompetentne zespoły specjalistów danego astronomicznego programu kosmicznego. Dane, doprowadzone do postaci nadającej się do analiz naukowych i zapisane w przystępnych formatach, trafiają do ogólnie dostępnych baz danych. Mogą z nich korzystać bezpłatnie wszyscy zainteresowani. Oprócz danych, w bazach umieszcza się również wyczerpujące opisy strategii obserwacyjnej oraz raporty z przeprowadzonych procedur redukcyjnych. Zainteresowani analizą danych mogą liczyć na merytoryczną obsługę informacyjną oraz na gotowe oprogramowania, przydatne np. do zmiany źródłowego formatu plików na format preferowany przez użytkownika. Bazy danych są pomyślane przede wszystkim o profesjonalnych astronomach.

Kosmiczne programy obserwacyjne dostarczają takich ilości wartościowych obserwacji astronomicznych, że astronomowie zawodowi nie są w stanie w pełni ich przeanalizować. Z tego zrodziła się myśl, żeby umożliwić wykonywanie niektórych analiz przez osoby postronne. Astronomowie wypracowują odpowiednio dedykowane oprogramowania, umożliwiające osobom spoza branży np. wykrywanie nowych obiektów

(komet, planetoid). Odkryć astronomicznych mogą wtedy dokonywać nawet dzieci szkolne. Jeśli odkrycia takie nie wnoszą do nauki czegoś wyjątkowo istotnego, to dają wiele satysfakcji ich autorom i w konsekwencji przyczyniają się do wzrostu społecznego zainteresowania astronomią i astronautyką.

Przykłady osobistego korzystania przez autora z danych pozyskanych przez teleskopy kosmiczne

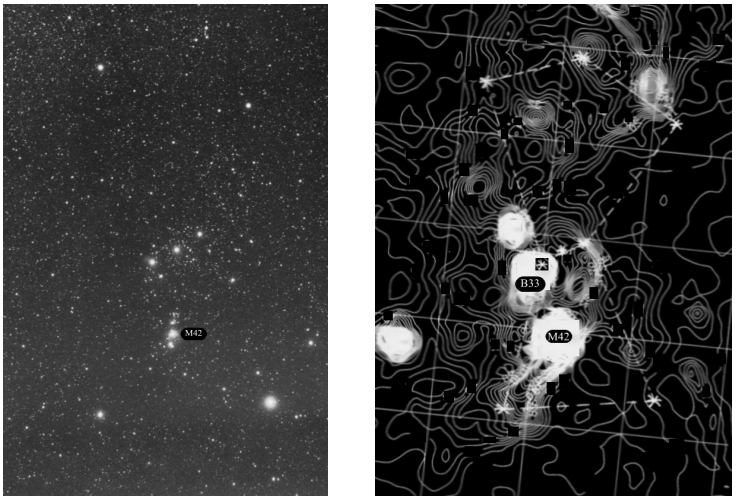
Problem istnienia pyłu międzygalaktycznego

Kluczowym problemem w astronomii jest sprawa przeźroczystości ośrodka rozciągającego się między ciałami niebieskimi a ich obserwatorem. Niepewność w temacie tej nieprzeźroczystości, czy tzw. ekstynkcji ośrodka, prowadzi do nie w pełni wiarygodnych ustaleń odległości obiektów. W konsekwencji niepewność przenosi się na rozmiary i masy tych obiektów oraz na ich dzielności promieniowania. Tym dokuczliwsza staje się ta niepewność im dalszych obiektów (galaktyk, kwazarów) dotyczy.

Problem ekstynkcji (pochłaniania, osłabiania) światła w ośrodku międzygalaktycznym został podniesiony przez Fritza Zwicky'go, którego uczniem czuł się Konrad Rudnicki. W 1980 roku Konrad Rudnicki zaproponował mi temat pracy magisterskiej dotyczący ekstynkcji międzygalaktycznej. Jako materiał źródłowy do badań otrzymałem Uppsala General Catalogue of Galaxies (Peter Nilson, 1973), oczywiście w postaci książki. Życie naukowe przyszło mi rozpocząć od problematyki przezroczystości przestrzeni międzygalaktycznej, która wiąże się ściśle z problemem istnienia pyłu międzygalaktycznego.

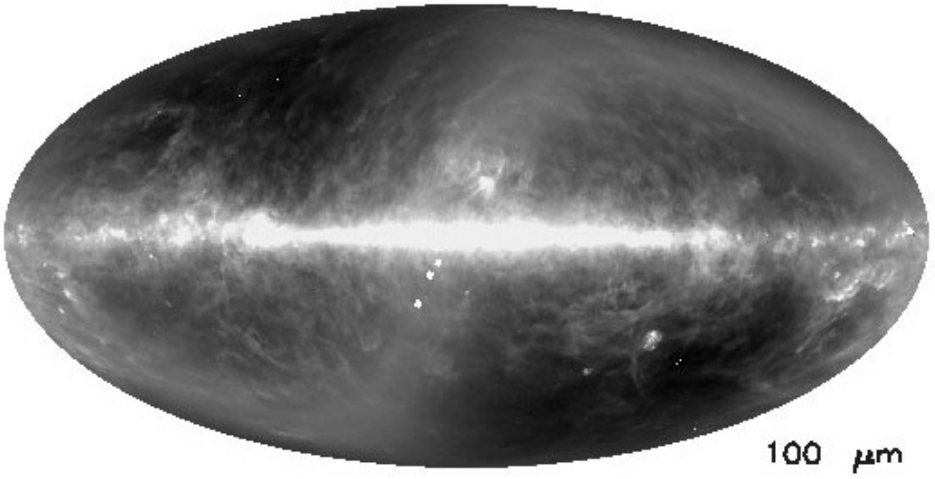
Analizy oparte na dostępnych katalogach galaktyk prowadziły do słabych wyników na poparcie istnienia i wartości ekstynkcji międzygalaktycznej. Nawet detekcja stosunkowo bliskich międzygalaktycznych obłoków materii ekstyngującej jest trudna. W 1983 roku teleskop kosmiczny IRAS (ang. Infrared Astronomical Satellite) dokonał przeglądu nieba w czterech pasmach dalekiej podczerwieni (12, 25, 60 i 100 μm). Był to pierwszy w historii kosmiczny teleskop podczerwieni. Trzy lata później Konrad Rudnicki pozyskał dane tego przeglądu dla obszaru na niebie podejrzewanego o obecność bliskiego międzygalaktycznego obłoku ekstyngującego Okroy'a (Okroy, 1965). Moim zadaniem była analiza emisji podczerwonej (IRAS) w obszarze występowania obłoku postulowanego

przez Okroy'a. Ten sam materiał pyłowy, który miałby wywołać ekstynkcję w obłoku, powinien silnie promieniować w dalekiej podczerwieni. Analizy emisji dla obłoku Okroy'a zaowocowały szybkim doktoratem. Przez kilka dalszych lat, będąc już w posiadaniu pełnych danych misji IRAS, analizowałem właściwie całe niebo w poszukiwaniu pozagalaktycznych nadwyżek emisji w pasmach obserwacyjnych IRAS. W szczególności próbowałem znaleźć takie nadwyżki w obrębie bliskich gromad galaktyk z Katalogu Zwicky'ego (Zwicky i in., 1960-68). Fritz Zwicky wykazał bowiem obserwowany niedobór odległych galaktyk w polach zajmowanych przez bliskie gromady i tłumaczył to ekstynkcją wewnątrz gromad. Za ekstynkcję miałby odpowiadać zimny pył znajdujący się w gromadach.



Gwiazdozbiór Oriona. Po lewej widok w zakresie optycznym na fotografii nieba wykonanej zwykłym aparatem fotograficznym. Poniżej pasa Oriona widoczna jest mgławica M42. Po prawej ten sam fragment nieba, ale obserwowany w dalekiej podczerwieni (100 μm) przez teleskop kosmiczny COBE/DIRBE. Na mapę naniesiono przybliżone położenia głównych gwiazd Oriona dla ułatwienia porównań obu obrazów. Gwiazdy te, bardzo jasne na obrazie w świetle widzialnym, są niewidoczne na obrazie w dalekiej podczerwieni. Bardzo jasnymi obiektami jawią się za to obłoki molekularne, z których najmocniej świecą M42 oraz Barnard 33 (Koński Łeb), będący w tle gwiazdy Alnitak. Gwiazdy, jako obiekty o temperaturach fotosferycznych wielu tysięcy stopni, silnie świecą w zakresie optycznym lecz stosunkowo słabo w dalekiej podczerwieni. Obłoki molekularne, o temperaturach kilkudziesięciu K w większości swej objętości, mocno świecą w dalekiej podczerwieni. Jeśli niektóre z nich są widoczne również w świetle optycznym, jak np. M42, to dlatego, że są oświetlone przez gorące gwiazdy znajdujące się na ich obrzeżach, zwróconych w stronę obserwatora. [Gwoli ścisłości należy tu jeszcze zauważyć, że gwiazdy są praktycznie obiektami punktowymi dla teleskopów (zwłaszcza kosmicznych), a obserwacje COBE/DIRBE mają słabą rozdzielczość (rozmiar pojedynczego piksela rzędu stopnia kwadratowego). W konsekwencji jasność powierzchniowa przeliczana na piksel spada praktycznie do poziomu tła. Mała rozdzielczość obserwacji w podczerwieni sprawia również, że obrazy obiektów na mapie są znacząco powiększone w stosunku do ich faktycznych rozmiarów kątowych.]

Pod koniec 1989 roku wystrzelono satelitę COBE (ang. Cosmic Background Explorer) wyposażony m. in. w instrument DIRBE (ang. Diffuse Infrared Background Experiment). W niespełna rok, DIRBE dokonał przeglądu całego nieba w dziesięciu pasmach podczerwieni:1.25, 2.2, 3.5, 4.9, 12, 25, 60, 100, 140, 240 μm. Zajmowałem się analizą tych danych przez wiele lat, a to dla potwierdzenia wyników otrzymanych z danych IRAS, a to w ramach podejmowanych nowych projektów. W szczególności, wraz z Marianem Soidą, próbowaliśmy potwierdzić istnienie obłoków pyłowych Kordylewskiego (Kordylewski, 1961; Winiarski 1989). Analizując dane IRAS odkryłem obłok w kształcie pierścienia wokół galaktyki M87 (Brosh i in., 1999). Istnienie tego obłoku potwierdziły dane z DIRBE. Jeszcze inny projekt z wykorzystaniem danych w dalekiej podczerwieni dotyczył problemu mikrofalowego promieniowania tła 2.7 K. Niepopularną alternatywą dla standardowego tłumaczenia pochodzenia tego promieniowania (na gruncie hipotezy o Wielkim Wybuchu) jest promieniowanie termiczne ziaren pyłu, rozproszonych w środowisku międzygalaktycznym.

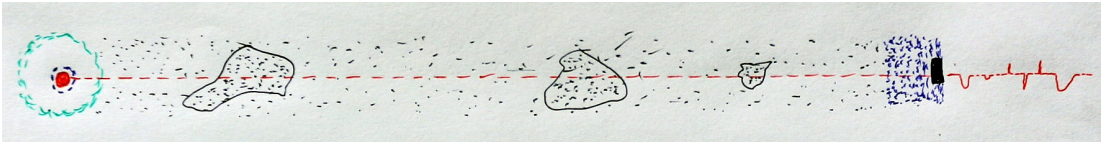


Mapa całego nieba w promieniowaniu podczerwonym (COBE/DIRBE) w paśmie 100 μm (we współrzędnych galaktycznych). Najintensywniej świeci tu płaszczyzna Drogi Mlecznej; mocniej w kierunku na centrum Galaktyki, słabiej w kierunku przeciwnym. Daje się też zauważyć emisję pyłu międzyplanetarnego w Układzie Słonecznym – mglista struktura, w kształcie przypominającym „S", ciągnąca się wzdłuż ekliptyki. Poziom promieniowania w najciemniejszych obszarach mapy reprezentuje połączoną emisję pyłu w halo Galaktyki i pyłu międzygalaktycznego.

Problem pochodzenia międzygwiazdowych pasm rozmytych

Innym ważnym i czekającym na rozwiązanie problemem w astronomii jest pochodzenie tzw. międzygwiazdowych pasm rozmytych (MPR, ang. Diffuse Interstellar Bands – DIBs) (Heger 1921, Herbig 1993, Wszołek

i Godłowski 2003). Minęło 105 lat od opublikowania informacji o odkryciu w widmach gorących gwiazd absorpcyjnych struktur (pasm) pochodzenia międzygwiazdowego. Przez cały ten odstęp czasu astronomowie (i nie tylko) próbowali dociec, co w środowisku międzygwiazdowym odpowiada za powstawanie tych struktur. Co jest odpowiedzialne za powstawanie MPR, czy może jakieś skomplikowane, wieloatomowe, cząsteczki? Czy te ewentualne cząsteczki występują w fazie gazowej czy może są budulcem ziaren pyłu międzygwiazdowego? A może te cząsteczki mają znaczenie dla powstania życia we Wszechświecie? Te i inne pytania intrygują badaczy, a kłopoty z odpowiedzią na nie często prowadzą do frustracji uczonych i ich odstępowania od zmagań z tą astronomiczną zagadką spektroskopową.



Rysunek poglądowy (bez zachowania skali) obrazujący przeszkody, na jakie napotyka światło emitowane przez gwiazdę zanim dotrze do obserwatora naziemnego. Fotosferę gwiazdy (oznaczoną na czerwono) otacza atmosfera. Niektóre gwiazdy mogą posiadać nadto otoczki materii (kolor zielony). Dalej rozciąga się ośrodek międzygwiazdowy, w którym mogą występować zgęszczenia nazywane obłokami międzygwiazdowymi. Światło gwiazdy zanim dotrze do teleskopu/spektrografu ma do pokonania nadto obszar międzyplanetarny i atmosferę ziemską. Światło gwiazdy, wyświecane przez jej fotosferę, zanim dojdzie do obserwatora zmienia swoją charakterystykę widmową i tym samym niesie informację o środowisku, które stawało mu na przeszkodzie. Obserwowane widmo gwiazdy jest zatem splotem jej własnej charakterystyki widmowej oraz: 1) linii absorpcyjnych (Fraunhofera) powstających w chłodniejszej od fotosfery atmosferze gwiazdy, 2) (dla niektórych gwiazd) linie widmowe pierwiastków/cząsteczek występujących w otoczkach okołogwiazdowych, 3) linie absorpcyjne powstające w środowisku międzygwiazdowym, w szczególności w półprzezroczystych obłokach międzygwiazdowych, 4) linie telluryczne, całe serie (pasma) silnych linii absorpcyjnych molekuł wchodzących w skład atmosfery.

Gwiazdy są bardzo zróżnicowane jeśli chodzi o charakterystyki widmowe. Zależy to głównie od temperatury i ciśnienia gwiazdy. Nadto, gwiazdy mogą mieć otoczki, albo ich nie mieć. Jedne gwiazdy są widoczne w „dziurach" między obłokami międzygwiazdowymi, inne mogą być przysłaniane nawet przez kilka obłoków. Widmowy odcisk atmosfery ziemskiej bardzo zależy od warunków atmosferycznych, od wysokości obserwowanej gwiazdy nad horyzontem, od składu atmosfery.

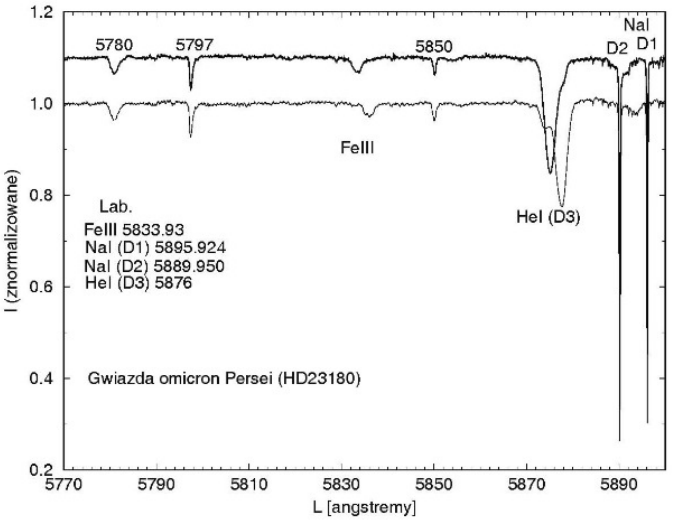
Do poszukiwania i badania MPR nadają się gwiazdy gorące (wczesnych typów widmowych O, B, A), charakteryzujące się tzw. poczerwienieniem, wywołanym ekstynkcją selektywną na pyle w obłokach międzygwiazdowych. Widma naturalne gorących gwiazd są wolne od licznych linii absorpcyjnych i słabe ze swej natury MPR dają się zauważyć jako wgłębienia na gładkim continuum emisji gwiazdowej. Dla detekcji MPR potrzeba widm o możliwie najwyższym stosunku sygnału do szumu (S/N > 500) oraz o dużej rozdzielczości ($R=\lambda/\Delta\lambda > 60\ 000$). Takie widma daje się otrzymać dla najjaśniejszych gwiazd na niebie. Wymienione rygory oznaczają, że na całym niebie badacze MPR mają do dyspozycji zaledwie około 200 gwiazd.

Atmosfera ziemska nie tylko osłabia światło gwiazd ale wnosi do widma każdej gwiazdy kłopotliwe zaburzenia. Pasma gęsto położonych bardzo silnych linii tlenu cząsteczkowego i pary wodnej (głównych odpowiedzialnych za ziemski efekt cieplarniany) uniemożliwiają znalezienie, w szerokich obszarach ich występowania, jakichkolwiek MPR. Z kolei słabe linie telluryczne, porównywalne z poziomem szumu doskonałych widm, utrudniają identyfikację słabych MPR.

Same zaś MPR są zróżnicowane pod względem intensywności. Silniejsze dają się pomierzyć ze stosunkowo dobrą precyzją. Im słabsze, tym precyzja ta staje się gorsza. Dla identyfikacji nośników MPR kluczowe są stosunki natężeń między poszczególnymi pasmami, a te są mocno zaburzane przez szumy i słabe linie telluryczne. Aktualnie znanych jest kilkaset MPR, z czego większość to struktury na granicy detekcji. Nie może jeden tylko jakiś tajemniczy nośnik odpowiadać za wszystkie znane MPR. Zapewne mamy do czynienia z wieloma nośnikami MPR. Czyni się starania dla wyodrębnienia tzw. rodzin spektroskopowych w obrębie znanych MPR (Wszołek i Godłowski, 2003).

Wiele wskazuje na to, że najtrudniejszą przeszkodą dla rozwikłania zagadki nośników MPR jest atmosfera ziemska. Staje się oczywiste, że po lepsze, wolne od zakłóceń atmosferycznych, spektroskopowe dane obserwacyjne dla badań MPR trzeba udać się w kosmos.

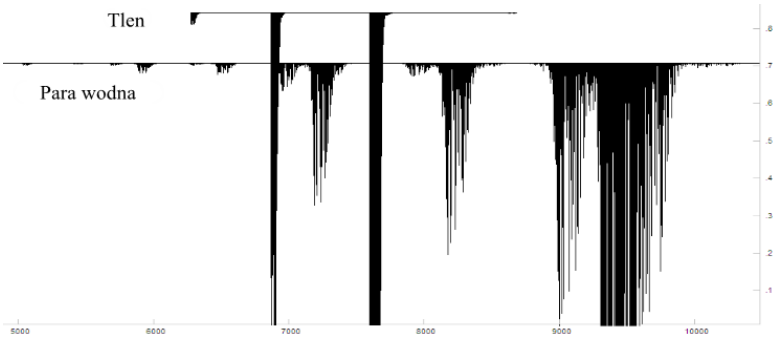
Jako nośniki MPR rozważane są m.in. łańcuszki węglowe (C_2, C_3, C_4, ...). Mają one swoje pasma absorpcyjne w dalekim ultrafiolecie. Gdyby je znaleziono dla gwiazd wykazujących istnienie MPR w swoich widmach optycznych, to korelując natężenia MPR z natężeniami linii łańcuszków węglowych, dało by się zweryfikować hipotezę o łańcuszkach węglowych jako nośnikach MPR. W bazie danych spektroskopowych pozyskanych przez teleskop kosmiczny Hubble'a dało się odnaleźć stosowne widma tylko dla trzech gwiazd, z listy tych, dla których stwierdzono



Znormalizowane (po podzieleniu przez continuum) widma tej samej gwiazdy, omicron Persei, sporządzone w dwie kolejne noce. Widma gwiazd spektroskopowo podwójnych, jak w tym przypadku, pozwalają rozstrzygać, które linie w widmie mają pochodzenie międzygwiazdowe, a które są gwiazdowe. Łatwo zauważyć, że na powyższym rysunku są linie, których położenia w dolnym i górnym widmie są jednakie (D1, D2, 5850, 5797, 5780) i są linie, które z nocy na noc zmieniły swoje położenie (D3, FeIII). Wskazane linie stabilne mają naturę międzygwiazdową. Linie niestabilne (Fraunhofera) neutralnego helu i 2-krotnie zjonizowanego żelaza powstają w atmosferze jednego ze składników gwiazdy podwójnej. Gwiazdy systemu obiegają się wokół wspólnego środka masy, w płaszczyźnie nachylonej skośnie względem obserwatora. Okres obiegu gwiazd wokół siebie wynosi dla omicron Persei 4.42 doby. Widma przedstawiają dwie fazy ruchu składników systemu, różniące się prędkością względem obserwatora. Efekt Dopplera dla światła sprawia, że różne prędkości względne przekładają się na różne położenia linii w widmie. Z prawej strony widoczny jest silny dublet neutralnego sodu międzygwiazdowego. Linie te udało się szybko zidentyfikować, bo wcześniej znaleziono je w laboratoriach eksperymentując z sodem. Niezidentyfikowane linie międzygwiazdowe to MPR. Są nazywane długością fali (w angstremach), dla której występują. [Uważny czytelnik zauważy jeszcze inne, bardzo słabe i tu nie oznaczone, linie pochodzenia międzygwiazdowego.]

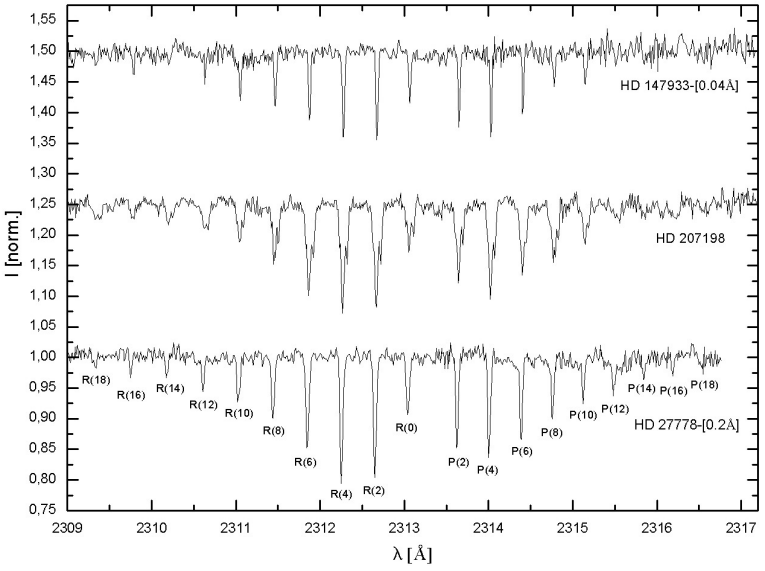
istnienie MPR: HD147933, HD207198 oraz HD 27778. I w widmach ultrafioletowych wszystkich tych gwiazd istnieją serie międzygwiazdowych linii absorpcyjnych charakterystycznych dla cząsteczki C_2. Tak nieliczna próbka nie jest statystycznie istotna i trudno jest w oparciu o nią dokonać rozstrzygnięć odnośnie nośników MPR. Jednak sam fakt możliwości detekcji bardzo słabych linii łańcuszków węglowych (ściślej C_2) jest bardzo obiecujący. Jest nadzieja, że jakiś przyszły program kosmiczny, dedykowany MPR, pozwoli dokonać identyfikacji niektórych nośników MPR.

Jak widać na rysunku, jakość widm HST/STIS (ang. Huble Space Telscope/Space Telescope Imaging Spectrograph) jest na tyle dobra, że



Linie telluryczne tlenu cząsteczkowego i pary wodnej w widmie omicron Persei, w zakresie od 5000 do 10500 Å. W przewadze są to linie bardzo silne. W obszarze ich występowania nie jest praktycznie możliwe znalezienie ewentualnego MPR. Dla pary wodnej widoczne są obszary występowania gęsto usianych słabych linii. Obszary te utrudniają detekcję oraz precyzyjne pomiary położenia i natężenia słabych MPR.

pomiary szerokości równoważnych linii C_2 mogą być dokonane z bardzo wysoką precyzją. Niestety, dla większości MPR rejestrowanych przez spektrografy naziemne o podobnej precyzji pomiarów nie można marzyć.



Widma otrzymane przez HST/STIS. Prezentacja pasma molekularnego C_2 na długości fali 2313 Å dla trzech gwiazd: HD27778, HD147933 oraz HD207198. Widma znormalizowane do 1 zostały rozsunięte wzdłuż osi pionowej, a dwa z nich zostały przesunięte na osi poziomej o pewną długość λ, aby je wyrównać strukturami względem siebie (wartość tego przesunięcia została podana w nawiasie kwadratowym na rysunku). [Linie międzygwiazdowe są zwykle przesunięte w stosunku ich laboratoryjnych odpowiedników. Wynika to z efektu Dopplera, bo obłoki międzygwiazdowe zwykle mają niezerową prędkość radialną (wzdłuż linii gwiazda – obserwator).] Każde widmo powstało z uśrednienia ośmiu obserwacji, dla podwyższenia stosunku sygnału do szumu. W przypadku gwiazdy HD207198 struktury C_2 są rozdwojone. Po drodze do tej gwiazdy mamy dwa obłoki, o nieco różnych prędkościach radialnych. (Rys. Pawlikowski 2005)

Uwagi końcowe

Astronomia stwarza podstawy dla zainicjowania, uprawiania i doskonalenia lotów kosmicznych. Loty kosmiczne służą przede wszystkim wynoszeniu astronomicznych teleskopów i sond badawczych poza atmosferę ziemską, w dogodne dla prowadzenia obserwacji miejsca. Celem nadrzędnym lotów kosmicznych jest, na obecnym etapie postępu, dostarczenie astronomii szerszych i skuteczniejszych metod obserwacji. Bo obserwacje astronomiczne leżą u podstaw wyobrażeń o Wszechświecie, o środowisku materialnym i duchowym, nadającym sens ludzkiej aktywności.

Jeśli w roku 2009 zakładałem z zaprzyjaźnionymi astronomami Stowarzyszenie Astronomia Nova, to nie tylko dla uhonorowania Johannesa Keplera za jego wiekopomne dzieło „Astronomia Nova" wydane w 1609 roku, ale również dlatego (podobnie jak Kepler czterysta lat wcześniej), że postrzegałem potrzebę odnowienia astronomii współczesnej w różnych jej obszarach. Astronomia Nova dzisiaj, to między innymi astronomia oparta na obserwacjach Kosmosu z kosmosu.

Literatura

[1] Brosch N., Almoznino E., Wszołek B., Rudnicki K., 1999, „The Nature of a Dusty Ring in Virgo", MNRAS, 308, 651-663

[2] Heger M.L., 1921, Lick Obs. Bull., 10, 146

[3] Herbig G.H., 1993, ApJ, 407, 142

[4] Kepler J., 2004, Sen (tłum. Sutkowska D., Włodarczyk J.), Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa

[5] Kordylewski K., 1961, Acta Astronomica 11, 165

[6] Nelson P., 1973, Uppsala General Catalogue of Galaxies

[7] Okroy R., 1965, Astron. Cirk., 320, 4

[8] Pawlikowski M., 2005, Misja HST i zastosowanie jej rezultatów dla badania molekularnego składu obłoków międzygwiazdowych (praca magisterska w UJ pod kierunkiem dr. Bogdana Wszołka)

[9] Winiarski M., 1989, Earth Moon Planets, 47, 193

[10] Wszołek B., Godłowski W., 2003, MNRAS, 338, 990-998

[11] Wszolek B., Rudnicki K., de Bernardis P., Masi S., 1988, Lecture Notes in Physics 310, 223

[12] Zwicky F. i in., 1960-1968, Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies (publ. California Institute of Technolgy), tomy 1-6

Radiowe obserwacje Wszechświata prowadzone z Ziemi i z przestrzeni kosmicznej

Marek Jamrozy

Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

Streszczenie: W niniejszym artykule opisuję dynamiczny rozwój badań w dziedzinie radioastronomii, które rozpoczęły się w latach 30. XX wieku. Skupiam się również na analizach wieloczęstotliwościowych galaktyk aktywnych emanujących wielkoskalowe dżety radiowe. Pokazuję, jak wiele udało się już wyjaśnić dzięki badaniom tych obiektów. Przedstawiam również kilka przykładów enigmatycznych typów radiogalaktyk, które wciąż stanowią wyzwanie dla współczesnych naukowców. Pochylam się nad przyszłością badań radioastronomicznych na powierzchni Ziemi dochodząc do przekonania, że przyszłość tej dziedziny, podobnie jak całej profesjonalnej astronomii, będzie należeć do prowadzenia obserwacji w przestrzeni kosmicznej.

Początki radioastronomii

Koniec XIX oraz początek XX wieku przyniosły wiele przełomowych odkryć w dziedzinie fizyki i astrofizyki. Najważniejszych z nich dokonano dzięki zastosowaniu gigantycznych teleskopów i nowych technik detekcji fal elektromagnetycznych, np. dzięki fotografii – w 1880 roku Henry Draper sfotografował pierwszą mgławicę. Bardzo ciekawym i pouczającym jest porównanie stanu wiedzy astronomicznej w pierwszych dekadach XX i XXI wieku. Wystarczy porównać liczbę różnych obiektów astronomicznych znanych wówczas i obecnie. Na przykład, w 1919 roku znaliśmy osiem planet, a obecnie około pięciu tysięcy, a także – wówczas jedną, a dziś około 200 miliardów galaktyk. Odkrycie galaktyk innych niż Nasza zawdzięczamy w dużej mierze Edwinowi Hubble'owi. „Mgławice" były również klasyfikowane i badane między innymi przez Hebera Curtisa. Na zdjęciu wykonanym za pomocą 36-calowego reflektora Crossleya zauważył on coś nieoczekiwanego w galaktyce NGC4486 (M87), coś co odbiegało od ówczesnego postrzegania mgławic spiralnych

i eliptycznych. W swojej publikacji (Curtis, 1918) napisał, że NGC4486 posiada niezwykle jasne jądro i nie posiada żadnej struktury spiralnej. Tym, co było najdziwniejsze to nietypowa, prosta, bardzo jasna, cienka struga emanująca z jądra galaktyki. Jak się później okazało, było to odkrycie pierwszego dżetu i to nie w dziedzinie radiowej, ale w świetle widzialnym.

Radioastronomia narodziła się dopiero w latach 30. XX wieku dzięki pracom amerykańskiego inżyniera Karla Guthe Jansky'ego, który jako pierwszy wykrył fale radiowe docierające do Ziemi z przestrzeni kosmicznej (Jansky, 1932, 1933). Pierwszym profesjonalnym radioastronomem, który przeprowadził „świadome" badania radiowe nieba, był Grote Reber. Odkrył on w latach czterdziestych XX stulecia jasne źródło w konstelacji Łabędzia (Reber 1944), nazwane później Cygnusem A (3C 405). W 1953 roku Jennison i Das Gupta (1953) wykazali, że obiekt ten składa się z dwóch symetrycznych składników radiowych, które Baade i Minkowski (1954) prawidłowo powiązali z odległą galaktyką (z=0.06). Obecnie znamy kilkanaście milionów podobnych obiektów nazwanych radiogalaktykami (Scheuer 1974). Wspomniani wyżej Baade i Minkowski badali również galaktykę NGC4486, tę analizowaną wcześniej przez Courtisa. Było już wiadomo, że jest ona źródłem fal radiowych. Zastanawiali się czy istnieje związek pomiędzy dżetem optycznym, a mechanizmem emisji radiowej. Dziś wiemy, że odpowiedź na powyższe pytanie jest twierdząca, wtedy jednak głównym problemem pojedynczych anten radiowych w stosunku do teleskopów optycznych była ich słaba rozdzielczość kątowa, która jest zależna od długości fali. Dopiero interferometry odegrały fundamentalną rolę w poprawie jakości map radiowych. Podstawy teorii interferometrii w dziedzinie radiowej opracował głównie Martin Ryle (1946, 1952), który w 1974 roku, za swoje odkrycia otrzymał Nagrodę Nobla. Pierwsze prace z zakresu radioastronomii, w tym te wspomniane w niniejszym rozdziale, zostały zebrane w książce pt. „Classics in Radio Astronomy" autorstwa Sullivana (1983), a rozwój technik interferometrycznych opisał np. Kellermann i Moran (2001).

Radiowe przeglądy całego nieba

Badania dużych obszarów nieba odegrały kluczową rolę w rozwoju radioastronomii pozagalaktycznej. Jednym z pierwszych i zarazem najbardziej udanym był Trzeci Przegląd Cambridge (3C) na częstotliwości 178 MHz,

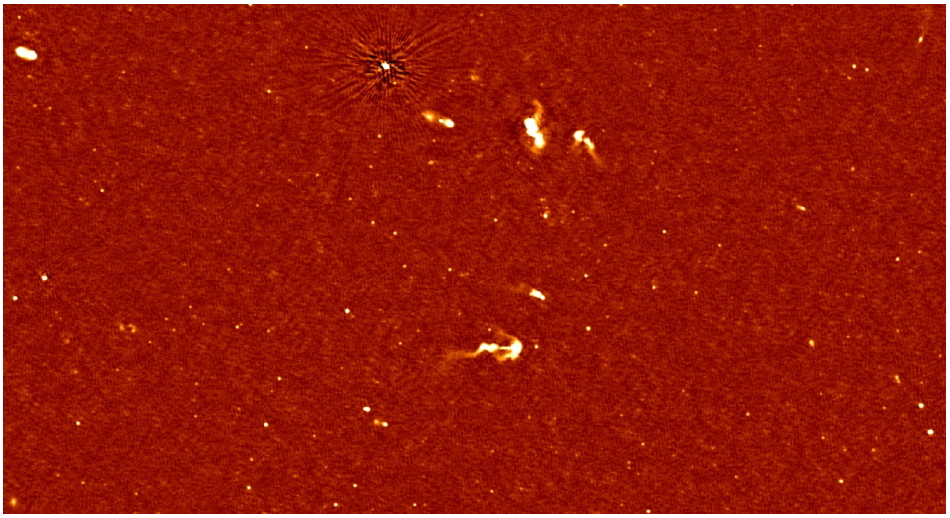
którego wynikiem był katalog radioźródeł (Bennett, 1962a, 1962b). Katalog ten został ponownie zaktualizowany dwadzieścia lat później (Laing i in., 1983). Zawiera on około 170 jasnych radiogalaktyk.

W kolejnych dziesięcioleciach przeprowadzono dziesiątki innych przeglądów przy użyciu pojedynczych anten (na wysokich częstotliwościach, np. 5 GHz, przy pomocy 91-metrowego teleskopu Green Bank; Gregory i in., 1991, 1996) oraz interferometrów. Pod koniec ubiegłego milenium nastąpił znaczący przełom. Opracowano trzy przeglądy o podobnej rozdzielczości kątowej: Westerbork Northern Sky Survey (WENSS; Rengelink i in., 1997) na częstotliwości 327 MHz, który objął północne niebo powyżej deklinacji $+30^\circ$ i uwidocznił około 230 tysięcy radioźródeł; Sydney University Molonglo Sky Survey (SUMSS; Bock i in., 1999; Mauch i in., 2003) na częstotliwości 843 MHz, który pokrywa niebo południowe poniżej deklinacji -30° i uwidacznia około 210 tysięcy radioźródeł; National Radio Astronomy Observatory (NRAO) Very Large Array (VLA) Sky Survey (NVSS; Condon i in., 1998) na częstotliwości 1.4 GHz, który obejmuje prawie całe niebo powyżej deklinacji -40° i uwidacznia prawie dwa miliony radioźródeł. Nieco późniejszy przegląd Tata Institute of Fundamental Research (TIFR) Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) Sky Survey (TGSS; Intema i in., 2017) na częstotliwości 150 MHz również zasługuje na odnotowanie. Obejmuje on prawie całe niebo powyżej deklinacji -53° i ujawnia około 624 tysięcy radioźródeł.

Wraz z nadejściem nowego tysiąclecia zaczęła się szybko rozwijać koncepcja nowego interferometru o nazwie Square Kilometer Array (SKA; Carilli i Rawlings, 2004). Doprowadziło to do szybkiego powstania różnych projektów stowarzyszonych z SKA, takich jak np. LOw Frequency ARray (LOFAR; van Haarlem i in., 2013), zmodernizowany GMRT (uGMRT; Gupta i in., 2017), Murchison Widefield Array (MWA; Tingay i in., 2013), MeerKAT Array (Jonas i in., 2016) oraz Australian SKA Pathfinder (ASKAP; Hotan i in., 2021). Instrumenty te zostały wykorzystane do przeprowadzenia nowych badań nieba. Kilka godnych uwagi przykładów to: LOFAR Two-Metre Sky Survey (LoTSS DR3; Shimwell i in., 2026, patrz mapa na Rys. 1) uwidaczniający prawie 14 milionów radioźródeł, GaLactic and Extragalactic All-sky MWA survey (GLEAM; Wayth i in., 2015; Hurley-Walker i in., 2017), Rapid ASKAP Continuum Survey (RACS; McConnell i in., 2020) oraz ciągle prowadzone obserwacje Evolutionary Map of the Universe (EMU; Norris i in., 2011, 2021). Do wspomnianych już badań na niskich częstotliwościach warto dodać przegląd VLA Sky Survey (VLASS; Lacy i in., 2020) na 3 GHz.

Analizy statystyczne wielu setek tysięcy obiektów dostarczanych przez radiowe przeglądy nieba mogą być wykorzystywane na wiele sposobów:

poczynając od badań statystycznych różnych populacji radioźródeł po szczegółową analizę poszczególnych obiektów. Badania katalogowe zawsze rozpoczynały się od tzw. zliczeń źródeł (kumulatywnych i/lub różnicowych). Ta prosta analiza wymaga jedynie wiedzy na temat obserwowanej gęstości strumienia (jasności radiowej) obiektów i ich liczby w wybranym fragmencie nieba. Te nieskomplikowane analizy doprowadziły do uzyskania ważnych wyników w takich obszarach, jak testowanie modeli kosmologicznych, grupowanie obiektów i ewolucja kosmologiczna radioźródeł (np. Ryle i in., 1955, 1961; Condon, 1984, 1999; Jackson i Wall 1999).



Rysunek 1. Fragment nieba na częstotliwości 144 MHz pochodzący z przeglądu LoTSS DR3. Mapa o rozmiarach kilkudziesięciu minut łuku centrowana na gromadę galaktyk Abell 1081. Ukazuje nagromadzenie kilku radiogalaktyk osobliwych.

Radiogalaktyki osobliwe

Przeglądy radiowe dużych połaci nieba są również wykorzystywane do badania poszczególnych obiektów. Klasyczne radiogalaktyki typu Fanaroff-Riley (FR; 1974) FRI i/lub FRII oraz ich zwarte odpowiedniki z dżetami widocznymi pod niewielkimi kątami w stosunku do kierunku patrzenia (Urry i Padovani 1995) zostały już w miarę dokładnie zbadane. Co ciekawe, przeglądy nieba ujawniają również znaczną liczbę rzadkich i osobliwych obiektów, które wcześniej były słabo poznane lub nawet całkowicie nieznane. Należą do nich np. relikty radiowe, radiogalaktyki z powtarzającą się aktywnością dżetową oraz radioźródła o zmiennej orientacji dżetów (w kształcie litery S lub X). Radiogalaktyki osobliwe, których nie można uznać za klasyczne typy FRII lub FRI, mogą wskazywać na niestandardową konfigurację aktywnego jądra galaktycznego

(ang. active galactic nuclei, AGN) i/lub przerywaną aktywność centralnego AGNu.

Innym przykładem nietypowych radiogalaktyk są te, związane z galaktykami spiralnymi. Płaty radiowe, zasilane przez supermasywne czarne dziury (ang. supermassive black hole, SMBH), występują zazwyczaj w galaktykach eliptycznych (patrz np. Best i in. 2005). Obecnie znamy miliony takich radiogalaktyk. Wydaje się, że tylko AGNy posiadające SMBH o masach większych niż 10^8 $M_\odot$ rezydujące w galaktykach eliptycznych wytwarzają wielkoskalowe (kpc/Mpc) dżety. Kontrastuje to z niewielką masą SMBH występujących w galaktykach spiralnych, które nie generują tak rozległych dżetów. Jednak koncepcja mówiąca o tym, że podwójne wielkoskalowe płaty radiowe występują wyłącznie w galaktykach eliptycznych, została podważona przez odkrycie radiogalaktyki B0313−192, która jest stowarzyszona z galaktyką spiralną (Ledlow i in., 1998). W ciągu ostatnich dwudziestu lat zidentyfikowano kilkanaście podobnych obiektów. Niedawno Sethi i in. (2025) zidentyfikowali J1350−1634 stowarzyszony z galaktyką spiralną, który posiada podwójno-podwójne płaty radiowe rozciągające się na około 2 Mpc.

Wiele pozagalaktycznych źródeł radiowych posiada struktury, których mechanizmy powstawania nie są znane. Należą do nich tzw. „dziwne kręgi radiowe" (ang. odd radio circles, ORC; Norris i in., 2021; Kumari i in., 2024; Hota i in., 2025), które są słabymi i mniej więcej okrągłymi pierścieniami emisji radiowej. Odkryte zostały w najnowszych czułych przeglądach radiowych. Jednak wyzwaniem są nie tylko ORCi. Warto tutaj na przykład wspomnieć o dwóch innych strukturach: J2336+2108 (np. Gitti i in., 2004; Ignesti i in. 2020) i J0011+3217 (Kumari i in., 2025). Radiogalaktyka J2336+2108 znajduje się w gromadzie galaktyk Abell 2626. Nazwano ją Latawcem (ang. Kite) ze względu na jej romboidalny kształt. Wygenerowanie tej struktury radiowej pozostaje do dziś nierozwiązaną zagadką. J0011+3217 posiada trzy płaty – dwa gigantyczne jasne płaty główne i jednostronny dyfuzyjny pojedynczy płat. Żaden z tych dwóch wyżej wymienionych obiektów nie pasuje do standardowego modelu radiogalaktyki. W analizowanych obecnie najnowszych przeglądach odkryjemy z pewnością więcej takich enigmatycznych tworów.

Nieprzezroczystość atmosfery

Atmosfera Ziemi, podobnie jak na fale optyczne, oddziałuje również na fale radiowe. Po dziesiątkach a nawet setkach lat eksperymentów nauczyliśmy się, jak radzić sobie z negatywnym wpływem atmosfery na

obserwacje astronomiczne. Wyróżniamy tutaj dwa zjawiska: refrakcję – ugięcie fali i ekstynkcję – rozpraszanie i absorpcję promieniowania. Najbardziej istotną rolę w „zniekształcaniu" fal radiowych odgrywają dwie warstwy atmosfery: troposfera i jonosfera. Poniżej opisuję szczegółowo refrakcję jonosferyczną. Współczynnik załamania, n, w ośrodku, w którym propaguje się fala (przy założeniu nieobecności pola magnetycznego i braku zderzeń pomiędzy cząstkami) wyraża się wzorem: $n = \sqrt{1 - (w_0/w)^2}$, gdzie $w_0 = e \cdot \sqrt{N/\varepsilon m}$ jest tzw. krytyczną częstotliwością plazmy, e i m to, odpowiednio, ładunek i masa elektronu, ε to stała dielektryczna ośrodka, N to liczba cząstek naładowanych w 1 cm^3. Podstawiając wartości dla elektronu dostajemy $w_0 = 9 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{N}$ MHz. W nocy N $\sim$ 2.5·10^5 cm^{-3} i krytyczna częstotliwość plazmy w_0 =4.5 MHz, w dzień gęstość elektronów jest większa 1.5·10^6 cm^{-3} i w_0 =11 MHz. Wynika z tego, że jonosfera całkowicie odbija fale o częstotliwościach mniejszych niż około 10 MHz. Średnia gęstość elektronów w ośrodku międzygwiazdowym wynosi około 0.03 cm^{-3} co odpowiada częstotliwości krytycznej plazmy 1.6 kHz. Wynika z tego, że moglibyśmy badać Wszechświat na znacznie niższych częstotliwościach niż czynimy to obecnie prowadząc obserwacje z powierzchni Ziemi. Musielibyśmy nasze radioteleskopy umieścić jednak poza Ziemią.

Sztuczne zakłócenia radiowe

Problemem dla radioastronomii są nie tylko radary, stacje radiowe i telewizyjne, ale również, i to w coraz większym stopniu, systemy satelitarne. Dziś nikt nie wyobraża sobie naszego funkcjonowania bez satelitów różnego typu i o różnym przeznaczeniu. Powszechnie znane satelity systemu Starlink są poważnym zagrożeniem dla funkcjonowania obserwacji radiowych na niskich częstotliwościach (Di Vruno, i in., 2023; Grigg i in., 2025). Niestety przed szkodliwym wpływem promieniowania satelitów nie uchroni się ani astronomia optyczna ani radioastronomia. Miejsca dla tych dziedzin trzeba szukać poza Ziemią.

Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, astronomia jaką do tej pory uprawiamy boryka się z wieloma problemami związanymi z istnieniem atmosfery. Wydaje się więc czymś naturalnym, by astronomowie przenieśli swoje wszystkie teleskopy poza Ziemię. Operacja ta będzie bardzo kosztowna. Kosmiczne teleskopy Hubble'a czy Jamesa Webba kosztowały wiele miliardów dolarów. Nadzieja w tym, że techniki wynoszenia ładunków na orbitę i ich serwisowanie w przestrzeni kosmicznej spowszednieją i będą znacząco tańsze.

Radioastronomia w przestrzeni kosmicznej

Radioastronomowie posiadają już duże doświadczenie w prowadzeniu obserwacji w przestrzeni kosmicznej. W 1986 roku zostały umieszczone na orbicie dwie czasze systemu Tracking and Data Relay Satellite System (USA) o średnicy 5 metrów każda, operujące na długości fali 2 i 13 cm. W 1997 roku rozpoczęło działalność VLBI Space Observatory Program, który przy pomocy japońskiego satelity Highly Advanced Laboratoryfor Communication and Astronomy (HALCA) i 9 m anteny dawał możliwość prowadzenia obserwacji na 6 i 18 cm. Prowadzenie obserwacji jednocześnie z powierzchni Ziemi i teleskopu HALCA dawały możliwość osiągnięcia bardzo dużej zdolności rozdzielczej uzyskiwanych obrazów. Eksperyment działał do 2003 roku. W latach 2011-2019 operował w przestrzeni okołoziemskiej rosyjski satelita Spektr-R, na którego pokładzie znajdowała się czasza 10 m radioteleskopu. Historia kosmicznej interferomertii wielkobazowej została szczegółowo opisana w pracy Gurvitsa (2023).

Trwają obecnie wysiłki by umieścić prosty radioteleskop (dipolowy) na Księżycu. 15 lutego 2024 roku na pokładzie lądownika Odysseus w ramach misji „IM-1" programu NASA's Commercial Lunar Payload Services wyniesiono instrument o nazwie Radio-wave Observation at the Lunar Surface of the photo-Electron Sheath (ROLSES-1). ROLSES-1 wylądował w pobliżu południowego bieguna Księżyca. Był przeznaczony do prowadzenia obserwacji pomiędzy 5 kHz a 30 MHz. Pomimo częściowego niepowodzenia tej misji intensywne prace nad radioteleskopem księżycowym wciąż trwają (Burns i in. 2026).

Literatura

[1] Baade, W., Minkowski, R., 1954, ApJ, 119, 206
[2] Bennett, A.S., 1962a, MmRAS, 68, 163
[3] Bennett, A.S., 1962b, MNRAS, 125, 75
[4] Best, P.N., Kauffmann, G., Heckman, T.M., i in., 2005, MNRAS, 362, 25
[5] Bock, D.C.-J., Large, M.I., Sadler, E.M., 1999, AJ, 117, 1578
[6] Burns, J.O., Bowman, J., Changar, T.-C., i in., 2026, eprint arXiv:2601.16170
[7] Carilli, C.L., Rawlings, S., NewAR, 2004, 48, 979
[8] Condon, J.J., ApJ, 1984, 287, 461
[9] Condon, J.J., 1999, Proc. National Academy of Science, 96, 4756
[10] Condon, J.J., Cotton, W.D., Greisen, E.W., i in., 1998, AJ, 115, 1693
[11] Curtis, H., 1918, Publications of Lick Observatory, 13, 9
[12] Di Vruno, D., Winkel, B., Bassa, C.G., i in., 2023, A&A, 676, 75
[13] Fanaroff, B.L., Riley, J.M., 1974, MNRAS, 167P, 31
[14] Gitti, M., Brunetti, G., Feretti, L., Setti, G., 2004, A&A, 417, 1

[15] Gregory, P.C., Condon, J.J., 1991, ApJSS, 75, 1011
[16] Gregory, P.C., Scott, W.K., Douglas, K., Condon, J.J., 1996, ApJSS, 103, 427
[17] Grigg, D., Tingay, S.J., Sokolowski, M., 2025, A&A, 699, 307
[18] Gupta, Y., Ajithkumar, B., Kale, H. S., i in., 2017, Csci, 113, 707
[19] Gurvits, L.I., 2023, eprint arXiv:2306.17647
[20] Hibbard, J.J., Burns, J.O., MacDowall, R., i in., 2025, eprint arXiv:2503.09842
[21] Hota, A., Dabhade, P., Machado, P., i in., 2025, MNRAS, 543, 1048
[22] Hotan, A.W., Bunton, J.D., Chippendale, A.P., i in., 2021, PASA, 38, 9
[23] Hurley-Walker, N., Callingham, J.R., Hancock, P.J., i in., 2017, MNRAS, 464, 1146
[24] Ignesti, A., Shimwell, T., Brunetti, G., i in., 2020, A&A, 643, 172
[25] Intema, H.T., Jagannathan, P., Mooley, K.P., Frail, D.A., 2017, A&A, 598, 78
[26] Jackson, C.A., Wall, J.V., 1999, MNRAS, 304, 160
[27] Jansky, K.G., 1932, Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 20, 1920
[28] Jansky, K.G., 1933, Nature, 132, 66
[29] Jennison, R.C., Das Gupta, M.K., 1953, Nature, 172, 996
[30] Jonas, J., MeerKAT Team, 2016, Proc. Sci., MeerKAT Science: On the Pathway to the SKA, SISSA, Trieste, PoS#1
[31] Kellermann, K.I., Moran, J.M., 2001, ARAA, 39, 457
[32] Kumari, S., Pal, S., Hardcastle, M.J., Horton M.A., 2024, A&A, 689, 301
[33] Kumari, S., Pal, S., Manik, S., 2025, ApJ, 987, 10
[34] Lacy, M., Baum, S.A., Chandler, C.J., 2020, PASP, 132, 5001
[35] Laing, R.A., Riley J.M., Longair, M.S., 1983, MNRAS, 204, 151
[36] Ledlow, M.J., Owen, F.N., Keel, W.C., 1998, ApJ, 495, 227
[37] Mauch, T., Murphy, T., Buttery, H.J., i in. 2003, MNRAS, 342, 1117
[38] McConnell, D., Hale, C.L., Lenc, E., i in., 2020, PASA, 37, 48
[39] Norris, R.P., Hopkins, A.M., Afonso, J., i in., 2011, PASA, 28, 215
[40] Norris, R.P., Intema, H.T., Kapinska, A., i in., 2021, PASA, 38, 3
[41] Norris, R.P., Marvil, J., Collier, J.D., i in., 2021, PASA, 38, 46
[42] Reber, G., 1944, ApJ, 100, 279
[43] Rengelink, R.B., Tang, Y., de Bruyn, A.G., i in., 1997, A&AS, 124, 259
[44] Ryle, M., 1952, RSPSA, 211, 351
[45] Ryle, M., Clarke, R.W., 1961, MNRAS, 122, 349
[46] Ryle, M., Scheuer, P.A.G., 1955, RSPSA, 230, 448
[47] Ryle, M., Vonberg, D.D., 1946, Nature, 158, 339
[48] Sethi, S., Kuźmicz, A., Hunik, D., Jamrozy, M., 2025, A&A, 699, L4
[49] Scheuer, P.A.G., 1974, MNRAS, 166, 513
[50] Shimwell, T.W., Hardcastle, M.J., Tasse, C. i in., 2026, eprint arXiv:2602.15949
[51] Sullivan, W.T., 1982, Classics in radio astronomy, Studies in the History of Modern Science, 10, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland
[52] Tingay, S.J., Goeke, R., Bowman, J.D., i in., 2013, PASA, 30, 7
[53] Urry, C.M., Padovani, P., 1995, PASP, 107, 803
[54] van Haarlem, M.P., Wise, M.W., Gunst, A.W., i in., 2013, A&A, 556, 2
[55] Wayth, R.B., Lenc, E., Bell, M.E., i in., 2015, PASA, 32, 25

TURBULENCJA – pierwsza wystrzelona w Polsce studencka rakieta na paliwo ciekłe

Emilia Andres, Mikołaj Ostrowski, Mikołaj Sala, Jowita Maciejny, Artur Brdej, Mikołaj Cichoń, Artur Banko, Antoni Łasica, Mariusz Gibiec

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
AGH Space Systems

Wstęp

Napędy rakietowe na paliwo ciekłe stanowią podstawę współczesnego przemysłu kosmicznego, jednak ze względu na wysoką złożoność techniczną, wymagania bezpieczeństwa oraz konieczność zaawansowanego zaplecza testowego, rzadko pojawiają się w projektach studenckich lub amatorskich. W polskim środowisku akademickim przez wiele lat dominowały konstrukcje z silnikami na paliwo stałe lub hybrydowe, które oferują prostszą konstrukcję lecz posiadają mniejszą sprawność. Od 2016 roku zespół rakietowy KN AGH Space Systems, pracujący w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie prowadził program prototypów napędów na paliwo ciekłe w małej skali. Efektem tych prób było zrodzenie się w 2017 roku projektu „Turbulencja" – pierwszej polskiej rakiety na paliwo ciekłe opracowanej przez studentów. Projekt zakładał zbudowanie rakiety o ciągu 3 kN zdolnej osiągnąć pułap 9 km. Prace rozpoczęto od budowy eksperymentalnego silnika rakietowego na paliwo ciekłe, opartego na podtlenku azotu, który został ukończony w 2017 roku. W tym prototypie paliwo było zewnętrznie sprężane azotem. Aby sprawdzić wykonalność pełnego cyklu samodoprężania skonstruowano silnik Zawisza Z500 - niewielki stanowiskowy

silnik o mocy 500 N. Równolegle pracowano nad awioniką oraz strukturą rakiety. W 2018 roku projekt Turbulence zajął 2. miejsce w kategorii Liquid/Hybrid high altitude podczas zawodów Spaceport America Cup dzięki ogólnej jakości projektu i unikalnemu podejściu do systemu napędowego. Na początku 2019 roku przeprowadzono kampanię testów ogniowych, których rezultaty przedstawiono w pracy Tomasza Palacza i in. [1]. Uzyskano zachęcające rezultaty jednocześnie identyfikując problemy z szacowaniem strumienia masowego utleniacza, niestabilnością przepływu obu materiałów pędnych oraz jakością wykonania wtryskiwacza. Dla dokładnego zbadania tego problemu zbudowano stanowisko eksperymentalne, które może symulować komorę spalania i ustawiać ciśnienie pary na zadanym poziomie. Niestety w późniejszych latach projekt został wstrzymany na rzecz rozwoju dużych rakiet hybrydowych. Wiosną 2022 roku Turbulencja została reaktywowana i prace nad projektem rozpoczęły się od nowa, celem zbudowania i wystrzelenia pierwszej rakiety na paliwo ciekłe AGH Space Systems.

Turbulencja

Turbulencja jest pierwszą studencką rakietą na paliwo ciekłe w Polsce. Jest to rakieta sondująca, której celem jest demonstracja lotu rakiety zasilanej silnikiem rakietowym na paliwo ciekłe. Turbulencja ma 4.5 m długości i średnicę 20 cm. Posiada ona masę startową 79 kg, z czego 20 kg to materiały pędne i może osiągnąć pułap nawet 5100 m. Czyni ją to drugą najwyższą oraz najpotężniejszą rakietą zbudowaną przez zespół AGH Space Systems. Turbulencja ma konstrukcję modularną i składa się z czterech głównych przedziałów: przedziału napędowego zawierającego silnik i układ hydrauliczny, zbiornika ciśnieniowego, przedziału awioniki i ładunków badawczych oraz przedziału odzysku. Modularność konstrukcji umożliwia łatwą wymianę elementów w przypadku wprowadzenia zmian projektowych lub usterek. Rakieta posiada przestrzeń ładunkową na ładunki rozmiaru 3U. Rakieta jest w stanie wynieść ładunek o masie do 10 kg na pułap 4 km.

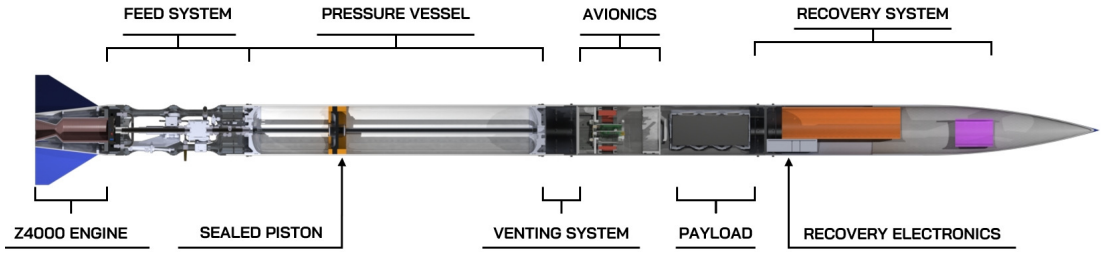
Rakietę napędza silnik Zawisza 4000 generujący maksymalny ciąg 4.5 kN i impuls całkowity 32 kNs. Silnik pracuje w cyklu samoprężnym spalając mieszankę podtlenku azotu i etanolu w stężeniu 96%. Charakterystyczną cechą Turbulencji jest jeden wspólny zbiornik ciśnieniowy na paliwo, w którym oba propelanty rozdzielone są ruchomym tłokiem.



Rysunek 1. Prototyp rakiety Turbulencja na zawodach SAC 2019.

Rozwiązanie to umożliwia sprężenie obydwóch materiałów pędnych oparami podtlenku azotu, który ze względu na wysoką prężność par pozwala utrzymać ciśnienie propelantów na adekwatnie wysokim poziomie.

Pracę silnika kontroluje zaprojektowany przez studentów komputer pokładowy, który również zbiera dane telemetryczne podczas lotu. Turbulencja jest rakietą pasywnie stabilną, co oznacza że nie wykorzystuje żadnych systemów aktywnej kontroli trajektorii. Stabilność aerodynamiczną zapewniają jej 4 stateczniki umieszczone na wysokości silnika. Rakieta jest wyposażona w dwustopniowy system odzysku co umożliwia wielokrotne oblatywanie konstrukcji. Opiera się on na dwóch spadochronach, spadochronie hamującym i spadochronie głównym. Kadłub rakiety wykonany jest z lekkich laminowanych materiałów kompozytowych. Poszczególne moduły łączą aluminiowe łączniki.



Rysunek 2. Schemat rakiety Turbulencja z podpisanymi głównymi przedziałami rakiety.

W lipcu 2025 roku, po trzech latach ciężkiej pracy oraz intensywnych testów, rakieta wykonała swój pierwszy lot testowy na poligonie w Toruniu zapisując się w historii jako pierwsza studencka rakieta na paliwo ciekłe i największa tego typu konstrukcja w Polsce.

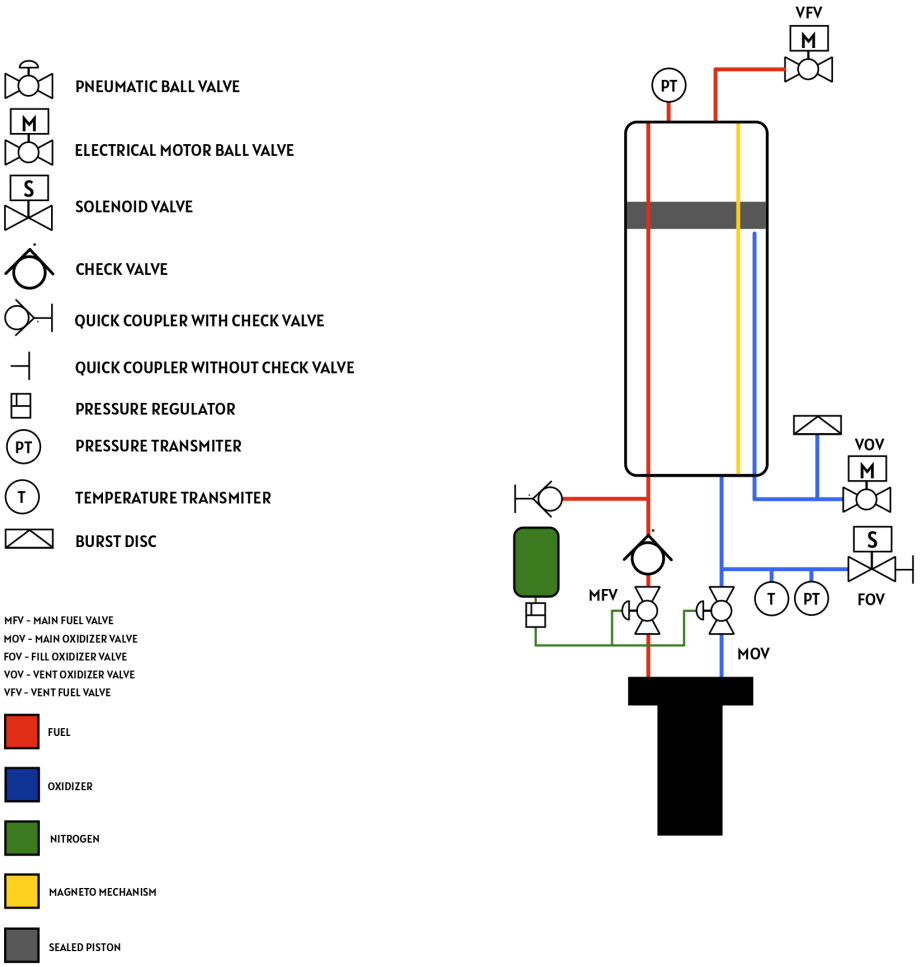


Rysunek 3. Docelowa iteracja rakiety Turbulencja podczas zawodów European Rocketry Challenge 2024.

Układ napędowy

Ze względu na swoją złożoność układ napędowy był największym wyzwaniem projektu. W przeciwieństwie do wcześniej używanych silników hybrydowych, silniki na paliwo ciekłe wymagają wysokiej synchronizacji wszystkich zaworów oraz systemu zapłonu w celu włączenia silnika. Opóźnienie któregokolwiek elementu może skutkować niestabilnym zapłonem lub nawet detonacją silnika. Układ napędowy Z4000 składa się z czterech głównych elementów: Zbiornika ciśnieniowego, układu hydraulicznego, silnika Z4000 i systemu zapłonu. Wszystkie te elementy muszą razem współpracować celem zapewnienia bezpiecznej pracy silnika. Zużywając 20 kg materiałów pędnych układ napędowy Z4000 w czasie 10.5 s generuje 32 kNs impulsu całkowitego. Maksymalny ciąg silnika wynosi 4.5 kN, a impuls właściwy 218 s.

Układ napędowy rakiety Turbulencja działa na bazie cyklu samoprężnego. Oznacza to że w układzie napędowym nie znajduje się dedykowany system doprężania, który aktywnie kontroluje ciśnienie materiałów pędnych. Zamiast tego materiał pędny o wysokiej prężności par, w tym przypadku podtlenek azotu, jest przechowywany w postaci ciekłej pod wysokim ciśnieniem. Układ jest w równowadze termodynamicznej co umożliwia występowanie poduszki gazowej w zbiorniku, która jest medium roboczym. Podczas pracy silnika, ubytek masowy wyprowadza układ z równowagi termodynamicznej, zmniejszając ciśnienie poniżej ciśnienia parowania w danej temperaturze, co skutkuje parowaniem cieczy i uzupełnieniem utraconej objętości. Podczas pracy silnika podtlenek azotu się wychładza i nie jest w stanie nadążyć z uzupełnianiem ciśnienia w zbiorniku przez co obserwowany jest liniowy spadek ciśnienia



Rysunek 4. Schemat układu napędowego rakiety Turbulencja.

i ciągu silnika. Obecność ruchomego tłoka zapewnia równe ciśnienie etanolu i podtlenku. Poduszka gazowa podtlenku naciska na tłok sprężając paliwo.

Kluczowym aspektem jest doprowadzenie zbiornika do stanu równowagi termodynamicznej przed uruchomieniem silnika. Zbyt szybkie nagrzewanie zbiornika może skutkować różnicą temperatur między zbiornikiem a podtlenkiem i wysokim spadkiem ciśnienia. Brak poduszki powietrznej pod tłokiem również skutkuje opóźnionym wejściem w cykl samoprężny i wysokim spadkiem ciśnienia. Dlatego podczas testów statycznych silnika zespół opracował procedurę tankowania, która zapewnia optymalne warunki do uruchomienia silnika.

Procedura działania układu napędowego prezentuje się w następujący sposób: Do zbiornika ciśnieniowego tankowany jest etanol i następnie podtlenek azotu. Podtlenek azotu jest tankowany aż do kompletnego wypełnienia przestrzeni pod tłokiem cieczą co jest określane na bazie zachowania się ciśnienia w zbiorniku oraz koloru chmury wydostającej się z linii odpowietrzającej zbiornik. Po zakończeniu tankowania odłączany

jest wąż tankowania utleniacza i przeprowadzony jest proces odpowietrzenia utleniacza w celu utworzenia poduszki powietrznej. Otwierany jest zawór odpowietrzania na czas około 15 sekund celem pozbycia się nadmiaru substancji w zbiorniku na bazie wyliczeń przed tankowaniem. Metoda ta okazała się być najbardziej precyzyjną metodą uzyskania poduszki. Następnie zbiornik jest podgrzewany przez zewnętrzny system grzewczy celem zwiększenia ciśnienia par podtlenku azotu do 65 barów. 15 sekund przed uruchomieniem silnika następuje ostatnie krótkie odpowietrzenie zbiornika celem pobudzenia podtlenku azotu do parowania w całej objętości i zejścia do ciśnienia operacyjnego 63 Bar. Jeśli kontrola misji nie zaobserwuje przez następne 15 sekund żadnych anomalii rozpoczyna się sekwencja zapłonu. W momencie uruchomienia silnika uruchamiany jest zapalnik zamontowany w silniku, a następnie 800 ms później otwierane są dwa główne zawory kontrolujące przepływ materiałów pędnych. Etanol i podtlenek azotu spotykają się w komorze spalania, w której są mieszane i atomizowane przez wtryskiwacz zderzeniowy, i wchodzą w reakcję spalania uruchamiając silnik.



Rysunek 5. Układ napędowy podczas przygotowań do testów.

Zbiornik ciśnieniowy

Zbiornik ciśnieniowy wykonany jest z aluminium 2017. Jego ścianki mają grubość 5 mm umożliwiając mu wytrzymanie ciśnień ponad 120 atmosfer. Zbiornik zamknięty jest dwoma aluminiowymi kopułkami wyposażonymi w redundantne uszczelnienia z polimeru EPDM. W środku zbiornika umieszczony jest szczelny ruchomy tłok, który umożliwia sprężenie

etanolu oparami podtlenku azotu. Wyposażony jest on również w magnes neodymowy umożliwiający jego łatwą lokalizację. Tłok umieszczony jest na dwóch prowadnicach wykonanych z stali nierdzewnej 316l. Prowadnice i tłok pokryte są teflonem co umożliwia łatwe przemieszczanie się tłoka z minimalnym tarciem. Jedna z prowadnic służy jako kanał systemowy, przez który biegną wszystkie połączenia elektryczne między awioniką a układem napędowym oraz sieć czujników magnetycznych określających pozycję tłoka z dokładnością do milimetra. Druga prowadnica służy jako linia doprowadzania etanolu do układu hydraulicznego. Celem zapewnienia odpowietrzania przestrzeni pod tłokiem, wykorzystano zamontowany do jego spodu wąż teflonowy podłączony do dolnej kopułki, dzięki czemu możliwe jest usuwanie substancji spod tłoka niezależnie od jego pozycji. Dolna kopułka posiada również czujnik temperatury i podłączenia linii głównych. Górna kopułka wyposażona jest w podłączenie linii odpowietrzania paliwa i czujnik ciśnienia paliwa. Konstrukcja zbiornika wymusza prowadzenie testów w konfiguracji pionowej, dlatego wszystkie testy przeprowadzono na hamowni na terenie Obserwatorium Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim.



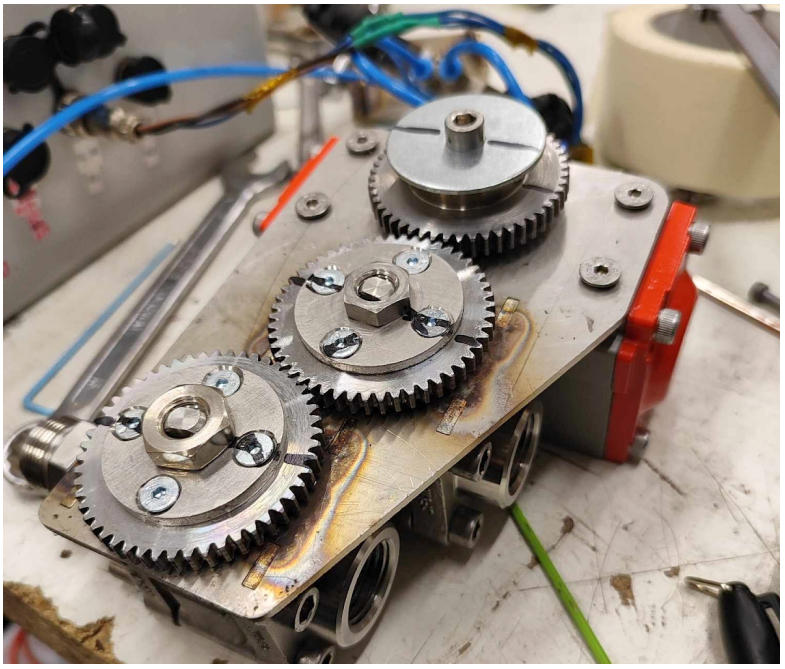
Rysunek 6. Przekrój zbiornika ciśnieniowego.

Układ hydrauliczny

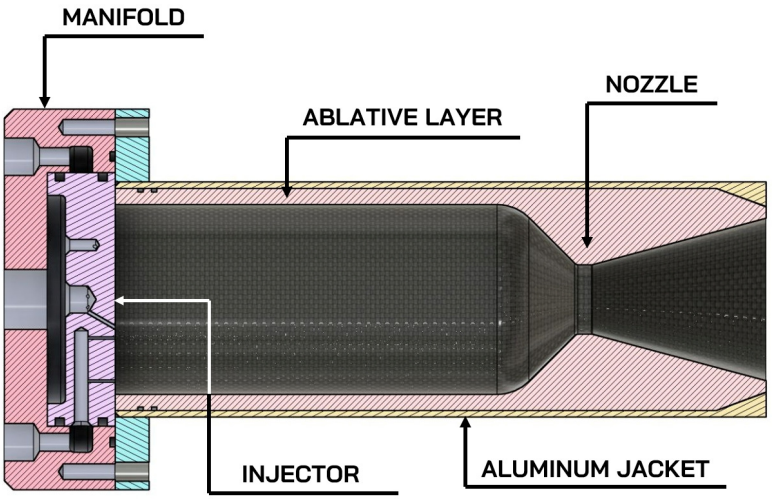
Układ hydrauliczny Turbulencji przeszedł przez kilka kluczowych iteracji. Pierwsza iteracja wykorzystywała mieszaninę siłowników pneumatycznych i serwomechanizmów na liniach głównych, lecz to rozwiązanie nie zapewniało synchronizacji zaworów kulowych. Dlatego wprowadzono serwomechanizmy na obydwa zawory główne silnika. Rozwiązanie to początkowo sprawdzało się lecz obserwowano drobne rozjazdy w czasach otwierania się zaworów pomiędzy testami. Przy czwartej próbie odpalenia silnika doszło do znacznego opóźnienia otwarcia zaworu paliwa co w połączeniu z wadliwym wtedy systemem zapłonu doprowadziło do awarii silnika. Czwarta iteracja układu napędowego rozwiązała te problemy poprzez mechaniczne sprzężenie obydwóch zaworów wspólną

przekładnią zasilaną przez siłownik obrotowy. Rozwiązanie okazało się wielkim sukcesem pomyślnie synchronizując powtarzalnie obydwa zawory.

Czwarta iteracja układu hydraulicznego składa się z tak zwanego „górnego feedu" i „feedu głównego". Górny feed składa się z linii odpowietrzania paliwa używanej podczas tankowania etanolu. Główny feed składa się z dwóch linii głównych, na których znajdują się zawory główne odpowiedzialne za uruchomienie silnika. Do linii głównych podłączone są linie tankowania, poprzez które materiały pędne są wprowadzane do zbiornika ciśnieniowego. Dodatkowo do kopułki podłączona jest linia odpowietrzania paliwa. Wszystkie linie hydrauliczne wykonane są z rur precyzyjnych ze stali 316L i są uszczelniane złączami zaciskowymi FITOK. Siłownik pneumatyczny zasilany jest przez dedykowany układ pneumatyczny wyposażony w mały zbiornik ze sprężonym powietrzem. Zbiornik wypełniony jest azotem pod ciśnieniem 12 atmosfer i posiada zapas na 3 ruchy siłownika podczas lotu. Schemat układu hydraulicznego przedstawiono na Rysunku 4. Linie główne podłączone są przez tłoczki hydrauliczne do kolektora silnika dzięki czemu przez rury nie są przenoszone naprężenia podczas lotu.



Rysunek 7. Mechanizm zaworów głównych czwartej iteracji.



Rysunek 8. Schemat silnika Z4000.

Silnik Z4000

Silnik Z4000 składa się z 4 kluczowych elementów, kolektora, wtryskiwacza, komory spalania i dyszy. Zadaniem aluminiowego kolektora jest równomierna dystrybucja materiałów pędnych wprowadzonych przez układ hydrauliczny do kanałów wtryskiwacza. Jest on również punktem montażowym silnika do struktury rakiety. Z4000 wykorzystuje prosty wtryskiwacz zderzeniowy. Jego zadaniem jest zapewnienie odpowiedniej bariery ciśnieniowej między silnikiem a układem hydraulicznym, regulacja przepływu obydwóch materiałów pędnych i ich adekwatną atomizację i mieszanie. Wtryskiwacz zapewnia stosunek utleniacza do paliwa o wartości 4.25 i umożliwia przepływ do 2.1 kg/s. Sprawność spalania wynosi 91%. Komora spalania silnika Z4000 pierwotnie miała być wykonana z materiałów kompozytowych. Komora taka jednak byłaby jednorazowa co podniosłoby koszt każdego testu. Dlatego wykorzystano rozwiązanie hybrydowe komory z kompozytowej warstwy ablacyjnej odpowiedzialnej za chłodzenie silnika i aluminiowego płaszcza, który utrzymuje wysokie ciśnienie 46 atmosfer. Rozwiązanie to osiągnęło podobną masę do komory kompozytowej, ważąc jedynie 2.7 kg. Dysza silnika Z4000 jest stożkową dyszą de Lavala, której geometrię obliczono korzystając z programu NASA CEA. Pierwotnie dysza miała być wykonana również z materiału ablacyjnego, lecz jego wysoka erozja w gardle dyszy spowodowała spadek sprawności silnika i wprowadzono wkładkę grafitową, podobnie jak do silników hybrydowych opracowanych wcześniej przez AGH Space Systems.



Rysunek 9. Silnik Zawisza 4000 w trakcie uzbrajania przed testem. Zamontowany jest układ zapłonu oparty o komercyjny wyrób pirotechniczny.

System odzysku

Zadaniem systemu odzysku jest sprowadzenie rakiety bezpiecznie na ziemię w kontrolowany sposób. Wybrano architekturę dwustopniowego systemu odzysku. Pierwszy stopień wykorzystuje spadochron hamujący by ustabilizować spadek rakiety i spowolnić ją do prędkości 30 m/s. Spadochron ten wyrzucany jest w apogeum lotu. Następnie na wysokości 500-1000 m (w zależności od ustaleń kontroli lotu w dniu startu) wypuszczany jest spadochron główny, spowalniający rakietę do bezpiecznej prędkości 6 m/s. Architektura ta redukuje naprężenia jakie doznaje konstrukcja w momencie wyrzutu spadochronu i poprzez wysoką prędkość spadku w pierwszej fazie zejścia ogranicza dystans, który rakieta pokonuje z powodu wiatru.

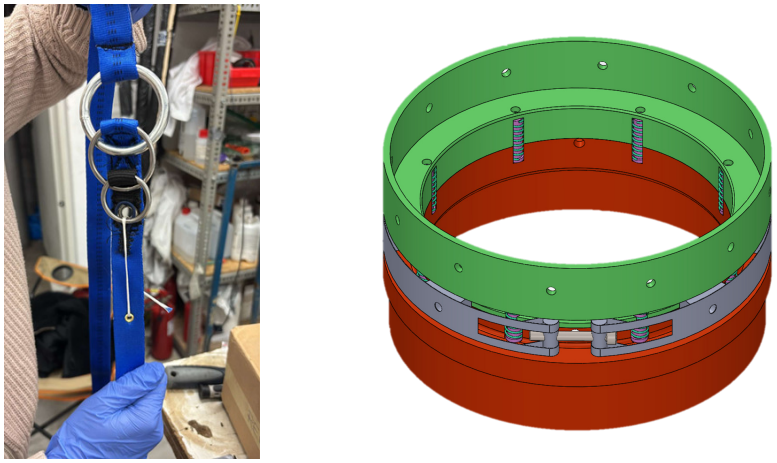
W pierwszej iteracji rakiety planowane było wykorzystanie 4 spadochronów wyrzucanych z boku rakiety przez system pneumatyczny, dwóch spadochronów hamujących i dwóch spadochronów głównych, jednak z powodu wysokiej złożoności architektura ta została odrzucona.

Druga iteracja zakładała pirotechniczny wyrzut głowicy i spadochronu hamującego, a następnie wyzwolenie spadochronu głównego przez system tender-descender, który pozwoliłby spadochronowi hamującemu wyciągnięcie spadochronu głównego. Zaprojektowano spadochron hamujący o średnicy 1.6 m i spadochron główny o średnicy 4.5 m. Druga iteracja systemu odzysku została skonstruowana i zaprezentowana na międzynarodowych zawodach European Rocketry Challenge 2024, jednak ze względu na nieukończenie testów napędowych rakieta odbyła swój pierwszy lot dopiero 8 miesięcy później.



Rysunek 10. Po lewej, spadochron hamujący, po prawej spadochron główny.

Przez ten czas zespół opracował znacznie lżejszy system odzysku, na bazie sprężyn, który nie wykorzystywał materiałów pirotechnicznych. Wprowadzono nowy mechanizm wyrzutu głowicy, oparty o łączenie typu bandclamp, w ramach którego pierścienie separacyjne są sztywno połączone przez opaskę z blachy sprężynowej. Opaska zapięta jest liną Dyneema, która jest przepalana przez drut oporowy. Przepalenie linki zwalnia opaskę i pierścienie separacyjne. Pozwala to 8 stalowym sprężynom wystrzelenie głowicy, w której znajduje się spadochron hamujący. System pasów wyciąga spadochron hamujący z głowicy umożliwiając jego otworzenie. Mechanizmem blokującym spadochron główny był tzw. mechanizm trójkółkowy, polegający na połączeniu 2 pasów na zasadzie zaplatania o siebie 3 stalowych kół o różnych średnicach zabezpieczonych liną Dyneema. Podobnie jak w mechanizmie wyrzutu głowicy, na lince opleciono 2 druty oporowe, tak by spalić linę i zwolnić mechanizm. W przyszłości, ze względu na podejrzenia blokowania się mechanizmu w locie, mechanizm ten zostanie zastąpiony systemem szybkozłączy pneumatycznych. Uszyte wcześniej spadochrony poddano testom zrzutowym i wykorzystano w nowym systemie. Przeprowadzono liczne testy naziemne wszystkich nowych mechanizmów celem weryfikacji ich działania.

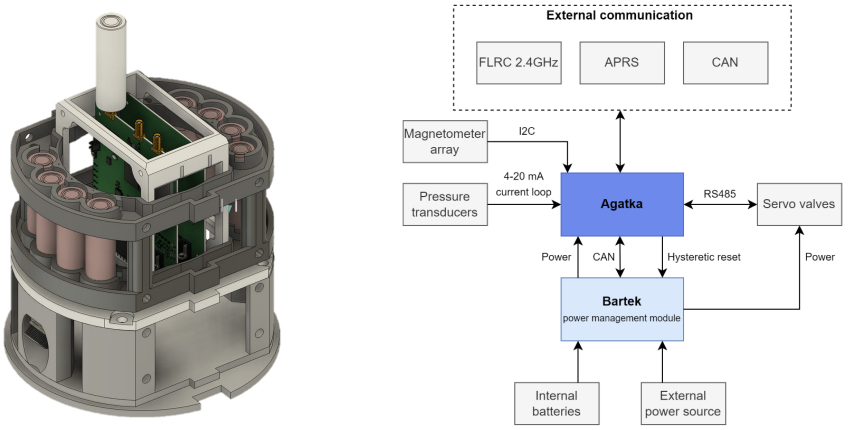


Rysunek 11. Mechanizmy systemu odzysku. Po lewej, mechanizm trójkółkowy, po prawej, model mechanizmu wyrzutu głowicy.

System awioniki

Awionika do Turbulencji została opracowana na podstawie wieloletnich doświadczeń z rozwoju komputera pokładowego w poprzednich rakietach hybrydowych. Głównym założeniem projektowym była modularność systemu pozwalająca na szybką obsługę i przygotowanie komputera przed startem oraz uproszczenie ewentualnych napraw. Dodatkowo istotne było utrzymanie poprzedniej architektury oprogramowania, co znacząco przyspieszyło proces tworzenia kodu. Na tej podstawie powstał 2-modułowy komputer pokładowy podzielony na część zasilającą i sterującą. Całość zawiera płytkę łączącą, która pozwala na wprowadzenie kolejnych elementów w przyszłości. Moduł zasilania „Bartek" pozwala na zasilanie rakiety zarówno z baterii jak i ze stacji naziemnej oraz na dowolne przełączanie się między mini. Baterie zapewniają zasilanie aż do 10 h pracy, co daje bezpieczny margines czasowy na start oraz odzysk. Płytka ta gromadzi również dane telemetryczne o stanie zasilania podczas lotu. Pozwala na podłączanie do niego urządzeń o różnorakich wymaganiach takich jak serwomechanizmy, cewki zaworów pneumatycznych czy kamerki. Moduł sterujący „Agatka" odpowiedzialny jest za wszystkie krytyczne elementy misji: pobiera dane z czujników rakiety, steruje serwozaworami oraz zaworami pneumatycznymi. Gromadzi również dane telemetryczne o locie rakiety z czujnika 9DOF, barometru oraz GPS. Wszystkie te dane zapisywane są na karcie SD, a wybrane z nich przesyłane w czasie rzeczywistym obsługi lotu. Za komunikację podczas lotu odpowiada również „Agatka". W tym celu wykorzystywany jest protokół LoRa FLRC 2.4 GHz. Komunikacja pomiędzy modułami odbywa się za pomocą magistrali CAN. Obie płytki wyposażone są w mikrokontrolery STM32, które programowane są w języku C w oparciu o system

czasu rzeczywistego FreeRTOS. Awionika w takiej konfiguracji została wykorzystana z powodzeniem podczas pierwszego udanego lotu rakiety Turbulencja, gdzie wypełniła wszystkie stawiane przed nią wymagania. Analiza danych zebranych z lotu pozwoliła na przygotowanie poprawek, które zostają sukcesywnie implementowane w przygotowaniu do startu na zawodach FAR-OUT 2026.



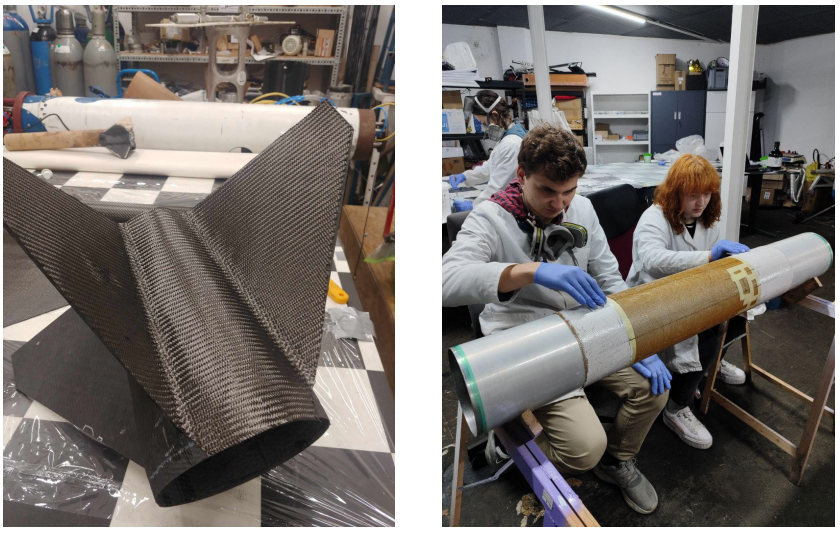
Rysunek 12. Model komputera pokładowego i schemat awioniki rakiety.

Aerostruktura

Większość widocznych z zewnątrz elementów strukturalnych rakiety Turbulencja wykonana jest z materiałów kompozytowych. Do ręcznego wykonania głowicy na formie zostało użyte włókno szklane. Obudowa przedziału odzysku została stworzona z hybrydowej tkaniny węglowo-aramidowej. Część zawierającą awionikę z uwagi na konieczność przepuszczania fal radiowych zespół wykonał z włókna szklanego z przekładką z aramidowego plastra miodu – jest to jeden z najnowszych i jednocześnie stosunkowo najlżejszych elementów kompozytowych w rakiecie. Przestrzeń układu hydraulicznego między zbiornikiem ciśnieniowym a talią zejściową łączy aluminiowa klatka, której szkieletowa konstrukcja była projektowana z myślą o łatwym dostępie do hydrauliki znajdującej się wewnątrz. Talia zejściowa oraz stateczniki zostały wykonane metodą infuzji z włókna węglowego, następnie połączone klejem metakrylowym oraz wzmocnione zewnętrznie dodatkowymi warstwami włókna (wycięte płaty tkaniny były układane w położeniu statecznik-fragment talii zejściowej-statecznik co pozwoliło zachować ciągłość włókien w tych obszarach i wzmocnić połączenia klejone). Wszystkie strukturalne elementy z materiałów kompozytowych zostały wykonane z użyciem żywicy epoksydowej (głównie L285). Połączenia poszczególnych segmentów zostały zrealizowane przy użyciu łączników, połączeń typu radax, lub

niestandardowych rozwiązań jak w przypadku połączenia głowicy z kadłubem (bandclamp).

Materiały kompozytowe doskonale poradziły sobie podczas pierwszego lotu Turbulencji. Ultralekki przedział awioniki po locie nie doznał żadnych widocznych uszkodzeń. Zespół kompozytów planuje w przyszłości zastąpić wszystkie elementy kadłuba rozwiązaniami tej postaci. Planowana jest także kolejna iteracja talii zejściowej wraz ze statecznikami mająca na celu optymalizację masy kompozytu.



Rysunek 13. Produkcja elementów kompozytowych.

Testy układu napędowego

Testy silnika Z4000 zajęły najwięcej czasu podczas rozwoju Turbulencji. Na hamowni w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi w Rzepienniku Biskupim przeprowadzono trzy główne kampanie testowe. W 2023 roku podjęto próbę odpalenia pierwszej iteracji silnika jednak ze względu na liczne błędy konstrukcyjne test zakończył się niepowodzeniem. Po przeprojektowaniu układu napędowego w 2024 roku na przestrzeni dwóch wyjazdów zespół wykonał trzy udane testy silnika, podczas których ze względu na błędy produkcyjne we wtryskiwaczu osiągnięto rekordowy ciąg 5 kN, jednak przy niższej sprawności. Podczas czwartego testu w maju przy próbie przeprowadzenia testu na pełen czas pracy kombinacja warunków pogodowych i wadliwego mechanizmu otwierania zaworów oraz systemu zapłonu poskutkowała detonacją silnika. Opóźnienie wtrysku paliwa spowodowało „zdmuchnięcie” świecy zapłonowej, co pozwoliło częściowo napełnić się komorze spalania propelantami. Pierwsza mała detonacja nie uszkodziła silnika, ale wyrzuciła świecę zapłonową na deflektor. Pozwoliło to na ponowne napełnienie się

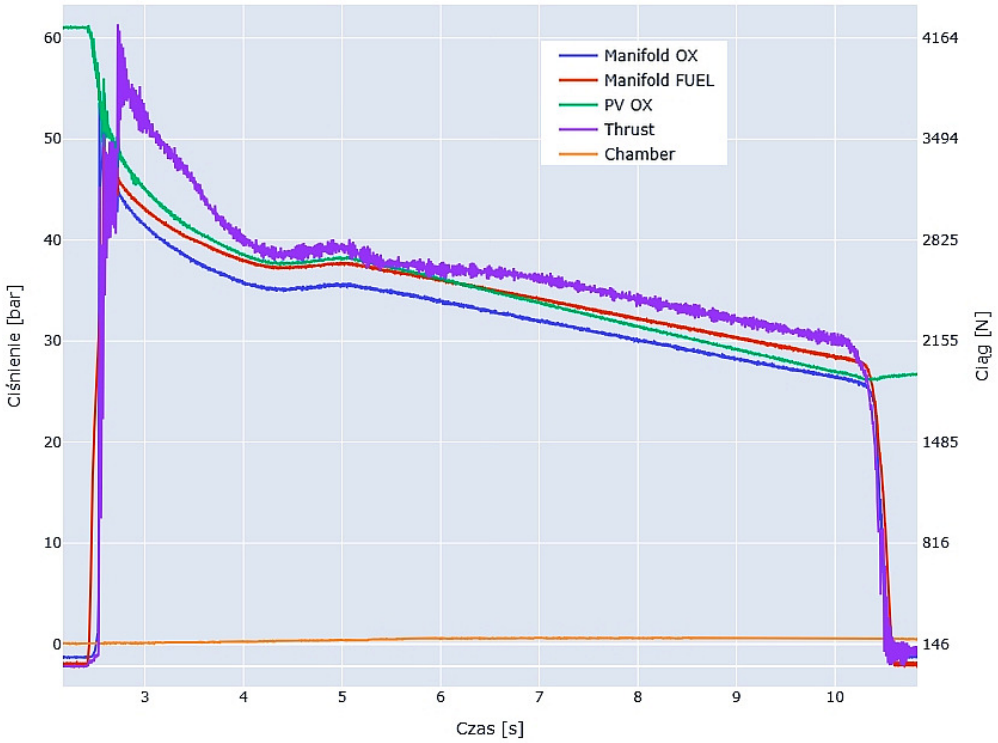
tym razem całej komory. Strumień wymieszanych propelantów został wypluty na deflektor, gdzie ponownie zapalił się od świecy zapłonowej, co spowodowało drugą większą detonację, która zniszczyła silnik. Tak poważna awaria wymagała znacznego przeprojektowania układu napędowego przed podjęciem ponownych prób. Z tego też powodu na zawodach EUROC 2024 Turbulencja nie odbyła lotu.



Rysunek 14. Efekt wizualny towarzyszący eksplozji silnika.

Po wprowadzeniu sprzężonego mechanizmu otwierania zaworów i poprawie systemu zapłonu w 2025 roku zespół wrócił do testowania silnika. Na przestrzeni trzech wyjazdów udało się przeprowadzić 12 udanych testów. Podczas pierwszego wyjazdu w marcu zespół wykonał 4 testy, dwa testy o czasie pracy 1 sekundy, test 5 sekundowy i test 8 sekundowy. Pomimo bezpiecznej i stabilnej pracy silnika zaobserwowano dwa główne problemy. Pomiar ciśnienia w silniku wykazywał nierealistyczne wartości, oraz we wszystkich czterech testach na początku pracy występował wysoki spadek ciągu. Po analizie danych zespół doszedł do wniosku że błędny odczyt ciśnienia jest spowodowany przegrzaniem czujnika, a spadek ciągu brakiem ustalenia się stanu równowagi termodynamicznej w zbiorniku przed odpaleniem. Rozwiązanie pierwszego problemu było proste, gdyż wymagało jedynie instalacji dłuższego kanału ciśnieniowego do czujnika, który działał jak wymiennik ciepła, zapobiegając przegrzaniu czujnika. Jednak rozwiązanie problemu spadku ciśnienia wymagało głębszej analizy procesów zachodzących w zbiorniku.

W kwietniu zespół wrócił na hamownię celem empirycznego opracowania nowej metody tankowania na bazie analizy poprzednich danych. W tym celu przeprowadzono pięć testów optymalizacyjnych. Już



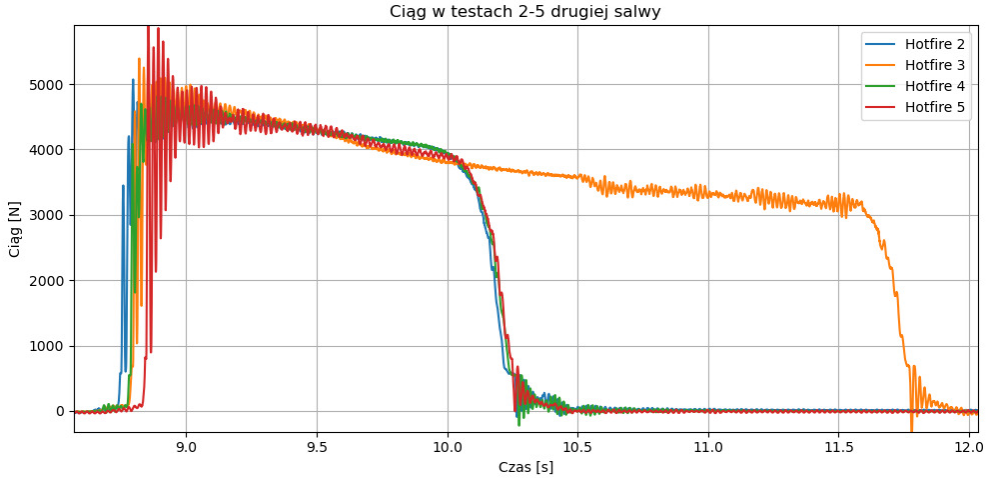
Rysunek 15. Wykresy czterech testów przeprowadzonych w marcu 2025.

za drugim testem udało się rozwiązać problem spadku ciągu poprzez wytworzenie adekwatnej poduszki powietrznej i odpowiedniego dogrzania zbiornika. Następne trzy testy potwierdziły wysoką powtarzalność pracy silnika. Po testach optymalizacyjnych w rakiecie zamontowano silnik lotny z testową kompozytową dyszą. Jednak złe oszacowanie zużycia paliwa w późniejszych fazach pracy na pełnej mocy sprawiły iż test trwał jedynie 9 s. Również dysza kompozytowa uległa wysokiej erozji, co jest widoczne na Rysunku 15. Zespół podjął decyzję o powrocie do wykorzystywanych wcześniej wkładek grafitowych. Mimo tych problemów test wykazał, że docelowa komora spalania jest w stanie wytrzymać długi czas pracy silnika.

Na początku czerwca zespół powrócił po raz trzeci na hamownię celem zademonstrowania pełnej nominalnej pracy silnika. Po krótkim odpaleniu weryfikacyjnym zbiornik został poprawnie zatankowany do pełna i przeprowadzono trwający 10.5 sekundy test statyczny silnika. Po skończeniu się fazy ciekłej podtlenku azotu w zbiorniku silnik zgasł ze względu na niedobór utleniacza i pozostałości propelantów w zbiorniku zostały wypuszczone przez dyszę. Test ten wykazał gotowość napędu Z4000 do lotu i zakończył rozwój silnika Z4000.



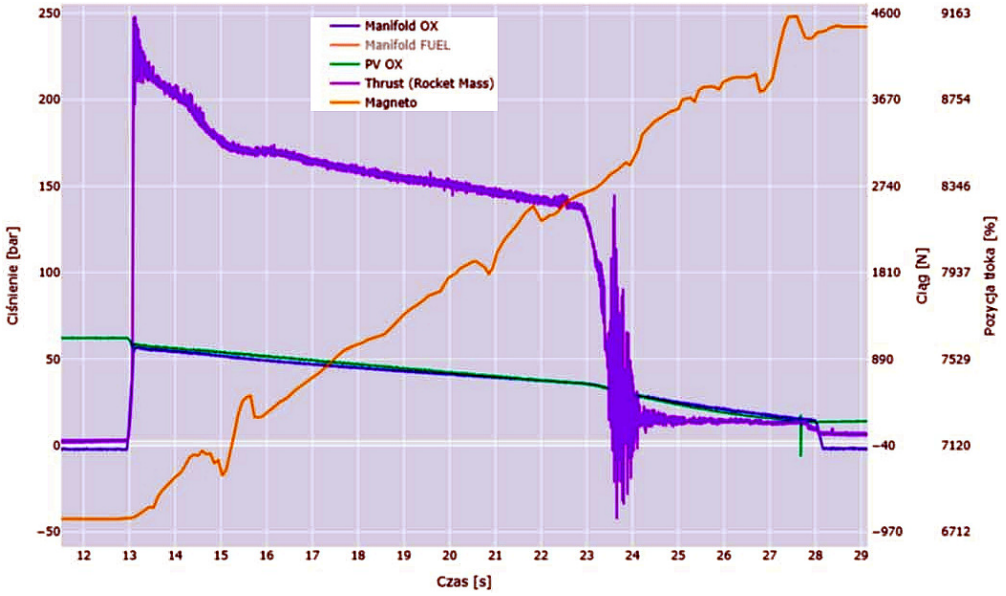
Rysunek 16. Po lewej, Widok wnętrza wkładki ablacyjnej i dyszy po odpaleniu silnika, widoczne ubytki w strukturze dyszy. Po prawej, ujęcie z kamery inżynieryjnej silnika w trakcie testu.



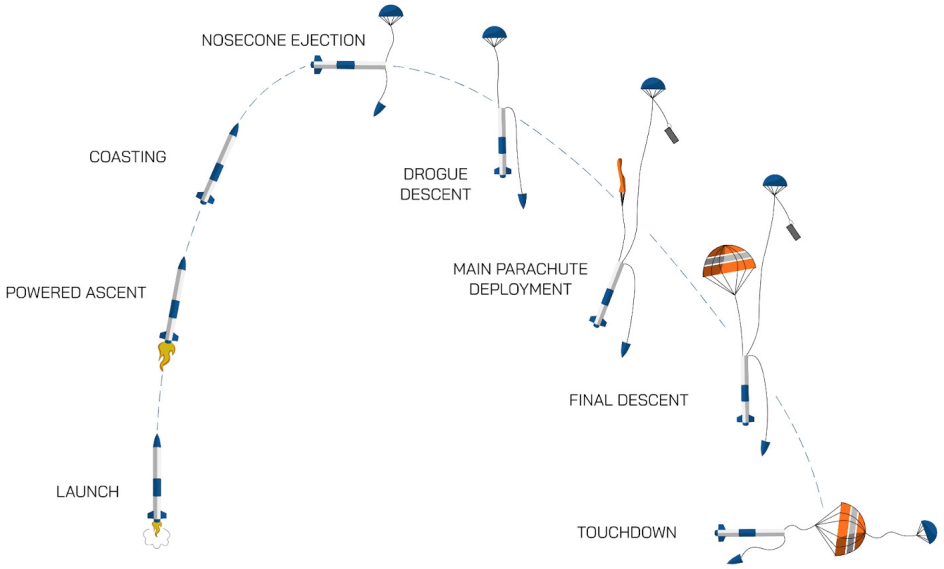
Rysunek 17. Zestawienie czterech testów po rozwiązaniu problemu spadku ciągu.

Lot testowy na terenie poligonu w Toruniu

Po zakończeniu fazy testowej zespół rozpoczął przygotowania do lotu. Rakieta została pomalowana i zintegrowana celem przeprowadzenia testów wszystkich podsystemów. Nominalny plan lotu zakładał wzniesienie się na pułap co najmniej 4800 m, wyrzucenie spadochronu hamującego, a na wysokości 500 m wyzwolenie spadochronu głównego. Cały lot miał trwać 4 minuty i 5 sekund. Ze względu na wysokie ryzyko rakieta nie posiadała ładunku badawczego, zamiast tego w ładowni umieszczono personalne przedmioty członków zespołu oraz dwa papierowe kubeczki na kawę z kawiarni Spodek, której właściciel wylicytował możliwość wystrzelenia przedmiotu w rakiecie podczas aukcji charytatywnej. Profil lotu przedstawiono na Rysunku 19.



Rysunek 18. Wykres ciągu na pełnym zatankowaniu.



Rysunek 19. Grafika konceptowa lotu Turbulencji.

Pierwsza próba startu odbyła się 26 lipca na poligonie w Toruniu w ramach wydarzenia Loty Rakiet Eksperymentalnych. Jednak opóźnienia w integracji systemu odzysku i awaria wyrzutni tuż przed podniesieniem rakiety do pozycji pionowej zmusiły zespół do anulowania startu. Druga próba została podjęta następnego dnia, tym razem z wykorzystaniem mniejszej wyrzutni firmy SpaceForest. W przeciągu dwóch godzin rakieta została postawiona na wyrzutni i pomimo trudnych warunków pogodowych rozpoczęto tankowanie. Podczas tankowania utleniacza doszło do awarii czujnika tensometrycznego co zmniejszyło dokładność tankowania, w analizie danych z lotu zespół doszedł do wniosku że masa zatankowanego utleniacza wyniosła jedynie 14-15 kg. Procedura grzewcza ze względu na ciężkie warunki pogodowe uległa znacznemu

przedłużeniu. Trudne warunki powodowały problemy w zasilaniu lamp grzewczych. Ostatecznie ze względu na zbliżający się koniec dozwolonego okna startowego zespół podjął decyzję o starcie na ciśnieniu zbiornika poniżej ciśnienia operacyjnego. W efekcie silnik pracowałby z ciągiem jedynie 3 kN, lecz wykonane wcześniej symulacje wskazywały na bezpieczny przebieg również takiego scenariusza.

O godzinie 15:53 rakieta rozpoczęła sekwencję zapłonu i pomyślnie wzniosła się z wyrzutni znikając w chmurach. Ze względu na niższy ciąg silnik pracował 11 sekund i po 35 sekundach rakieta osiągnęła najwyższy punkt trajektorii 4862 m nad punktem startu i wyrzuciła spadochron hamujący. Wyrzut spadochronu wystąpił jednak z sekundowym opóźnieniem i po analizie odzyskanej rakiety zespół doszedł do wniosku że doszło do kolizji spadochronu hamującego z wystrzeloną wcześniej głowicą co doprowadziło do uszkodzenia spadochronu. W efekcie rakieta opadała z prędkością 50 m/s i ustabilizowała się w orientacji horyzontalnej. Połączenie tych dwóch zmiennych utrudniło wyzwolenie spadochronu głównego i rakieta częściowo wyhamowała prędkość spadku na koronie drzew, przed spadnięciem na ziemię. Pomimo awarii spadochronu Turbulencja wróciła z swojego pierwszego lotu w zaskakująco dobrym stanie. do największych uszkodzeń należą pęknięcia w kadłubie przedziału odzysku, delaminacja jednego ze stateczników oraz zniszczenie aluminiowej klatki i elementów układu hydraulicznego, które przyjęły na siebie dużą część uderzenia. Uszkodzeniu uległ również komputer pokładowy, który w momencie kolizji z drzewem został zerwany ze swojego mocowania. Pozostałe elementy rakiety wróciły jednak w zaskakująco dobrym stanie i będą wykorzystane ponownie w przyszłości.



Rysunek 20. Rakieta Turbulencja po swoim pierwszym locie wraz z zespołem startowym.

Projekt Turbulencji zredefiniował sposób realizacji projektów w AGH Space Systems, wprowadzając nowe wyzwania dla zespołu. Jego realizacja pozwoliła członkom nabyć bezcenne umiejętności w zakresie techniki

rakietowej, które zostaną wykorzystane w przyszłych rakietach zespołu oraz pomogą członkom sekcji rakiet podczas przyszłej pracy w polskim sektorze kosmicznym. W momencie swojego lotu Turbulencja była drugą oraz największą w Polsce tego typu konstrukcją, popychając do przodu krajową dziedzinę techniki rakietowej.

Plany na przyszłość

Po udanym zrealizowaniu projektu Turbulencja zespół AGH Space Systems wyznaczył sobie ambitny cel do zrealizowania w przeciągu najbliższych lat, jakim jest opracowanie studenckiej rakiety kosmicznej. Ten ambitny cel będzie wymagał konstrukcji wielu konsekwentnie coraz większych rakiet i rozwinięcia kolejnych zaawansowanych technologii. Pierwsza z tych rakiet, Turbulencja 2, będzie projektowana na bazie lekcji odbytych przy projekcie Turbulencja. Będzie to 5-metrowa konstrukcja ze znacznie bardziej zaawansowanym układem napędowym, zdolna przekroczyć prędkość dźwięku. Dodatkowo rakieta ta będzie posiadała pierwszy w historii AGH Space Systems system aktywnej kontroli trajektorii w postaci hamulców aerodynamicznych. Planowany lot Turbulencji 2 ma się odbyć jesienią 2027 roku.

Przed konstrukcją nowej rakiety zespół planuje przeprowadzenie drugiego lotu rakiety Turbulencja w maju 2026 roku. Zostaną przedtem wprowadzone liczne poprawki na bazie doświadczeń z pierwszego lotu – głównie w zakresie systemu odzysku. Podczas tego lotu rakieta wyposażona będzie również w ładunek badawczy ELSA 2.0, rozwijający systemy podtrzymywania życia. Dodatkowo wprowadzone będą inne rozwiązania planowane w rakiecie Turbulencja 2, takie jak usprawniona awionika czy lżejsza struktura. Po niemal dwuletniej przerwie w lotach rakiet AGH Space Systems, udany lot testowy Turbulencji nadał nową dawkę entuzjazmu zespołowi, który z zapałem marzy o lataniu częstszym, szybszym i coraz wyżej.

Literatura

[1] Palacz T., Postulka B., Drożdż P. i in.: Design And Development Of A Nitrous Oxide / Alcohol Sounding Rocket Technology Demonstrator, 8TH EUROPEAN CONFERENCE FOR AERONAUTICS AND AEROSPACE SCIENCES (EUCASS), 2019.

Mission infussion – tworzenie kompozytów o kosmicznej geometrii

Emilia Andres

Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie, Koło Naukowe AGH Space Systems

Streszczenie: Zrobienie kompozytu w procesie infuzji może sprawiać trudności, a co dopiero jeśli ten kompozyt posiada przestrzenny kształt? W prezentacji zostały poruszone tematy związane z produkcją talii zejściowej do rakiety Turbulencja oraz niuanse związane z wytwarzaniem kompozytów o niestandardowej geometrii w procesie infuzji. Przedstawiony został proces produkcyjny – od pomysłu po końcowe wykonanie elementu – wraz z trudnościami powstałymi w trakcie oraz sposobami poradzenia sobie z nimi.

Infuzja

Infuzja to proces wytwarzania materiałów kompozytowych poprzez dostarczenie żywicy do suchego materiału zamkniętego w specjalnym foliowym worku, w którym wcześniej wytworzono próżnię. Infuzją można wykonywać różnego rodzaju części – od małych płyt kompozytowych po kadłuby statków. W kole naukowym AGH Space Systems w sekcji kompozytów rakiet w ostatnich kilku latach wspomnianą wcześniej metodą produkowane były głównie płyty kompozytowe, które z uwagi na swoją płaską geometrię były stosunkowo łatwe do opanowania i wytwarzania. Stąd pojawiło się pytanie czy bylibyśmy w stanie wykonać tą metodą element o bardziej wymagającej strukturze przestrzennej. Pytanie to zbiegło się w czasie z wykonywaniem w podsekcji kompozytów talii zejściowej do rakiety Turbulencja.

Talia zejściowa dla Turbulencji

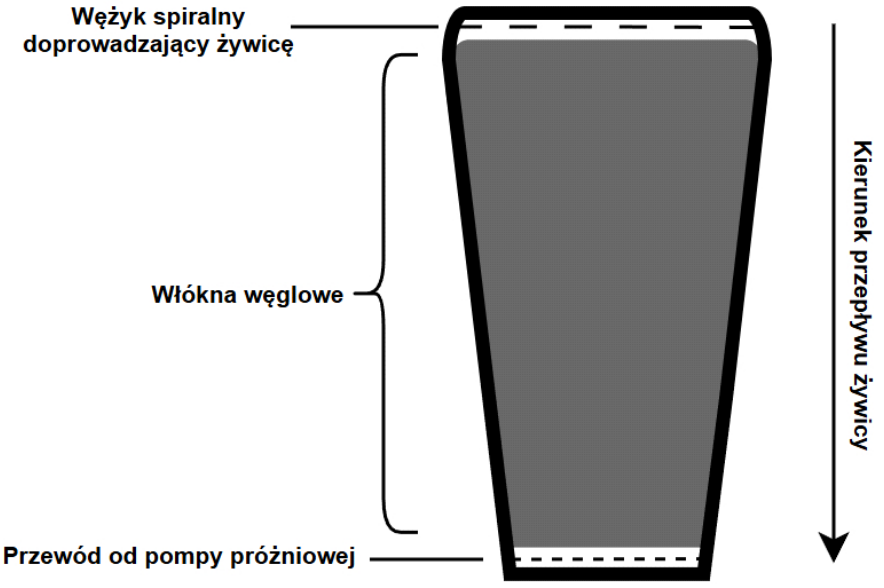
Powstał projekt wykonania elementu o kształcie ściętego stożka stworzonego z włókien węglowych i żywicy epoksydowej. Element musiał oprócz

swojej niskiej masy być także na tyle wytrzymały aby wytrzymać siły przenoszone na niego poprzez stateczniki, dla których talia zejściowa jest niejako stelażem. Wątpliwości jakie pojawiały się w zespole, i które były szczególnie intensywnie omawiane przed rozpoczęciem prac, to:

– jak zaplanować rozmieszczenie linii doprowadzania żywicy by zapewnić równomierny przepływ spoiwa?

– jak umieścić wszystko (zarówno włókna jak i akcesoria do infuzji) na małej przestrzennej powierzchni ograniczonej przez formę?

Biorąc pod uwagę wcześniejsze doświadczenie, zdecydowaliśmy się na przepływ wzdłuż wykonywanej części, doprowadzając żywicę równomiernie na górnym obwodzie. Odpowiednio większe kopyto zostało wykonane z pianki oraz zabezpieczone warstwą rozdzielczą w postaci folii stretch oraz delaminażu.



Rysunek 1. Schemat przedstawiający rozmieszczenie poszczególnych elementów do infuzji.

Na tak przygotowany materiał zostały nałożone wcześniej wycięte warstwy włókien węglowych o splocie twill 2×2. Włókna zostały przymocowane do siebie i formy przy użyciu kleju w sprayu do infuzji. Po nałożeniu zewnętrznych warstw rozdzielczych, warstwy do odprowadzania nadmiaru żywicy, warstwy siatki rozprowadzającej żywicę oraz worka próżniowego podłączono jeden przewód z żywicą do wężyka spiralnego wewnątrz formy i rozpoczęto przesączanie włókien, które ostatecznie udało się w pełni przesączyć i wykonać element.



Rysunek 2. Wykonywanie formy oraz układanie włókien.



Rysunek 3. Gotowy element przed zdjęciem z formy.

Wnioski

Wnioski i przemyślenia, które pojawiły się po skończonej pracy są następujące:

- Układanie ręczne włókien w tej metodzie jest nieoptymalne i skutkuje późniejszymi problemami ze zwijaniem się włókien w worku z zaaplikowaną próżnią. Powstałe odkształcenia mogą potencjalnie wpływać na obniżenie wytrzymałości gotowej części.
- Przesączanie włókien używając jedynie siatki infuzyjnej może być niewystarczające do większych elementów, gdyż zaobserwowano widoczne spowolnienie przesączania się żywicy od połowy długości włókien. Przy używaniu żywicy z czasem pracy 60 min tempo przepływu mogłoby być lepsze aby zminimalizować ryzyko niedosączenia ostatnich partii włókien.

- Metoda infuzji na przestrzennych kształtach daje obiecujące rezultaty i przy udoskonaleniu wybranych punktów produkcyjnych może być dobrym sposobem wytwarzania elementów kompozytowych o wysokiej jakości i wytrzymałości a jednocześnie o niskiej masie. Docelowo infuzją mogły być wykonywane elementy przestrzenne takie jak: rury, głowice czy talie zejściowe wraz ze statecznikami.

BIOLOGEN: The Potential of Bioluminescent Algae in Life Support Systems in Space

Anna Błąd[1,2], Oliwia Pająk[1,3], Wojciech Liwacz[1,2], Julia Godzwon[1,3], Zuzanna Dybcio[1,2], Emilia Stacherczak[1,2]

[1] AGH University, Cracow
[2] KN AGH Space Systems
[3] SKN Nucleus (at AGH)

Abstract: The BIOLOGEN project focuses on studying the bioluminescent algae *Pyrocystis noctiluca* and their potential to support life support systems in space. The aim of the project is to understand how these algae respond to microgravity and cosmic radiation, as well as to evaluate their ability to produce oxygen and generate light in space conditions. *P. noctiluca* algae possess the unique ability to bioluminesce, making them a promising candidate for use as an alternative light source, as well as for monitoring physiological changes in response to stress. The project consists of several phases. Initially, Earth-based tests will be conducted to develop a bioreactor for algae cultivation. The system will then be transported to the International Space Station (ISS), where it will operate autonomously, collecting data on algae growth, oxygen production, and bioluminescence intensity. After the samples return to Earth, detailed studies will be conducted to assess the impact of microgravity on the health of the algae. BIOLOGEN aims to support the development of self-sustaining life support systems, which will be critical for long-duration space missions, such as missions to Mars. The results may contribute to increasing the autonomy of future missions by improving air quality and lighting in space.

Introduction

The BIOLOGEN (BIOluminescent aLgae Oxygen GENerator) project focuses on evaluating the potential applications of bioluminescent algae

in future space missions. Its primary goal is to understand how these algae respond to microgravity and cosmic radiation, as well as to evaluate their ability to produce oxygen and generate light in space conditions. This project is carried out by students from the AGH University of Krakow, involved in the AGH Space Systems student's research group. The aim is to assess the resilience of selected algal species and their photosynthetic and luminescent efficiency in space environments, as a key factor in life support systems for space exploration.

The fundamental objective of the BIOLOGEN project is to determine whether bioluminescent algae, particularly *Pyrocystis noctiluca*, can survive and function in microgravity while maintaining their ability to perform photosynthesis and produce both oxygen and light. The intensity of bioluminescence has been chosen as an indicator of physiological stress in these organisms, providing insight into their adaptive mechanisms under the unique conditions of microgravity.

Pyrocystis noctiluca, a dinoflagellate species, generates light through biochemical reactions catalyzed by the enzyme luciferase. Bioluminescence, a key characteristic of this species, is significant for space applications. Light produced by the algae could be potentially used as an alternative lighting source in extraterrestrial environments.

Additionally, *P. noctiluca* is an autotrophic organism capable of photosynthesis, converting carbon dioxide into oxygen. This capability is particularly crucial for long-term space missions, where maintaining air quality and atmosphere composition is essential for crew survival.

The BIOLOGEN project represents a groundbreaking endeavor, aiming to send bioluminescent algae to the International Space Station (ISS) to study their adaptability in microgravity. By examining the photosynthetic and bioluminescent performance of these organisms, the project seeks to unlock innovative solutions for sustaining life in space.

Project progress

The first step in the implementation of the BIOLOGEN project is to develop a prototype system on Earth. During this phase, preliminary functional tests will be conducted, and a bioreactor will be prepared, as a crucial component in algae cultivation.

Following the successful completion of Earth-based tests, the BIOLOGEN system will be deployed to the International Space Station (ISS), where it will operate fully autonomously. During the mission, the system will collect data on algae growth rates, oxygen production, and changes

in bioluminescence intensity. The results will be compared with data from a control group remaining on Earth, enabling a comprehensive analysis of the effects of microgravity on algae functionality.

The final phase of the experiment will focus on data analysis after the samples are returned to Earth. This stage will include assessments of algae health and comparisons with control group data to evaluate the overall impact of the space environment on the organisms. Conducting an experiment in space requires compliance with specific standards. The BIOLOGEN has been designed according to ICE Cube (International Commercial Experiment Cubes Service).

The BIOLOGEN project has the potential to pave the way for utilizing bioluminescent algae as a source of oxygen and emergency lighting in space missions. The success of this initiative could significantly enhance the self-sufficiency and efficiency of long-term space missions while supporting the development of technologies essential for further exploration of outer space.

Characteristics of Selected Algae

Pyrocystis noctiluca is a unicellular organism from the dinoflagellate family, naturally occurring primarily in saltwater ocean environments. This species exhibits bioluminescence, the emission of light as a result of a chemical reaction in which luciferase catalyzes the oxidation of luciferin [1]. The light emitted by *P. noctiluca* is a response to stress stimuli [2], making it a unique organism for studying the impact of extreme conditions on cellular functions. In the context of space missions, this property is particularly significant, as the light generated by the algae could serve as an alternative source of illumination, acting as an emergency lighting source in case of system failures.

P. noctiluca is an autotrophic organism, meaning it can independently carry out photosynthesis, converting carbon dioxide into oxygen. This ability is crucial in the space environment, where limited access to resources demands efficient, self-sustaining life support systems. The oxygen production by *P. noctiluca* could support the crew, especially during long-term space missions, where maintaining an appropriate atmosphere presents a significant technological challenge.

Studying the stress response of *P. noctiluca* to microgravity and cosmic radiation provides valuable insights into the adaptation of organisms to space conditions. The ability of these algae to generate bioluminescence in response to stress can serve as an indicator of physiological

changes, allowing for the monitoring of their health status. Due to these properties, *P. noctiluca* is a promising model organism in the BIOLOGEN project, which aims to support the development of life support systems and enhance the self-sufficiency of future space missions.

Review of Studied Algal Species

The history of space missions involving algae dates back to the 1960s. By 2018, various species of algae were studied on the International Space Station (ISS), primarily from the genus *Chlorella*, including *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa, Chlorella sorokiniana*, and *Chlorella ellipsoidea*. Other studied green algal species included *Chlamydomonas reinhardtii, Scenedesmus obliquus, Rosenvingiella radicans*, and *Sphaerocystis sphaerocystiformis*. Additionally, cyanobacteria such as *Nostoc sphaeroides, Gloeocapsa sp.*, and *Anabaena siamensis*, as well as the euglenoid *Euglena gracilis*, were also studied in space.

During space missions such as Soyuz 19, the effect of microgravity on the survival and mitotic processes of *Chlamydomonas reinhardtii* cells was analyzed. The results showed reduced cell survival, changes in ultrastructure, and abnormalities in cell division, which may reflect the effects of cosmic radiation and environmental stress in space [3].

Studies on oxygen regeneration in the International Space Station (ISS) cabin using a photobioreactor with a culture of algae such as *Limnospira indica* (formerly *Spirulina*) indicate the effectiveness of this approach in space conditions. As part of the demonstration project, long-term functional tests of the photobioreactor and gas exchange system were carried out, which showed the ability of algae to convert carbon dioxide into oxygen via photosynthesis. The system is based on the circulation of a liquid transporting oxygen and CO_2 between the photobioreactor and the ISS cabin, which allows for the regeneration of the atmosphere in a closed environment [4].

Experimental studies have proven that long-term algae cultivation in microgravity conditions is possible and stable, making such systems a key element of future long-term space missions. Photobioreactors of this type can not only regenerate oxygen, but also support other functions in life support systems, such as CO_2 removal or biomass production. The results of the studies also suggest that parameters such as light intensity and gas flow have a significant impact on photosynthetic efficiency and system stability.

Despite numerous studies on various algal species, bioluminescent algae have never before been tested in space [5], making the BIOLOGEN project unique. Bioluminescence, both stimulated and spontaneous, in marine dinoflagellates was first described using the species *Pyrocystis lunula*, which exhibits properties similar to *Pyrocystis noctiluca*. These studies complement ongoing projects, such as the MELiSSA project [6], which aims to develop regenerative life support system technologies for long-term space missions.

The BIOLOGEN project introduces a new dimension in space research, focusing on the bioluminescent algae *Pyrocystis noctiluca* and their reactions to microgravity, creating new possibilities for supporting future space missions

Initiatives of ESA and NASA

The BIOLOGEN project supports international initiatives such as the European Space Agency's (ESA) ExPeRT (Exploration Preparation Research and Technology) program and aligns with key technological areas developed by ESA in the field of Advanced Life Support Systems [7].

One of ESA's priorities is to develop innovative methods for oxygen production, atmospheric purification, and oxygen recycling with minimal water consumption, enabling precise control of the environment and air quality in closed systems, such as spacecraft cabins. ESA emphasizes the potential value of Bioregenerative Closed Ecological Life Support Systems (CELSS), which are based on elements of terrestrial ecosystems and have relatively low energy requirements, making them a promising solution for long-duration exploratory missions.

The BIOLOGEN project, which utilizes bioluminescent algae *Pyrocystis noctiluca* for oxygen and light production, aligns with the CELSS concept, where "producers" are photosynthetic biological organisms such as microalgae. In a CELSS system, these organisms support the crew by acting as "consumers" and work in tandem with "degraders" and "recyclers," such as fermentative and nitrifying bacteria. Together, they form a complex ecosystem capable of sustaining life for extended periods in space environments.

NASA, through its Science Program [8], places significant emphasis on studying the responses, acclimatization, and adaptation of biological systems (animals, plants, microorganisms) to the conditions of space. The BIOLOGEN project, by investigating the response of algae to microgravity and cosmic radiation, contributes to expanding knowledge in

this area. Experiments conducted on the ISS will provide data that can support the development of life support systems based on biological processes, aligning with the strategic goals of ESA and NASA to enhance the autonomy and self-sufficiency of future space missions.

Summary

The BIOLOGEN project investigates the bioluminescent algae Pyrocystis noctiluca in the context of their ability to produce oxygen and light under conditions of microgravity and cosmic radiation. The goal is to understand and analyze the response of these algae to extreme space environments and their potential to support life support systems in space. Research conducted on the International Space Station will provide valuable data that could contribute to the development of technologies aimed at enhancing the autonomy and self-sufficiency of future space missions.

Acknowledge: This research did received grant: IDUB 500-696-9400/12 L34 application no. 9030.

Bibliography

[1] Biggley W.H. et al., Stimulable and Spontaneous Bioluminescence in the Marine Dinoflagellates, Pyrodinium bahamense, Gonyaulax polyedra, and Pyrocystis lunula. Journal of General Physiology, 1969 Jul 1;54(1):96-122, https://doi.org/10.1085/jgp.54.1.96

[2] Cussatlegras A.S., Le Gal P., Bioluminescence of the dinoflagellate Pyrocystis noctiluca induced by laminar and turbulent Couette flow, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2004 Oct 28;310(2):227-46, https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.04.012

[3] Dubinin N.P. et al., Biological investigations of higher and lower plants aboard Soyuz 19.. Life sciences in space research, (1977).;15:113-118, https://typeset.io/papers/biological-investigations-of-higher-and-lower-plants-aboard-12f6r2iov5

[4] Chapuis D. et al., Oxygen Regeneration by Algae Cultivation in Photo-Bioreactor for ISS Cabin Technology Demonstrator. (2020)

[5] Hauslage J. et al., Pyrocystis noctiluca represents an excellent bioassay for shear forces induced in ground-based microgravity simulators (clinostat and random positioning machine). npj Microgravity. 2017 Apr 24;3(1):1-7, https://doi:10.1038/s41526-017-0016-x

[6] https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/MELiSSA_life_support_project_an_innovation_network_in_support_to_space_exploration

[7] https://www.esa.int/About_Us/Business_with_ESA/Business_Opportunities/ExPeRT_Exploration_Preparation_Research_and_Technology

[8] https://science.nasa.gov/biological-physical/programs/space-biology

Krakowskie rakiety badawcze

Andrzej Chwastek

Polskie Towarzystwo Rakietowe

Gdy poproszono mnie o przedstawienie tematu krakowskich rakiet badawczych podczas konferencji Meet the Space, nie wahałem się i ucieszyłem. Od lat przypominam ludziom ten mało znany fragment naszej historii techniki. Jakby zapytać ludzi, nawet ze środowiska zainteresowanego kosmosem, astronautyką, o historię naszych rakiet, to coś usłyszelibyśmy o Siemienowiczu i niewiele o programie rakiet „Meteor" z lat 1963-1972. Ale nic nie bierze się znikąd. Sukcesy rakietowego sondażu atmosfery z lat 1965-1970 były rozwinięciem prac badawczych prowadzonych przez środowisko krakowskie w latach 1957-1965. Określenie „małe jest piękne" ma również zastosowanie do rakiet. Praca u podstaw, zdobywanie doświadczenia miało charakter systematyczny i progresywny. To droga między innymi prof. Itokawy z Japonii, który zaczynał od małych rakiet o nazwie „Pencil".

Marząc o kosmosie, o rakietach, garstka zapaleńców pod przewodnictwem inżyniera Jacka Walczewskiego, w ramach nowo powstałego Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, zaczęła nie tylko teoretyzować, ale przejść do działania. Z inspiracji i za wsparciem Kazimierza Kordylewskiego, słynnego krakowskiego astronoma, założyciela i prezesa Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Astronautycznego, udało się stworzyć w 1958 Komórkę Techniki Rakietowej i Fizyki Atmosfery przy Zakładzie Silników Cieplnych AGH. Działała ona dwa lata. Już w październiku 1958 z terenu Pustyni Błędowskiej startuje mała rakieta RM-1 (Rakieta Meteorologiczna 1). Mała, stalowa konstrukcja, z drewnianą głowicą, na jednej lasce paliwa typu balistytu (długość 82 cm, średnica 6.6 cm, masa 4.3 kg w tym paliwo 1 kg). Paliwo oraz korpusy silników wycofanych z użytku rakiet typu „Katiusza" M-8 i M-13 były podstawą działania krakowskiej grupy rakietowej.

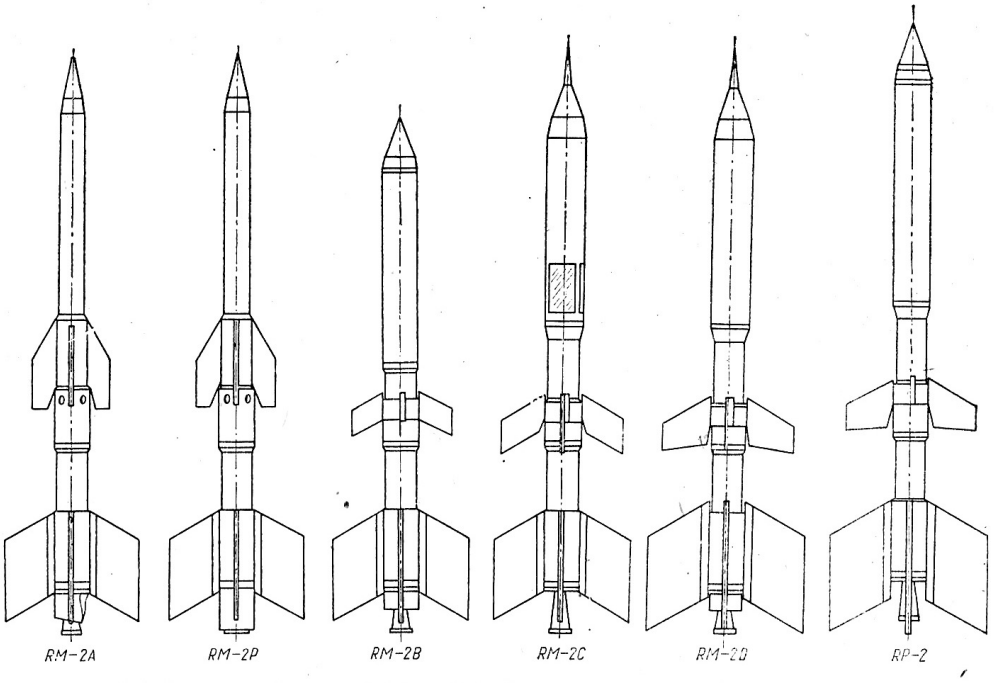
Rozwój konstrukcji oraz ogólny plan testów był przemyślany. Jako główne zastosowanie cywilne rakiet wykazano sondaż atmosfery w celu badań fizykochemicznych oraz dostarczenia danych dla meteorologi.



Jacek Walczewski (1931-2013) przy rakiecie RM-1A (1958).

Wtedy, wobec braku satelitów badawczych, sondaż rakietowy był jedyny do uzyskania danych z atmosfery na wysokościach powyżej pułapu balonów. Analizowano dwa tory uzyskania docelowych pułapów: rakieta wielostopniowa, lub tzw rakieta z grotem. Dlatego kontynuacją, po starcie RM-1 (i RM-1A), był start rakiety RM-2A. Była to rakieta dwuczłonowa, ale jednostopniowa, gdyż wyposażona tylko w silnik w pierwszym stopniu. Drugi, beznapędowy człon był wierną kopią, w sensie masy i rozmiarów rakiety, RM-1 (długość 141 cm, średnica 8.2 cm, masa 11.5 kg w tym paliwo 1.2 kg). To był wstęp do pełnoprawnej konstrukcyjnie rakiety dwustopniowej. Celem było przeanalizowanie skuteczności rozdzielania członów.

Niestety zakończenie działalności komórki na AGH, brak finansowania i zaplecza technicznego, zmieniło tory tego programu. Pomoc była udzielana przez rzesze fascynatów rakiet, w tym nowo powstałego Koła Lotniczego Techniki Rakietowej przy Aeroklubie Krakowskim (później przemianowanego na DOR, czyli Doświadczalny Ośrodek Rakietowy). Jacek Walczewski, ze skupioną wokół niego grupą wolontariuszy, zaczął prowadzić poniekąd „działalność usługową". Na bazie rakiety RM-2A powstała seria różnych wariantów rakiet RP-2. Wobec pewnej (nakręcanej też medialnie) fascynacji kosmosem w tamtych czasach – pierwszy satelita, dominacja Związku Radzieckiego w eksploracji kosmosu – wszystko co rakietowe i kosmiczne sprzedawało się jak przysłowiowe ciepłe bułeczki. Walczewski, widząc szansę na loty i zbieranie doświadczeń, używał swoich rakiet z serii RP-2 (zaczął od rakiety RM-2P) do przesyłania poczty. Takich lotów poczty rakietowej odbyło się dziewięć, w tym dwa



Linia rozwojowa rakiet RM-2.

loty na rakietach RASKO. Gdy stomatolodzy z Krakowskiej Akademii Medycznej wymyślili „Wpływ wysokich przyspieszeń na zmiany w okostnej u myszy" – te gryzonie poleciały w rakiecie RM-2D. Wcześniej przeszły testy na wirówce, w komorze zamkniętej z sorbentem CO_2. Lot przeżyły.

Dużym problemem tamtych lat było zbieranie danych z toru lotu rakiety. Obserwacje radarowe, kinoteodolitami itp. rozwiązania były drogie i trudno dostępne. Pierwsze konkretne dane Walczewski uzyskał z lotu rakiety RM-2B, gdyż start odbył się pod Warszawą dla Ligii Przyjaciół Żołnierza w ramach „Kursu Informacyjnego Techniki Rakietowej i Astronautyki". Sprzęt będący w posiadaniu wojska dostarczył pierwszych danych o locie rakiety.

Pomysł na uzyskiwanie tego typu danych metodą prostą i tanią przyszedł od astronomów. Opracowana została metoda astrofotometrycznego pomiaru toru lotu rakiety. Pomysł był prosty. Rakieta wyposażona w lampę błyskową migającą w regularnych, znanych odstępach była fotografowana w czasie lotu na tle rozgwieżdżonego nieba przez dwa nieruchome aparaty fotograficzne. Znając położenie miejsca i godzinę startu, można było z zarejestrowanych na kliszy błysków na tle gwiazd określić przyspieszenia, prędkości i tor lotu. Do przetestowania tego rozwiązania powstała rakieta RM-2C. Odbyła udany lot 10 kwietnia 1961.

W miarę czasu pojawiła się możliwość zinstytucjonalizowania tych

prac rakietowych, ponieważ udało się skutecznie zainteresować tym Polski Instytut Hydrologiczno Meteorologiczny. Powstaje w 1961 r pracownia Rakietowych Sondowań Atmosfery (RSA). Już przy jej pomocy powstaje rakieta RM-42 (długość 222 cm, średnica 10.6/8.2 cm masa 21.7 kg). W pełni funkcjonalna rakieta dwustopniowa. Jak większość rakiet tak i ta wystartowała z terenu Pustyni Błędowskiej w maju 1962.

Równocześnie trwały prace nad testowaniem rakiet z grotem, wzorowanych na rakietach Loki-Dart. Silnik rakietowy miał tylko rozpędzać wąski, doskonały aerodynamicznie i stosunkowo masywny grot, by potem zmagazynowana w nim energia kinetyczna, wobec nikłego oporu atmosfery, umożliwiła lot na duży pułap. Opracowano grot z programowym wyrzucaniem dipoli, zrealizowano start przy pomocy rakiety RM-3W. Rakieta ta wyposażona w najmocniejszy silnik od pocisku M13 oraz grot oddzielany samoczynnie po zakończeniu pracy silnika, umożliwiła osiągnięcie pułapu ok. 7 km. Wobec skuteczności rozwiązania rakiet z grotem, zaniechano prac nad rozwojem rakiet wielostopniowych i rozwiązanie z grotem zarekomendowano do Instytutu Lotnictwa w czasie zamawiania przez PIHM rakiety Meteor 1. Tak więc rakiety Meteor 1 i Meteor 3, ich konstrukcja z grotem, to efekt doświadczeń krakowskiej grupy rakietowej pod przewodnictwem Jacka Walczewskiego z lat 1958-1963.

Jednocześnie zanim w IL powstały rakiety, to w środowisku krakowskim były prowadzone badania z udziałem balonów nad określeniem typu oraz ilości dipoli oraz tzw. reflektorów rogowych dla uzyskania najlepszego echa radarowego. W tamtych latach w grupie krakowskiej badano też możliwość oddziaływania na chmury gradowe rakietami rozpylającymi jodek srebra, by przyspieszyć kondensację i uzyskać opad w formie deszczu a nie gradu. Do tego celu powstała seria stosunkowo niewielkich rakiet serii RASKO (od RAkiety Sztucznej Kondensacji). Ale nie wykorzystano ich w praktyce ze względów bezpieczeństwa.

Działalność środowiska krakowskiego skupiona wokół Jacka Walczewskiego w ciągu lat od 1957 do 1965 uzyskała spory dorobek w dziedzinie badań rakietowych i innych (bo np. opracowano niejako przy okazji pirotechniczny hamulec awaryjny wind szybowych dla górnictwa). Symbolicznie zamykam działalność tej grupy w 1965r, gdyż w tym roku przekazano do PIHM pierwsze rakiety sondujące Meteor 1 skonstruowane w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Jednakże sondaż rakietowy atmosfery był prowadzony nie przez IL, a powstały w tym celu Zakład Badań Rakietowych i Satelitarnych (ZBRiS) w PIHM. Działalność rakietowa Jacka Walczewskiego i garstki innych mieszkańców Krakowa trwała aż do ok 1974 roku. W tym miejscu czas na sprostowanie, bo często łączy

się nazwisko Walczewskiego z konstrukcją rakiet Meteor. To nie do końca prawda. Rakiety Meteor zostały opracowane przez Haraźnego z zespołem w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Jacek Walczewski pomagał jako konsultant, udzielał wsparcia opartego na doświadczeniach zebranych ze startów, prób w ramach działalności krakowskiej oraz przeprowadzał sondaż atmosfery, był użytkownikiem rakiet Meteor.

Na koniec tego opisu historii, która byłaby kanwą naprawdę niezłego filmu, trzeba wspomnieć o warunkach i klimacie tamtych czasów. Zaczęło się to przecież ledwie 12 lat po zakończeniu wojny. Nie było prawie nic, materiałów, literatury. Ludzie dopiero uczyli się rakietnictwa. Na zdjęciach i filmikach z tamtych czasów widać zapalniki do rakiet klejone lepcem lekarskim, starty nad Jeziorem Rożnowskim w otoczeniu gęsi, przeładowywanie paliwa do rakiet na pace furgonetki. Jeden krótki filmik dokumentuje, jak jedna z rakiet jedzie na start na Pustyni Błędowskiej leżąc na wozie zaprzężonym w dwa konie.

Ale te naprawdę pionierskie czasy, dzięki naukowemu, metodycznemu podejściu Jacka Walczewskiego i innych osób, przy wsparciu różnych środowisk (AGH, PIHM, Aeroklub Krakowski, Poczta Polska, Akademia Medyczna, UJ, PTA), zaowocowały wymiernymi sukcesami rakietowymi. Dzięki krakowskim rakietowcom i dzięki Instytutowi Lotnictwa z zespołem Haraźnego, Polska w tamtych latach była szóstym państwem na świecie prowadzącym rakietowy sondaż atmosfery. I to za pomocą rakiet polskiej konstrukcji.

Literatura

[1] Jacek Walczewski, 1982, „Polskie rakiety badawcze”, wyd. Biblioteka Skrzydlatej Polski

[2] Krzysztof Ridan, Materiały filmowe zdigitalizowane przez Stowarzyszenie Filmowe „Trzeci Tor” w ramach programu „Patriotyzm Jutra”

[3] Notka biograficzna o Jacku Walczewskim na Wikipedii

[4] Źródła własne – rozmowy z prof. Jackiem Walczewskim i jego synem



Plakat konferencyjny.

Analogowe misje łazików planetarnych

Mariusz Gibiec

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
AGH Space Systems

Streszczenie: W eksploracji planetarnej bardzo użytecznym narzędziem są łaziki planetarne. Ich budowa i przygotowanie do misji są niezwykłym wyzwaniem naukowym i inżynierskim. Jednak przed wyruszeniem w rzeczywistą misję wiele rozwiązań jest testowanych na Ziemi w symulowanych warunkach zbliżonych do rzeczywistych (analogowych). Budowany przez AGH Space Systems łazik planetarny Kalman uczestniczy w takich misjach kilka razy w roku w ramach zawodów serii Rover Challenge. Autorzy przedstawią budowę łazika, symulowane misje marsjańskie (w The Mars Desert Research Station) oraz księżycowe (w Adelaide Space Resources Insitute), przygotowania do różnych typów zadań jakie łazik musi realizować i sposób weryfikacji sprawności jego działania. Omówione zostaną także metody sterowania (w szczególności autonomiczna nawigacja) oraz komunikacja łazik – stacja naziemna.

Wstęp

Człowiek w swoim dążeniu do poznania kosmosu najpierw zdołał dotrzeć do jego umownej granicy 100 km nad ziemią, potem zaczął wysyłać aparaty badawcze w kierunku Księżyca i planet. Wysyłane sondy najpierw prowadziły badania z daleka ale potem zbudowano lądowniki by „dotknąć" powierzchni ciał niebieskich. Jednak pozwalało to na badania tylko w miejscu lądowania, zatem kolejnym krokiem było osiągnięcie mobilności za pomocą łazików planetarnych. Historia łazików planetarnych to fascynująca opowieść o wysiłkach ludzkości, by zbadać obce światy „na kołach". Łaziki to mobilne laboratoria, które mogą poruszać się po powierzchni planet, dostarczać dokumentacji fotograficznej, wykonywać analizy geologiczne, badać atmosferę, a nawet poszukiwać śladów życia. Aby sprostać tym zadaniom, inżynierowie muszą stworzyć odporną konstrukcję, opracować algorytmy sterowania oraz rozwiązać problem

komunikacji. Zanim łazik zostanie wysłany w długą międzyplanetarną podróż warto sprawdzić czy zastosowane rozwiązania odpowiadają warunkom, w których będzie musiał pracować. Do tego celu służą wymagające testy, którym łaziki muszą sprostać. Są one przeprowadzane w kilku miejscach na świecie i nazywane misjami analogowymi, ponieważ odtwarzane są tam warunki i zadania analogiczne do rzeczywistych. Największym zainteresowaniem cieszy się powierzchnia Marsa gdzie wylądowały Sojourner, Spirit, Oportunity, Curiosity, Zurong, Perseverance z Inequity. Jej analogi znajdują się np. w Stanach Zjednoczonych (The Mars Desert Research Station (MDRS) ale także na AGH w Krakowie. Obecnie uwaga badaczy kieruje się również na powierzchnię Księżyca – tu wylądowały najpierw Łunohod (1970) i LunarRovingVehicle (1971), a ostatnio Yutu (2013, 2019) i Pragyan (2023). Stąd analogiczna powierzchnia Księżyca odtworzona w Australii (Adelaide Space Resources Insitute) czy powierzchnia planetarna przygotowana w Kanadzie (the Canadian Space Technology Advancement Group).

Zespół łazika AGH Space Systems kilka razy w roku bierze udział w takich testach sprawdzając nowe rozwiązania opracowane dla łazika Kalman. Testy te mają charakter konkursów dla młodych inżynierów rozwijających technologie łazików planetarnych.

Misje marsjańskie

W misjach marsjańskich symulowanych w trakcie Mars Society's University Rover Challenge (USA) wyzwaniem jest zaprojektowanie i zbudowanie łazika marsjańskiego nowej generacji, który pewnego dnia będzie pracować u boku kosmonautów badających Czerwoną Planetę ale też samodzielnie wykonywać misje.

Łaziki rywalizują w czterech misjach:

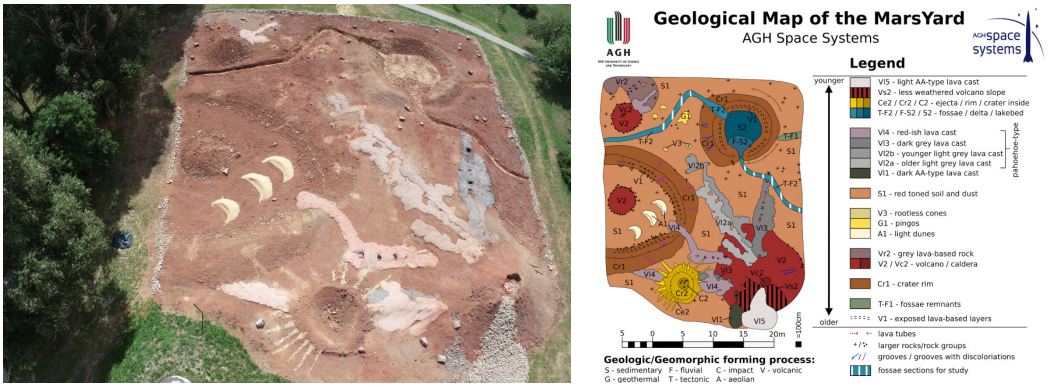
1) misja naukowa, której celem jest zbadanie miejsca pod kątem obecności życia;
2) misja dostawcza, której celem jest dostarczenie różnych obiektów kosmonautom w trudnym terenie;
3) misja serwisowania sprzętu polegająca na wykonywaniu zręcznych operacji na makiecie lądownika przy użyciu robotycznego ramienia;
4) misja autonomicznej nawigacji, której celem będzie autonomiczne podróżowanie do szeregu lokalizacji i znajdowania obiektów.



Rysunek 1. The Mars Desert Research Station.

Misja naukowa

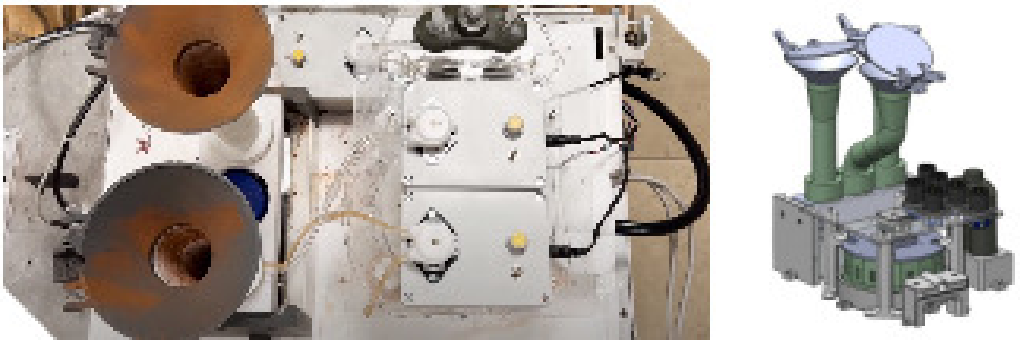
Misja naukowa wymaga opracowania planu naukowego eksploracji z uzasadnieniem wyboru analizowanych miejsc. W tym celu tworzy się mapę geologiczną wskazując miejsca zbierania próbek oraz sposób ich analizy za pomocą pokładowego oprzyrządowania. Na przykład badając krater Jezero pod kątem istnienia wody wykonuje się pomiary wilgotności i temperatury pod powierzchnią oraz analizę chemiczną próbek. W przypadku poszukiwania śladów życia mikrobiologicznego miejsca powinny zostać przeanalizowane pod kątem prawdopodobieństwa występowania życia mikrobiologicznego za pomocą co najmniej jednej metody wykrywania życia.



Rysunek 2. Analog powierzchni Marsa i jego mapa geologiczna.

Wymagane jest zebranie próbek w wybranych przez zespół miejscach, przeprowadzenie podstawowej oceny naukowej tych próbek za pomocą oprzyrządowania pokładowego i przechowywanie co najmniej jednej

próbki. Lokalizacje próbkowania powinny zostać udokumentowane poprzez: fotograficzną panoramę szerokokątną pokazującą pełny kontekst miejsca. Panorama musi wskazywać kierunki kardynalne i mieć pewne wskazanie skali. Należy wykonać zdjęcie z bliska, dobrze zogniskowane, o wysokiej rozdzielczości, z pewnym wskazaniem skali (skala może być wskazana po wykonaniu zdjęcia). Po zakończeniu misji konieczne jest przedstawienie pisemnego raportu naukowego (zawierającego opis realizacji planu naukowego i omówienie uzyskanych wyników analiz) oraz prezentacja i dyskusja z ekspertami wymagająca wiedzy z geologii i astrobiologii.



Rysunek 3. Laboratorium pokładowe.

Misja dostawcza

Celem tej misji jest dostarczenie do kosmonauty odpowiedniego ekwipunku, a także wykonanie czynności obsługowych w porozumieniu z kosmonautą lub odnalezienie drobnych narzędzi. Obejmuje poruszanie się 1km od stacji w trudnym terenie. Naturalny teren wokół MDRS obejmuje miękkie piaszczyste obszary, żwir, obszary pokryte szorstkimi kamieniami, skałami i głazami, pionowe spadki i strome, luźno związane zbocza. Teren od płaskiego w pobliżu linii startu, po niezwykle trudne przeszkody w odległości do 1 km od linii startu, co również wiąże się z wyzwaniami nawigacyjnymi dla operatorów sterujących łazikiem tylko w oparciu o obraz z kamer pokładowych. Zadanie obejmuje podnoszenie, przenoszenie i dostarczanie przedmiotów do różnych lokalizacji. Przedmioty to małe, lekkie narzędzia ręczne lub instrumenty, kamienie lub pojemniki z zaopatrzeniem o masie do 5 kg i wymiarach mniejszych niż 40×40×40 cm. Konieczne jest także odczytywanie znaków niesionych przez kosmonautów lub umieszczonych w terenie, także znalezienie elementu wyposażenia w dużym obszarze poszukiwań.



Rysunek 4. Teren realizacji Misji dostawczej.

Misja serwisowa

Celem misji jest wykonanie obsługi lądownika przez dostarczenie brakujących elementów lub zasobników. Obsługa panelu operatorskiego – wykonanie zmiany nastaw elementów wykonawczych czy uruchomienie oprogramowania. Przykładowy zestaw zadań: Podnieś metalową próbówkę i włóż ją do większego pojemnika, podjedź do lądownika otwórz szufladę i włóż pojemnik. Otwórz panel operatorski, sprawdź poprawność ustawienia przełączników, ustaw antenę używając joystika, wprowadź polecenia z klawiatury. Wyjmij i włóż pamięć USB do gniazda USB (typu A) na lądowniku. Obsłuż przyciski, przełączniki, pokrętła wg. Instrukcji.



Rysunek 5. Łazik Kalman, obsługiwany lądownik i stacja kontroli naziemnej.

Misja autonomicznej nawigacji

Kolejnym zadaniem jest realizacja autonomicznej (bez udziału operatora) nawigacji w oparciu o współrzędne GNSS, znaki ARUCO i wizualne rozpoznawanie obiektów. Łazik ma autonomicznie lokalizować punkty i swoją pozycję w celu przemieszczania się do dwóch lokalizacji GNSS,

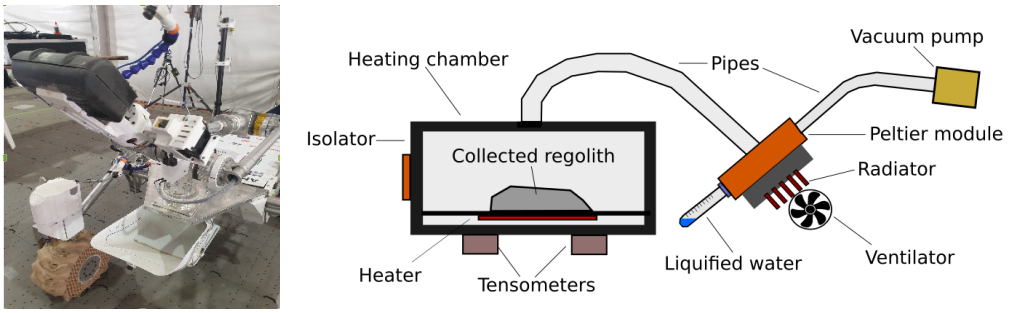
trzech stanowisk oznaczonych znacznikami (AR) i dwóch obiektów pozostawionych na ziemi. Należy autonomicznie rozpoznać gumowy młotek i butelkę wody. Osiągnięcie zadanych punktów następuje przez zatrzymanie się i sygnalizację. W programie należy zaimplementować unikanie przeszkód oraz dokładność nie mniejszą niż dwa metry.

Misje księżycowe

W przypadku misji księżycowych nacisk skierowany jest na poszukiwanie, wydobywanie i przetwarzanie zasobów ale również pozyskiwanie materiałów i budowę infrastruktury. Zatem oprócz konstrukcji i wyposażenia do zadań związanych z inspekcją infrastruktury i wspieraniem astronautów, łazik musi dysponować oprzyrządowaniem do wykrywania minerałów oraz zdolnościami do ich wydobycia i transportu. Wymaga to odpowiednich zmian w platformie jezdnej i chwytaku łazika Kalman. Również przetwarzanie surowców wymaga opracowania osobnego stanowiska np. do pozyskiwania wody z dostarczanego zamarzniętego piasku.

Misja poszukiwania i przetwarzania zasobów

Zadanie obejmuje znalezienie dwóch złóż ilmenitu i określenie procentowej zawartości minerału. Drugi etap obejmuje ocenę zawartości wody w regolicie oraz wydobycie regolitu, transport do stanowiska przetwarzania zasobów i pozyskanie jak największej ilości wody.



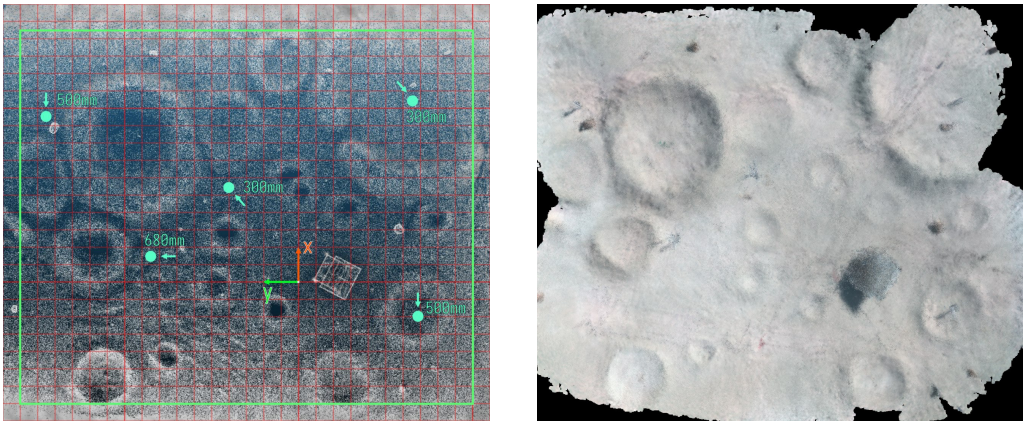
Rysunek 6. Modyfikacje łazika Kalman oraz schemat ideowy stanowiska przetwarzania zasobów.

Opracowane stanowisko składa się z komory na regolit, która po napełnieniu zostaje szczelnie zamknięta. Jej zawartość jest podgrzewana w celu odparowania wody. Uzyskana para zostaje skroplona z użyciem modułu Peltiera, pompy próżniowej oraz chłodzenia wentylatorem i zgromadzona w pojemniku. Zadanie zostaje podsumowane raportem zawierającym opis przeprowadzonej eksploracji, zastosowanych metod

analiz i ekstrakcji, uzyskane wyniki analiz ze wskazaniem najbogatszych złóż ilmenitu i wody oraz ilością pozyskanego zasobu.

Misja autonomicznej eksploracji

Celem misji jest autonomiczne wykonanie eksploracji, wykonanie zdjęć wskazanych punktów z kierunków wskazanych na schemacie, podana jest ich wysokość i lokalizacja w układzie X, Y, Z względem punktu odniesienia, Zadanie obejmuje unikanie przeszkód oraz wykrycie i określenie położenia losowo położonych obiektów z dokładnością 0.3 m (w układzie X,Y). Efektem końcowym jest wykonanie mapy terenu oraz podanie współrzędnych wskazanych obiektów. Realizacja zadania odbywa się bez udziału operatora, łazik przemieszcza się po zaplanowanej przez nich trasie, aktualizując swoją pozycję tylko na podstawie informacji z czujników. Nie jest dostępny sygnał GNSS ani znaczniki ARUCO.



Rysunek 7. Schemat obszaru eksploracji z układem odniesienia oraz uzyskana mapa

Misja budowy infrastruktury

W tym zadaniu łazik powinien bezpiecznie opuścić lądownik (po rampie), przewieźć materiały z pojemnika o wymiarach 0.25 m × 0.25 m × 1.20 m na miejsce, w którym może być zrealizowana budowa infrastruktury, a następnie ustabilizować podłoże wykorzystując te materiały tak by uzyskać powierzchnię 1.25 m^2 ściśle przylegającą do podłoża. Wybór miejsca należy uzasadnić. W zadaniu należy także znaleźć i zgromadzić we wskazanym miejscu kawałki skał (4 o wadze do 5 kg i 2 o wadze około 10 kg). Dodatkowo, ze złoża regolitu, przetransportować jak najwięcej frakcji sypkiej do punktu jej gromadzenia. W ocenie zadania uwzględnia się proporcjonalną punktację przez określenie stosunku masy pozyskanego regolitu do maksymalnego wyniku w zadaniu.

Podsumowanie

Bazując na doświadczeniach z przeprowadzonych analogowych misji planetarnych można wskazać, że najważniejsze cechy łazika planetarnego: ergonomiczna kontrola robota, zdolność do autonomicznej nawigacji, zdolność do autonomicznego manipulowania obiektami i wykonywania analiz w pokładowym laboratorium, modułowość i możliwość wprowadzania ciągłych ulepszeń, użyteczność i wytrzymałość przy zachowaniu niskiej wagi łazika. Dzięki powyższym cechom wykorzystanie łazików planetarnych daje wiele możliwych zastosowań wymagających udziału dużego interdyscyplinarnego zespołu nie tylko konstrukcyjnego i programistycznego ale również naukowego aby odpowiednio zaplanować eksplorację i eksperymenty oraz zinterpretować ich wyniki. Misje analogowe pozwalają na testowanie nie tylko rozwiązań konstrukcyjnych ale także współdziałania całego zespołu badawczego. Skoro większość misji analogowych ma charakter konkursu, podsumujmy kilka ostatnich lat testów w różnych stacjach analogowych na całym świecie. Zespół AGH Space Systems z Łazikiem planetarnym Kalman okazał się najlepszy w zawodach w The Mars Desert Research Station w 2024 roku, również najwyższe miejsce na podium przypadło mu w udziale w Indian Rover Challenge, Canadian International Rover Challenge oraz European Rover Challenge w roku 2023, a bieżący rok 2025 rozpoczął od Głównej Nagrody w Australian Rover Challenge. Wymagało to współpracy dużego zespołu konstruktorów, elektroników, programistów ale także geologów, chemików i astrobiologów. Można stwierdzić że rozwijana konstrukcja łazika Kalman oraz zespół AGH Space Systems należą do światowej czołówki planetarnych zespołów badawczych.

Podziękowania: Autor pragnie podziękować studentom sekcji Łazika AGH Space Systems za wspólny udział w analogowych misjach planetarnych. Bez ich ogromnej pracy, wielkiego zaangażowania w pokonywaniu przeciwności i rozwiązywaniu złożonych problemów inżynierskich pod presją czasu, nie byłoby możliwe zrealizowanie tych misji z tak spektakularnym powodzeniem. Podziękowania składam na ręce liderów zespołów uczestniczących w misjach w latach 2023-2025: Adam Zagrajek, Jan Brzyk, Łukasz Gliwiński, Szymon Bednorz, Arkadiusz Mika i obecnie Jakub Bubak. Materiały do rysunków powstały w trakcie misji, za co również dziękuję ich uczestnikom.

Projekt GraviTE – *Lessons learned* podczas rozwoju?

Przemysław Kaczorowski, Barbara Szaflarska, Justyna Kościelniak, Kacper Nowakowski, Zbigniew Skok, Patryk Konieczny, Karolina Gocyk, Jan Hahn, Kajetan Gudowski

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wprowadzenie

Wraz z wydłużaniem się czasu spędzanego przez astronautów na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS), rozwój medycyny kosmicznej stał się kluczowy dla zapewnienia im bezpiecznych warunków pracy. Jednym z głównych problemów przy coraz dłuższych pobytach w kosmosie są zmiany w układzie mięśniowo-szkieletowym, szczególnie utrata gęstości kości i zmiany w procesie przebudowy tkanki kostnej [1]. Wiele z tych wywoływanych przez mikrograwitację efektów nadal pozostaje niejasnych na poziomie molekularnym, co utrudnia poszukiwanie rozwiązań problemu.

Do dogłębnego zbadania adaptacji ludzkiego organizmu do warunków kosmicznych wykorzystywana jest między innymi inżynieria tkankowa. Dziedzina ta ma na celu tworzenie sztucznych tkanek lub narządów przy użyciu komórek i biomateriałowych rusztowań. Stanowi ona również krok w kierunku przejścia od badań *in vivo* na zwierzętach, do bardziej zaawansowanych modeli *in vitro*, potrafiących lepiej oddać fizjologię ludzkich tkanek niż tradycyjna „płaska" hodowla w szalce [2]. Europejska Agencja Kosmiczna (ESA) postrzega te techniki jako kluczowe dla przyszłej eksploracji kosmosu i lotów załogowych [3]. W miarę jak ludzie zapuszczają się dalej od Ziemi, zapewnienie opieki medycznej staje się trudniejsze, co czyni dogłębne zrozumienie problemu oraz medycynę regeneracyjną krytycznymi elementami przyszłej kolonizacji kosmosu. Dodatkowo, zrozumienie wpływu środowiska kosmicznego na

konkretne szlaki metaboliczne może prowadzić do odkrywania nowych terapii celujących w fizjologiczne adaptacje do mikrograwitacji, a także w choroby związane z wiekiem, takie jak osteoporoza, przynosząc korzyści zarówno astronautom, jak i ludziom na Ziemi [4,5].

Ze względu na ograniczone możliwości badawcze w rzeczywistej mikrograwitacji (np. na ISS), opracowano różnorodne urządzenia symulujące mikrograwitację na Ziemi, takie, jak klinostaty, czy maszyny RPM (ang. Random Positioning Machine) [6]. Niestety, większość dotychczasowych badań koncentrowała się na tradycyjnych hodowlach komórkowych in vitro, które nie odwzorowują trójwymiarowej struktury tkanek. Badania na różnych modelach tkanki kostnej często dawały rozbieżne wyniki [7-10], a część z nich może być wyjaśniona rozbieżnościami w protokołach badawczych – wykorzystaniem różnych urządzeń symulujących mikrograwitację i różnych modeli komórkowych.

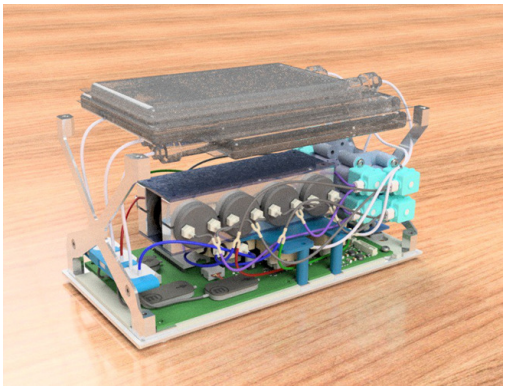
Celem naukowym projektu GraviTE (Gravity-free Tissue Engineering) jest opracowanie i pełna charakteryzacja prostego modelu tkanki kostnej poprzez zbadanie, jak komórki kostne hodowane na polimerowych rusztowaniach reagują na mikrograwitację, porównując rzeczywiste warunki na ISS z mikrograwitacją symulowaną oraz warunkami ziemskimi. Dzięki zastosowaniu technik transkryptomicznych i proteomicznych, badanie może stać się najbardziej kompleksową analizą badanego modelu tkanki kostnej.

Architektura techniczna bioreaktora

Projekt wykorzystuje autorski bioreaktor odpowiedzialny za automatyczną wymianę medium hodowlanego, utrwalenie próbek, utrzymanie stałej temperatury (37°C), zapewnienie sterylnego środowiska zapobiegającego kontaminacji oraz integrację z systemami na ISS, udostępniając Ziemi telemetrię o poprawnym działaniu modułu.

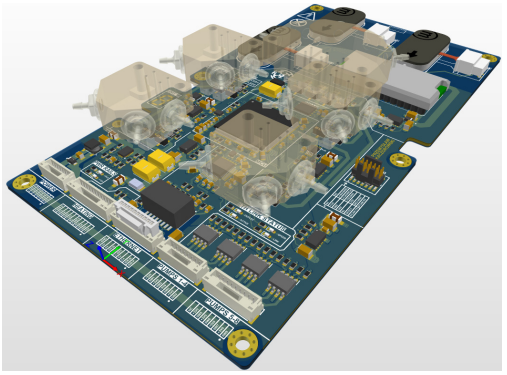
Moduł bioreaktora, przedstawiony na Rys. 1, składa się z:

- Komór inkubacyjnych zawierających polimerowe rusztowania pokryte komórkami kostnymi.
- Systemu hydraulicznego z pompami, zaworami, zapasem medium hodowlanego oraz utrwalaczami.
- Systemu elektronicznego, składającego się z głównego kontrolera (Rys. 2) oraz podsystemu regulacji temperatury.
- Elementów strukturalnych oraz izolacji termicznej.



Rysunek 1: Struktura bioreaktora, widok rozłożony wczesnej wersji [11].

Wraz z rozwojem projektu, bioreaktor ewoluował z formatu 1U (10×10 ×10 cm) do 2U (10×10×20 cm), aby pomieścić wymagane ilości medium hodowlanego, stworzyć miejsce dodatkowym komponentom (bardziej rozbudowanemu systemowi hydraulicznemu) oraz ułatwić procedurę składania i napełniania systemu płynami.



Rysunek 2: „GraviTE Mainboard" – główny kontroler bioreaktora [11].

Oprogramowanie pokładowe oparte zostało na systemie FreeRTOS i składa się z czterech wątków: kontroli temperatury (pętla PID z zabezpieczeniami), agregacji danych telemetrycznych, sterowania pompami i zaworami oraz komunikacji z Ziemią przez Ethernet.

Posiadanie informacji o tym, czy eksperyment przebiegł prawidłowo jest krytyczne do poprawnego interpretowania zaobserwowanych efektów biologicznych. Ze względu na to, telemetria o działaniu eksperymentu w czasie rzeczywistym jest istotnym aspektem misji, ponieważ zamrożenie bioreaktora do -80°C na czas transportu na Ziemię może permanentnie uszkodzić elektronikę (typowe komponenty mają limit przechowywania -40°C), uniemożliwiając odczyt danych o wykonanej inkubacji po jej zakończeniu. System wykorzystuje infrastrukturę telekomunikacyjną dostarczoną przez Space Applications Services oraz autorski frontend kontroli misji oparty na systemie YAMCS do pobierania oraz wizualizowania telemetrii na Ziemi w czasie rzeczywistym.

Status projektu i podsumowanie

Projekt GraviTE uzyskał tytuł laureata wraz z rekomendacją do lotu od jury w konkursie Direction:Space, co wraz z kontynuowanym wsparciem New Space Foundation daje drogę do rzeczywistej realizacji eksperymentu na ISS w najbliższej przyszłości. Na obecnym etapie, projekt jest w procesie testowania, wdrażania finalnych optymalizacji oraz kwalifikacji do użytku na ISS.

Literatura

[1] A.E. Nicogossian i in. (Editors), Space Physiology and Medicine, 4th ed., Springer Science and Business Media B.V., 2016. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6652-3

[2] S. Caddeo, M. Boffito, S. Sartori, Tissue engineering approaches in the design of healthy and pathological in vitro tissue models, Front. Bioeng. Biotechnol. 5 (2017) 272273. https://doi.org/10.3389/FBIOE.2017.00040/XML/NLM

[3] T. Ghidini, Regenerative medicine and 3D bioprinting for human space exploration and planet colonisation, J. Thorac. Dis. 10 (2018) S2363 https://doi.org/10.21037/JTD.2018.03.19

[4] A.Y. Ratushnyy, L.B. Buravkova, Microgravity Effects and Aging Physiology: Similar Changes or Common Mechanisms?, Biochemistry (Moscow) 2023 88:11 88 (2023) 1763-1777. https://doi.org/10.1134/S0006297923110081

[5] G. Biolo i in., Microgravity as a model of ageing, Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care 6 (2003)

[6] F. Ferranti i in., Advantages and Limitations of Current Microgravity Platforms for Space Biology Research, Applied Sciences 2021, Vol. 11, Page 68 11 (2020) 68. https://doi.org/10.3390/APP11010068

[7] M. Nishikawa i in., The Effect of Simulated Microgravity by Three-Dimensional Clinostat on Bone Tissue Engineering, http://Dx.Doi.Org/10.3727/00000000578398 2477 14 (2005) 829-835. https://doi.org/10.3727/000000005783982477

[8] F. Jin i in., Establishment of Three-Dimensional Tissue-engineered Bone Constructs Under Microgravity-simulated Conditions, Artif. Organs 34 (2010) 118-125. https://doi.org/10.1111/J.1525-1594.2009.00761.X

[9] G. Carmeliet i in., Microgravity Reduces the Differentiation of Human Osteoblastic MG-63 Cells, Journal of Bone and Mineral Research 12 (1997) 786-794. https://doi.org/10.1359/JBMR.1997.12.5.786

[10] J. V. Araujo i in., Dynamic Culture of Osteogenic Cells in Biomimetically Coated Poly(Caprolactone) Nanofibre Mesh Constructs, Https://Home.Liebertpub.Com/Tea 16 (2009) 557-563. https://doi.org/10.1089/TEN.TEA.2009.0223

[11] B. Szaflarska i in., Design of a Small Bioreactor for Orbital Stations to Test a Bone Tissue Model in Microgravity, (2026) 244-251. https://doi.org/10.52202/083075-0034

Lot Polaka w kosmos z perspektywy naukowca

Agata Maria Kołodziejczyk

Wydział Technologii Kosmicznych, AGH, Kraków

Załogowe loty kosmiczne od dawna przestały być jedynie demonstracją technologicznej potęgi. Dziś są przede wszystkim narzędziem prowadzenia badań naukowych w warunkach, których nie można odtworzyć na Ziemi. Mikrograwitacja, podwyższony poziom promieniowania kosmicznego oraz zamknięte środowisko orbitalne sprawiają, że Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (MSK, ang. ISS) stała się jednym z najbardziej wymagających, ale i najbardziej wartościowych laboratoriów badawczych współczesnego świata. Praca naukowa w kosmosie wymaga jednak zupełnie innego podejścia niż badania prowadzone w ziemskich laboratoriach.

Na orbicie praca naukowa wygląda inaczej: nie ma stołów, na których można bezpiecznie położyć próbkę, ani ciężkich, uniwersalnych aparatów badawczych. Każdy przedmiot unosi się w stanie ciągłego spadku swobodnego, a procesy fizyczne, takie jak mieszanie cieczy czy odprowadzanie ciepła, przebiegają zupełnie inaczej niż na ziemi. Z tego powodu każdy instrument badawczy musi zostać zaprojektowany specjalnie do ściśle określonego eksperymentu. Uniwersalność ustępuje miejsca precyzji, a bezpieczeństwo załogi staje się absolutnym priorytetem. Wszystko, co trafia na pokład stacji, musi być odporne na wstrząsy podczas startu rakiety, niepalne, nietoksyczne i zdolne do pracy w ograniczonej przestrzeni. Przygotowanie jednego eksperymentu trwa często dwa lata i obejmuje dziesiątki analiz ryzyka oraz testów naziemnych.

MSK krąży wokół Ziemi na wysokości około 400 kilometrów z prędkością blisko 29 tysięcy kilometrów na godzinę, okrążając planetę w ok. 92 minuty. Kosmonauci obserwują szesnaście wschodów i zachodów Słońca w ciągu doby, a ich codzienna praca podporządkowana jest szczegółowemu harmonogramowi przygotowanemu z wielomiesięcznym wyprzedzeniem. Czas kosmonautów jest jednym z najcenniejszych zasobów misji,

dlatego eksperymenty muszą być zaprojektowane tak, aby ich obsługa była maksymalnie uproszczona, a każda czynność dokładnie opisana krok po kroku. Kosmonauci są w istocie wykonawcami pracy przemyślanej i przygotowanej przez zespoły naukowe pozostające na Ziemi, dlatego jakość przygotowań decyduje o sukcesie całego przedsięwzięcia.

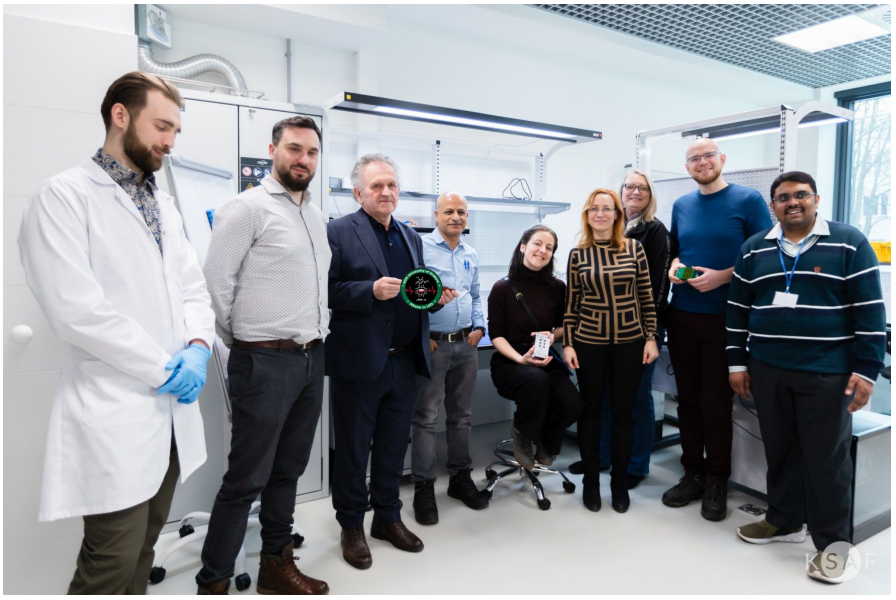
Europejskim sercem badań na MSK jest moduł Columbus, niewielkie, lecz niezwykle zaawansowane laboratorium zarządzane przez Europejską Agencję Kosmiczną. To właśnie tam realizowana jest znaczna część europejskich eksperymentów, zarówno wewnątrz części ciśnieniowej, jak i na zewnętrznych platformach badawczych wystawionych bezpośrednio na warunki kosmiczne. Moduł ten, choć stanowi tylko fragment ogromnej konstrukcji MSK, odegrał kluczową rolę w najnowszej historii polskiej obecności na orbicie.

Pierwszym Polakiem w kosmosie był Mirosław Hermaszewski, który w 1978 roku poleciał na stację Salut 6. Jego misja miała przede wszystkim charakter pionierski i zaowocowała realizacją pierwszych polskich eksperymentów z zakresu fizyki, medycyny i psychologii lotu kosmicznego. Przez kolejne dekady Polska nie uczestniczyła jednak bezpośrednio w załogowych misjach orbitalnych. Zmieniło się to dopiero w ostatnich latach, wraz ze zwiększeniem składki do Europejskiej Agencji Kosmicznej i otwarciem dostępu do infrastruktury MSK dla polskich zespołów badawczych.

Kulminacją tych działań była misja IGNIS, pierwsza w historii tak kompleksowa polska misja technologiczno-naukowa na MSK. Jej realizacja stała się możliwa dzięki wyborowi dr. Sławosza Uznańskiego-Wiśniewskiego na kosmonautę projektowego oraz udziałowi Polski w misji Axiom 4, zrealizowanej z wykorzystaniem rakiety Falcon 9 i kapsuły Dragon firmy Space X. Równolegle z treningiem załogi rozpoczęto w Polsce intensywne przygotowania zaplecza naukowego misji. W ogłoszonym naborze zgłoszono kilkadziesiąt propozycji eksperymentów z całego kraju, obejmujących tak różnorodne dziedziny jak: sztuczna inteligencja, medycyna kosmiczna, biologia, fizyka materiałowa czy technologie sensoryczne. Ostatecznie na orbitę trafiło trzynaście projektów, które musiały być zrealizowane w bardzo ograniczonym czasie pobytu polskiego kosmonauty na MSK.

Jednym z tych projektów był eksperyment MXene in LEO, opracowany przez zespół Wydziału Technologii Kosmicznych AGH w Krakowie. Jego celem było zbadanie zachowania nowoczesnych nanomateriałów

w warunkach mikrograwitacji i podwyższonego promieniowania kosmicznego oraz sprawdzenie ich potencjalnych zastosowań w przyszłych misjach załogowych. Eksperyment został zaprojektowany w dwóch uzupełniających się częściach. Pierwsza obejmowała zestaw sześciu czujników piezoelektrycznych opartych na meksenach, umieszczonych w specjalnej metalowej obudowie wyposażonej w radiatory. W środowisku mikrograwitacji odprowadzanie ciepła stanowi poważne wyzwanie, dlatego odpowiednia konstrukcja mechaniczna była kluczowa dla bezpieczeństwa i niezawodności układu. Czujniki zostały zainstalowane w module Columbus i podłączone do komputera AstroPi, który umożliwiał bieżący odczyt i przesył danych do stacji naziemnej.



Zespół naukowy MXene in LEO. Od lewej: Wojciech Guziewicz, Krzysztof Grabowski, Tadeusz Uhl, Hirematada Darukesha, Dagmara Stasiowska, Agata Kołodziejczyk, Jutta Krause, Sławomir Rudawski, Shreyas Srivatsa. *(fot. N. Bargieł)*

Zespół naukowy projektu MXene in LEO to przykład tego, jak współczesne badania kosmiczne łączą wiele dziedzin wiedzy i kompetencji w jednym przedsięwzięciu. Na zdjęciu widzimy ludzi, którzy wspólnie doprowadzili do tego, że zaawansowany nanomateriał trafił na pokład MSK i został przetestowany w warunkach mikrograwitacji. Każda z tych osób odpowiadała za inny, niezbędny element całej układanki. Całością przedsięwzięcia kierował prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl, pełniący funkcję kierownika projektu MXene in LEO. Dr inż. Shreyas Srivatsa, ekspert w dziedzinie meksenów, zajmował się w czasie swojego doktoratu produkcją nanomateriału Mxene i badaniem jego właściwości. Zachęcony przez profesora Uhla napisał stosowny wniosek i po jego akceptacji przez ESA i POLSA, zajął się koordynacją prac. Jego zadaniem była koordynacja zespołu, integracja prac naukowych, inżynierskich i formalnych

oraz dbanie o to, aby projekt mieścił się w ramach czasowych i technologicznych narzuconych przez misję kosmiczną. Po stronie Europejskiej Agencji Kosmicznej projekt nadzorowała dr Jutta Krause, czuwając nad zgodnością eksperymentu z procedurami ESA i jego integracją z infrastrukturą MSK. Prace nad opaskami sensorycznymi zaczynały się na poziomie materiałów. Mgr Wojciech Guziewicz zajmował się łączeniem nanomateriału MXene z celulozą bakteryjną, tworząc elastyczne, wytrzymałe i bezpieczne dla skóry opaski. Z kolei dr Agata Kołodziejczyk odpowiadała za samą produkcję i przygotowanie celulozy bakteryjnej – materiału biologicznego, który musiał spełniać rygorystyczne normy czystości, sterylności i jednorodności, aby mógł zostać dopuszczony do lotu w kosmos.

Kluczową rolę w projekcie odgrywał dr inż. Krzysztof Grabowski, który kierował opracowaniem funkcjonalnego czujnika MXenowego dostosowanego do pracy na stacji kosmicznej. To właśnie on wraz z zespołem prowadził testy naziemne, sprawdzając, czy sensor będzie działał stabilnie w warunkach ograniczonego odprowadzania ciepła, podwyższonego promieniowania i ścisłych ograniczeń energetycznych. Jakość i wiarygodność sygnałów generowanych przez czujnik analizował dr inż. Darukesha, koncentrując się na precyzji pomiarów i odporności materiału na zakłócenia. Równie istotnym, choć często mniej widocznym elementem pracy był proces dokumentowania i certyfikacji. Dr inż. Dagmara Stasiowska odpowiadała za przygotowanie dokumentacji technicznej oraz testy naziemne czujnika umieszczonego na opaskach z celulozy bakteryjnej. Bez tej pracy eksperyment nie mógłby zostać dopuszczony do realizacji na MSK, gdzie każdy element musi spełniać surowe wymagania bezpieczeństwa. Nie można też zapominać o zapleczu technicznym. Sławomir Rudawski odpowiadał za elektronikę i programowanie, dzięki którym sygnały z czujników mogły być rejestrowane, przetwarzane i przesyłane na Ziemię. Na zdjęciu nie widać wszystkich, którzy przyczynili się do sukcesu MXene in LEO. Brakuje zespołu Akademii Sztuk Pięknych z Wydziału Wzornictwa Przemysłowego, odpowiedzialnego za projekt opaski przeznaczonej do użytku na MSK oraz jej wykonanie z celulozy bakteryjnej. Niewidoczne pozostają także osoby z administracji i zaplecza organizacyjnego, bez których realizacja formalnej strony tak złożonego projektu kosmicznego byłaby niemożliwa. Zdjęcie dokumentuje więc nie tylko konkretny zespół badaczy, ale przede wszystkim ideę nowoczesnej nauki kosmicznej – pracy zespołowej, interdyscyplinarnej i międzynarodowej, w której nanomateriały, biotechnologia, inżynieria, wzornictwo i procedury agencji kosmicznych spotykają się w jednym,

wspólnym celu.

Czujnik meksenowy z węglika tytanu to przykład tego, jak nanotechnologia zaczyna przenikać do codziennego życia, a nawet do badań kosmicznych. Jego sercem jest materiał zwany MXenem, a dokładniej węglik tytanu Ti_3C_2, który należy do rodziny dwuwymiarowych nanomateriałów. Oznacza to, że składa się z niezwykle cienkich warstw atomowych, mających zaledwie kilka atomów grubości. Taka struktura sprawia, że materiał zachowuje się jednocześnie jak metal i jak elastyczna folia – doskonale przewodzi prąd, a przy tym może się wyginać i rozciągać bez uszkodzeń. Właśnie ta niezwykła kombinacja cech sprawia, że MXeny idealnie nadają się do budowy czujników. Gdy węglik tytanu zostanie naniesiony w postaci cienkiej warstwy, reaguje na najmniejsze odkształcenia mechaniczne. W praktyce oznacza to, że potrafi „poczuć" mikroruchy skóry wywołane przepływem krwi w naczyniach. Każde uderzenie serca powoduje minimalne naprężenie materiału, a to z kolei zmienia jego właściwości elektryczne. Zarejestrowany sygnał można następnie przetworzyć na informację o pulsie, rytmie serca czy innych parametrach fizjologicznych.

W przeciwieństwie do popularnych czujników optycznych, które wykorzystują diody świecące i światło przenikające przez skórę, czujnik meksenowy nie potrzebuje żadnych źródeł światła. Dzięki temu jest bardziej energooszczędny i odporny na trudne warunki środowiskowe, takie jak promieniowanie kosmiczne czy długotrwała praca bez możliwości serwisowania. To jedna z przyczyn, dla których wzbudził zainteresowanie badaczy zajmujących się technologiami kosmicznymi i monitorowaniem zdrowia astronautów. Dodatkową zaletą węglika tytanu w formie MXenu jest możliwość łączenia go z materiałami biologicznymi, takimi jak celuloza bakteryjna. Powstają w ten sposób miękkie, elastyczne opaski lub plastry, które można nosić bez podrażnień skóry przez długi czas. Co więcej, materiały te mogą być wytwarzane w przyszłości bezpośrednio w kosmosie, co ograniczyłoby konieczność transportu gotowych urządzeń z Ziemi. Czujnik meksenowy z węglika tytanu daje możliwość nie tylko pomiaru pulsu. To zapowiedź całej klasy inteligentnych, nieinwazyjnych sensorów, które mogą znaleźć zastosowanie zarówno w medycynie, rehabilitacji i sporcie, jak i w ekstremalnych warunkach lotów kosmicznych. Dzięki nim delikatne sygnały płynące z ludzkiego ciała stają się czytelne tam, gdzie jeszcze niedawno było to technicznie niemożliwe.

Przygotowanie opasek do eksperymentu okazało się szczególnie interesujące od strony technologicznej. Zastosowana celuloza bakteryjna



Opaski przygotowane do lotu na stację kosmiczną MSK. Utworzono je z celulozy bakteryjnej, niepalnych rzepów, nadrukowanego i zabezpieczonego folią kaptonową czujnika MXenowego. (*fot. N. Bargieł*)

musiała spełnić jednocześnie kilka rygorystycznych warunków: mieć jednolitą grubość, zachować elastyczność, zostać całkowicie wysterylizowana oraz być pozbawiona charakterystycznego zapachu bakterii octowych, który w warunkach zamkniętego środowiska stacji kosmicznej byłby niedopuszczalny. Równie istotne było potwierdzenie jej bezpieczeństwa w bezpośrednim kontakcie ze skórą człowieka.

W tym celu przeprowadzono testy biokompatybilności, do których zaangażowano wolontariuszy z Akademii Górniczo-Hutniczej. Uczestnicy nosili opaski nieprzerwanie przez tydzień, symulując długotrwałe użytkowanie w warunkach analogicznych do misji kosmicznej. Po zakończeniu testów oceniano stan skóry na nadgarstkach, zwracając uwagę na ewentualne podrażnienia, reakcje alergiczne czy dyskomfort. Wyniki potwierdziły, że materiał jest bezpieczny i dobrze tolerowany przez organizm ludzki.

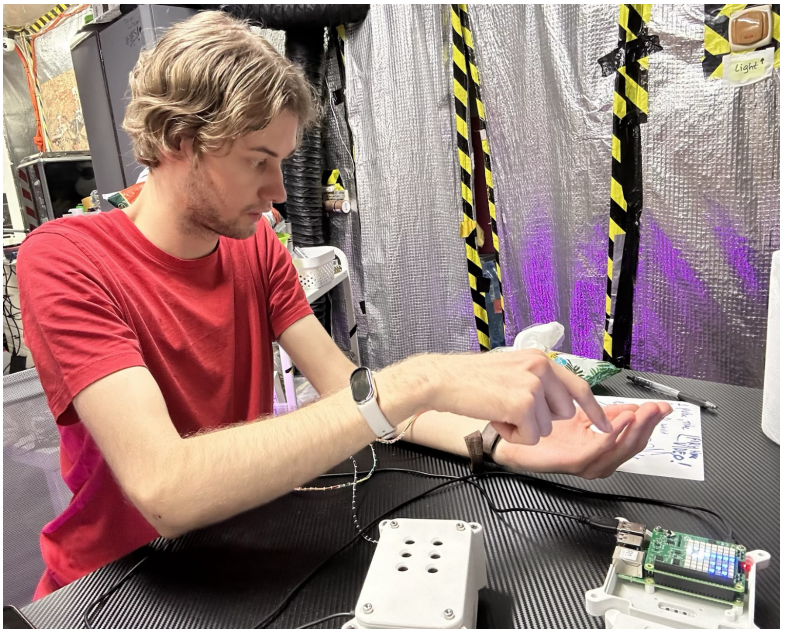
Kolejnym etapem było przygotowanie obszernej dokumentacji wymaganej przez agencję kosmiczną, która dopuszcza nowe materiały do użycia na pokładzie MSK. Proces ten obejmował szczegółowy opis właściwości materiału, metod jego wytwarzania, sterylizacji oraz potencjalnych zagrożeń. Dzięki pomyślnemu przejściu tej procedury celuloza bakteryjna w takiej postaci znalazła się po raz pierwszy w kosmosie. Jednocześnie uzyskany certyfikat bezpieczeństwa potwierdził jej przydatność nie tylko w warunkach orbitalnych, ale również w zastosowaniach naziemnych, otwierając drogę do dalszych badań i wdrożeń technologicznych.



Tradycją jest że każdy projekt elektroniczny wynoszony w kosmos na jednej stronie płytki ma wydrukowane imiona i nazwiska twórców. Oto 18 członków zespołu, których nazwiska znalazły się w części pierwszej projektu MXene in LEO.

Druga część eksperymentu miała charakter bezpośrednio związany z człowiekiem. Obejmowała sześć opasek zakładanych na nadgarstek kosmonauty, wykonanych z celulozy bakteryjnej oraz MXenów. Zastosowany czujnik reagował na mechaniczne odkształcenia naczyń krwionośnych i pozwalał na precyzyjny pomiar pulsu, a w przyszłości potencjalnie również sygnału EKG. W trakcie testów kosmonauta wykonywał zaplanowane ruchy nadgarstka, co umożliwiało analizę jakości sygnału i jego odporności na zakłócenia. Zaletą tego rozwiązania był brak elementów optycznych podatnych na degradację w kosmosie oraz możliwość wytwarzania zastosowanych materiałów bezpośrednio na orbicie w przyszłych misjach długoterminowych. Poza eksperymentami na stacji kosmicznej, pozostałe 6 opasek było równolegle testowane na Ziemi. W tym celu zrealizowano lustrzaną misję MXene in LEO w habitacie w Rzepienniku Strzyżewskim. Była to jednocześnie setna misja analogowa organizowana w Małopolsce.

Po zakończeniu misji eksperymenty wróciły na Ziemię, gdzie rozpoczął się kolejny etap badań laboratoryjnych, analiz danych oraz prac nad



Analogowy kosmonauta Yevhenii Raievskyi (Ukraina) w czasie lustrzanej misji MXene in LEO, wykonujący ten sam eksperyment co Sławosz Uznański-Wiśniewski na orbicie. Na dole eksperyment z 6 czujnikami badającymi ciągle wpływ środowiska na funkcjonowanie czujników (pierwsza część eksperymentu MXene in LEO). Po prawej stronie komputer symulujący AstroPi w trakcie pomiarów pulsu z założonej opaski na nadgarstku (druga część eksperymentu MXene in LEO). (*fot. V. Harelikau*)

patentami i wdrożeniami. W przypadku projektu MXene in LEO badania są obecnie kontynuowane we współpracy z ośrodkami medycznymi, w tym z udziałem pacjentów kardiologicznych. Rozwijane technologie mają potencjał zastosowania nie tylko w kosmosie, ale również w medycynie, rehabilitacji i długoterminowym monitorowaniu zdrowia.

Misja IGNIS pokazała, że Polska jest dziś zdolna nie tylko do udziału w prestiżowych przedsięwzięciach kosmicznych, lecz także do realnego współtworzenia wiedzy i technologii na najwyższym światowym poziomie. Zdobyte doświadczenia stanowią fundament pod kolejne projekty realizowane na orbicie i przyszłych stacjach kosmicznych, których budowa już się rozpoczyna. To historia o przekraczaniu granic – nie tylko geograficznych, ale przede wszystkim naukowych i technologicznych.

Adaptacja zaworów piezoelektrycznych z technologii kosmicznych do zastosowań ziemskich

Monika Lubas, Marta Żyłka, Natalia Marszałek

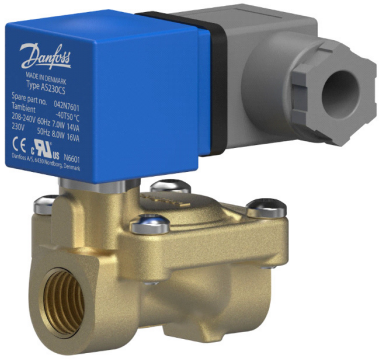
Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej

Streszczenie: W artykule omówiono proces transferu technologii piezoelektrycznych zaworów kulowych z sektora kosmicznego do zastosowań ziemskich – w szczególności w lotnictwie, medycynie, motoryzacji oraz systemach transportu i magazynowania wodoru. Opisana technologia, stosowana pierwotnie w systemach satelitarnych i rakietowych (np. ESA), charakteryzuje się wyjątkową szybkością działania (reakcja <1 ms), cichą pracą, wysoką trwałością oraz zdolnością do precyzyjnego sterowania przepływem gazów i cieczy. W pracy przeanalizowano konstrukcję zaworu, jego właściwości funkcjonalne oraz przewagi nad klasycznymi zaworami elektromagnetycznymi i mechanicznymi. Przedstawiono również potencjalne scenariusze wdrożenia w urządzeniach medycznych (pompy infuzyjne, respiratory), pojazdach elektrycznych i lotniczych oraz systemach opartych na technologii wodorowej. Transfer tej technologii na rynek cywilny i militarny może znacząco zwiększyć niezawodność, energooszczędność i kompaktowość nowoczesnych systemów przepływowych.

Wstęp

Technologie kosmiczne, projektowane z myślą o funkcjonowaniu w warunkach ekstremalnych – takich jak próżnia, wahania temperatur od -150 °C do $+150$ °C, promieniowanie jonizujące, ograniczone źródła energii oraz całkowity brak możliwości serwisowania – muszą spełniać rygorystyczne wymagania w zakresie niezawodności, kompaktowości oraz energooszczędności [1]. Ich rozwój, prowadzony przez agencje takie jak ESA czy NASA, skutkuje powstaniem rozwiązań gotowych do zastosowania w najbardziej wymagających środowiskach.

W ostatnich latach obserwuje się intensyfikację procesów transferu technologii z sektora kosmicznego do zastosowań ziemskich. Takie podejście nie tylko zwiększa opłacalność badań kosmicznych, lecz także dostarcza wysokowydajnych rozwiązań dla przemysłu cywilnego i militarnego. Jednym z przykładów transferu jest adaptacja piezoelektrycznych zaworów kulowych, stosowanych w układach kontroli przepływu paliw i gazów w satelitach, sondach i rakietach nośnych. Wśród urządzeń sterujących przepływem w układach konstrukcji ziemskich stosowane są głównie zawory elektromagnetyczne i pneumatyczne (Rys. 1, Rys. 2). Zawory elektromagnetyczne, działające dzięki przemieszczeniu rdzenia pod wpływem pola magnetycznego, cechują się krótkim czasem reakcji i kompaktową budową [2], [3]. Znajdują szerokie zastosowanie m.in. w motoryzacji, automatyce przemysłowej czy urządzeniach medycznych. Ich wadą jest stosunkowo wysoki pobór mocy oraz ograniczona odporność na drgania, temperaturę i promieniowanie. Zawory pneumatyczne, zasilane sprężonym powietrzem, oferują prostą i bezpieczną konstrukcję, idealną do środowisk przemysłowych i spożywczych. Mimo szybkiego działania, ich skuteczność ogranicza konieczność stałego źródła ciśnienia oraz niższa precyzja sterowania [4], [5]. Na tle tych rozwiązań zawory piezoelektryczne wyróżniają się wyjątkowo niskim poborem energii, cichą pracą oraz bardzo wysoką precyzją dozowania przy braku elementów mechanicznych [6], [7]. Ich odporność na warunki ekstremalne (drgania, temperatura, próżnia) czyni je naturalnym wyborem dla technologii kosmicznych. Jednocześnie te same cechy stanowią istotną przewagę również w zastosowaniach ziemskich, np. w systemach medycznych, lotniczych, wojskowych czy mikroautomatyce, gdzie wymagana jest niezawodność, energooszczędność i dokładność przy zachowaniu kompaktowych rozmiarów.



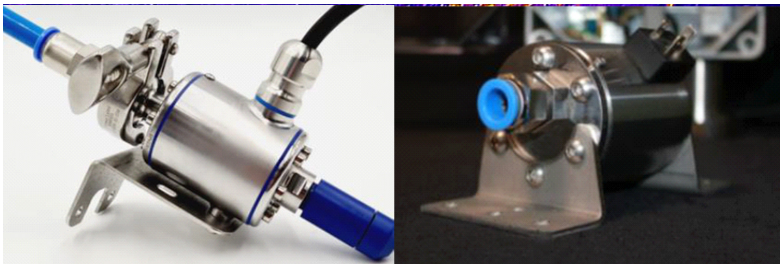
Rysunek 1. Zawór elektromagnetyczny [2].



Rysunek 2. Zawór pneumatyczny [4].

Opis technologii

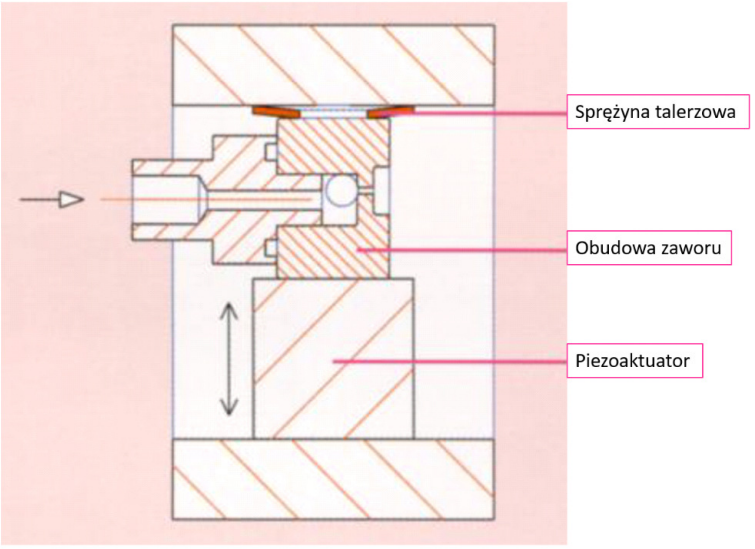
Technologia, na której bazuje nasze rozwiązanie, to szybko działający zawór kulowy do cieczy i gazów [8], stosowany w systemach kosmicznych. Zawory tego typu wykorzystywane są m.in. w rakietach, satelitach oraz systemach podtrzymywania życia, gdzie wymagane jest precyzyjne, niezawodne i błyskawiczne sterowanie przepływem substancji. Technologia opiera się na precyzyjnym, bezkontaktowym zaworze piezoelektrycznym, inspirowanym rozwiązaniami wykorzystywanymi w systemach kontroli paliwa i ciśnienia w satelitach (technologie ESA). Dzięki zastosowaniu siłowników piezoelektrycznych, zawór umożliwia cichą, szybką i precyzyjną regulację przepływu gazów i cieczy – z częstotliwością sięgającą nawet 3000 Hz. Zawór został zaprojektowany do szybkiego i precyzyjnego dozowania niewielkich ilości cieczy lub gazów (Rys. 3). Jego działanie opiera się na różnicy ciśnień pomiędzy wlotem, a wylotem zaworu. Otwarcie zaworu następuje, gdy kulka (pełniąca rolę elementu zamykającego) zostaje poruszona przez urządzenie aktywujące, np. piezoaktywator (to element, który zmienia swój kształt pod wpływem napięcia elektrycznego), który uderza w kulkę, powodując jej ruch z gniazda i otwarcie przepływu (Rys. 4). Technologia ta pozwala na precyzyjne i błyskawiczne otwieranie lub zamykanie przepływu cieczy i gazów bez potrzeby stosowania ruchomych części mechanicznych. Kluczową technologiczną zaletą jest miniaturyzacja, wysoka niezawodność i energooszczędność, dzięki czemu zawór może pracować w ekstremalnych warunkach, takich jak wysokie ciśnienia czy temperatury.



Rysunek 3. Szybko działający zawór kulowy do cieczy i gazów. TD-DE-1001 [8].

Transfer i adaptacja

Technologia została wybrana ze względu na swoją unikalną kombinację cech, które idealnie odpowiadają na potrzeby współczesnych systemów w lotnictwie i pojazdach wojskowych. Zawory stosowane w sektorze kosmicznym muszą działać niezawodnie w ekstremalnych warunkach,



Rysunek 4. Szybko działający zawór kulowy do cieczy i gazów. TD-DE-1001 [8].

z zachowaniem wysokiej precyzji i szybkości działania – dokładnie tych samych cech oczekuje się od zaworów stosowanych w nowoczesnych systemach pneumatycznych, hydraulicznych oraz gazowych w pojazdach lądowych i powietrznych.

Wybór tej technologii umożliwia:

- przeniesienie sprawdzonego w kosmosie rozwiązania do zastosowań naziemnych i lotniczych, co znacząco redukuje ryzyko technologiczne,
- wykorzystanie szybkiej reakcji zaworu (czas działania rzędu milisekund) do zastosowań wymagających dynamicznej kontroli przepływu [9],
- zapewnienie wysokiej trwałości i niezawodności, dzięki ograniczeniu liczby ruchomych elementów oraz zastosowaniu piezoaktuatora zamiast klasycznego napędu,
- osiągnięcie kompaktowości i efektywności energetycznej, co ma kluczowe znaczenie w przemyśle lotniczym i zbrojeniowym.

Zawór piezoelektryczny przewyższa zawory elektromagnetyczne i pneumatyczne: jest cichy, trwały, kompaktowy i nie wymaga ciągłego zasilania. Obecne rozwiązania są wolniejsze, mniej precyzyjne i bardziej awaryjne. Przewagą konkurencyjną jest zwiększenie efektywności, niezawodności i bezpieczeństwa systemów krytycznych oraz miniaturyzacja i wysoka odporność środowiskowa, a także poziom gotowości technologicznej TRL 6–9. Technologia ta stanowi gotową bazę do transferu na rynek niekosmiczny, oferując przewagę konkurencyjną dzięki swojej zaawansowanej konstrukcji i parametrom technicznym. Dzięki temu możliwe jest opracowanie nowoczesnych zaworów dla wymagających aplikacji,

z potencjałem komercjalizacji zarówno na rynku cywilnym, jak i militarnym:

- Lotnictwo: hamulce i podwozie (Rys. 5).
- Obronność: czołgi.
- Technologie wodorowe.
- Branża motoryzacyjna: pojazdy elektryczne, systemy chłodzenia.
- Medycyna (Rys. 6).



Rysunek 5. F/A-18E Super Hornet [10].



Rysunek 6. Przykład klinicznego układu infuzyjnego [11].

Wnioski

Przeprowadzone badania, analizy symulacyjne i proces adaptacji technologii piezoelektrycznych do warunków ziemskich pozwalają na sformułowanie szeregu wniosków o charakterze zarówno naukowym, jak i aplikacyjnym:

- Zawory piezoelektryczne, pierwotnie opracowane na potrzeby systemów kosmicznych, wykazują bardzo wysoką przydatność w aplikacjach naziemnych dzięki swojej kompaktowości, energooszczędności i wyjątkowej niezawodności.
- Ich cechy funkcjonalne, takie jak reakcja poniżej 1 ms, bezkontaktowa praca oraz wysoka precyzja sterowania przepływem, zapewniają istotne korzyści w porównaniu do klasycznych zaworów elektromagnetycznych i pneumatycznych, szczególnie w systemach o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa.
- Transfer technologii z sektora kosmicznego umożliwia skuteczne wykorzystanie rozwiązań zaprojektowanych dla środowisk ekstremalnych w zastosowaniach takich jak napędy i zawieszenia w lotnictwie oraz pojazdach specjalnych, infrastruktura dla gospodarki wodorowej i elektromobilności, nowoczesne systemy medyczne.
- Proces adaptacji zaworów wymaga uwzględnienia specyfiki środowiska pracy na Ziemi, w tym m.in. zmiennych temperatur, obecności drgań, różnorodnych mediów roboczych i wymagań integracyjnych z systemami sterowania.
- Przeprowadzona analiza wykazała, że zawory osiągają poziom gotowości technologicznej TRL 6–9, co oznacza gotowość do wdrożenia zarówno w sektorze cywilnym, jak i obronnym, przy zachowaniu wysokiej efektywności energetycznej i minimalnych wymagań serwisowych.
- Technologia ta wpisuje się w szerszy trend rozwoju inteligentnych systemów przepływowych, w których liczy się nie tylko funkcjonalność, ale też możliwość miniaturyzacji, integracji i autonomizacji.
- Przeprowadzone prace potwierdzają, że transfer technologii z sektora kosmicznego może być strategicznie efektywnym źródłem innowacji, przyspieszającym rozwój wysokoprecyzyjnych rozwiązań inżynierskich dla najbardziej wymagających aplikacji na Ziemi.

Podsumowując, opracowany zawór piezoelektryczny stanowi przykład udanego wdrożenia koncepcji „space-to-earth technology transfer", w którym rozwiązania opracowane dla ekstremalnych warunków kosmicznych znalazły praktyczne zastosowanie w inżynierii przemysłowej. Wyniki badań potwierdzają potencjał dalszego rozwoju tej technologii w kierunku miniaturowych, inteligentnych systemów przepływowych o dużej dynamice działania i niskim zapotrzebowaniu energetycznym. W perspektywie długofalowej rozwiązania oparte na piezoelektryce mogą stać się podstawą nowej generacji komponentów mechatronicznych stosowanych w automatyce przemysłowej, lotnictwie, energetyce i medycynie,

stanowiąc przykład konwergencji technologicznej pomiędzy badaniami kosmicznymi, a potrzebami nowoczesnego przemysłu.

Literatura

[1] M. Olivari, C. Jolly, M. Undseth, Space technology transfers and their commercialisation. 2021. doi: 10.1787/0e78ff9f-en

[2] L. Yang, T. Gao, X. Du, F. Zhai, C. Lu, X. Kong, „Electromagnetic Characteristics Analysis and Structure Optimization of High-Speed Fuel Solenoid Valves", Machines, t. 10, nr 10, Art. nr 10, paź. 2022, doi: 10.3390/machines10100964

[3] T. Munih, D. Miljavec, S. Čorović, „A Novel Design Concept of Electromagnetic Valve Actuator with High Starting Force", Energies, t. 12, nr 17, Art. nr 17, sty. 2019, doi: 10.3390/en12173300

[4] H. Ali, S. Noor, S. Bashi, M. H. Marhaban, „A Review of Pneumatic Actuators (Modeling and Control)", Aust. J. Basic Appl. Sci., t. 3, s. 440-454, sty. 2009

[5] G. Koury Costa, „Modelling Air Flow through Pneumatic Valves: A Brief Review with an Experimental Case Study", Eng, t. 4, nr 4, Art. nr 4, grudz. 2023, doi: 10.3390/eng4040149

[6] Y. Bernard, A. Razek, Piezoelectric valves design and optimization. 2012

[7] P. Tamburrano, F. Sciatti, A. R. Plummer, E. Distaso, P. De Palma, R. Amirante, „A Review of Novel Architectures of Servovalves Driven by Piezoelectric Actuators", Energies, t. 14, nr 16, Art. nr 16, sty. 2021, doi: 10.3390/en14164858

[8] https://esabroker.pl/technologie-kosmiczne/

[9] T. V. K. Vo, T. M. Lubecki, W. T. Chow, A. Gupta, K. H. H. Li, „Large-Scale Piezoelectric-Based Systems for More Electric Aircraft Applications", Micromachines, t. 12, nr 2, Art. nr 2, luty 2021, doi: 10.3390/mi12020140

[10] https://spidersweb.pl/2025/02/katastrofa-amerykanski-samolot-wojskowy.html

[11] https://www.journalonko.de/news/medizin/hoerschutz-chemotherapie-natriumthiosulfat













Wykładowcy podczas MTS-5. Marek Jamrozy, Tadeusz Uhl, Agata Kołodziejczyk, Mariusz Gibiec, Andrzej Chwastek, Piotr Strzelczyk.

Od eksperymentu do niezawodności – historia rozwoju systemów odzysku rakiet AGH Space Systems

Laura Morawska[1], Lena Starowicz[1], Mariusz Gibiec[2]

[1]Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie, Koło Naukowe AGH Space Systems
[2]Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
AGH Space Systems.

Streszczenie: W artykule przedstawiono ewolucję systemów odzysku opracowywanych w ramach zespołu AGH Space Systems, począwszy od pierwszych konstrukcji amatorskich po zaawansowane systemy stosowane w rakietach hybrydowych oraz na paliwo ciekłe. Opisano kolejne iteracje rakiet – od Beta i Bagiety, przez Panda 3, Prototype, Skylark oraz 3TTK+, aż po Turbulencję – uwzględniając zmiany technologiczne, nowe rozwiązania konstrukcyjne oraz kluczowe doświadczenia zdobyte podczas testów i lotów. Szczególną uwagę poświęcono rozwojowi systemów wyrzutu głowicy i mechanizmów separacji, w tym systemom opartym na czarnym prochu, pneumatycznym układom wyrzutu oraz mechanicznym typu C-clamp i trójkółkowym. Omówiono także ewolucję projektowania spadochronów (hemisferycznych, semisferycznych, ringsail, disc-gap-band) oraz stosowanych pokrowców ognioodpornych, ze wskazaniem ich wpływu na bezpieczeństwo i niezawodność misji. Artykuł podsumowuje zdobyte doświadczenia oraz prezentuje kierunki dalszego rozwoju systemów odzysku w ramach zespołu.

Wstęp

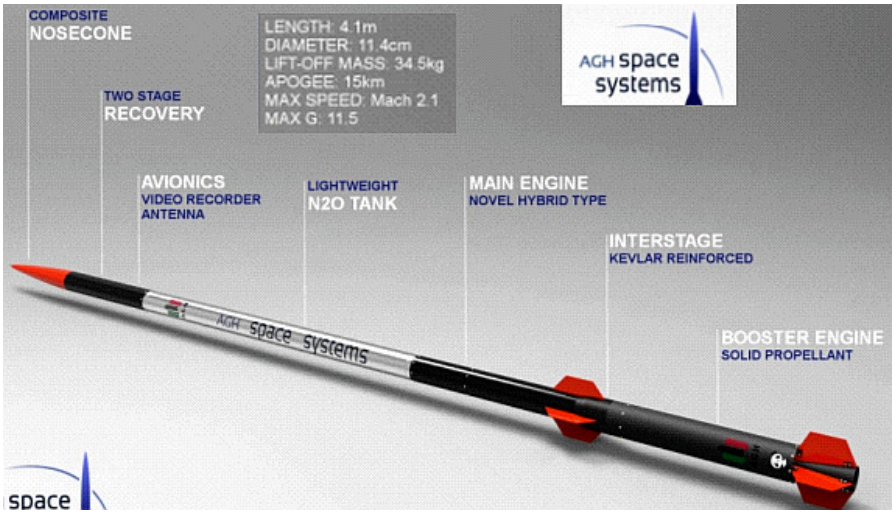
System odzysku stanowi kluczowy element konstrukcji rakiet amatorskich i eksperymentalnych, umożliwiając bezpieczny powrót ładunku oraz samej rakiety na ziemię po zakończeniu misji. Przedstawiona analiza uwzględnia wpływ zdobytego doświadczenia na kolejne iteracje pro-

jektowe oraz rolę interdyscyplinarnej współpracy w zespole. Omówione zostały główne wyzwania projektowe i techniczne związane z konstruowaniem niezawodnych systemów odzysku, w tym aspekty związane z uruchamianiem systemów separacji oraz integracją z pokładową elektroniką. Na zakończenie przedstawione zostały plany zespołu oraz dalsze kierunki rozwoju projektu.

Rakiety Beta i Bagieta

Rakieta Beta była pierwszym projektem zespołu AGH Space Systems. Jest to rakieta jednostopniowa, która w całości przetrwała lot i bezpiecznie powróciła na ziemię. Dla zespołu był to ogromny sukces i motywacja do dalszego działania.

Bardziej zaawansowaną była dwustopniowa rakieta Bagieta. Jej test lotny nie zakończył się sukcesem, na ziemię wróciła jedynie głowica rakiety. Jednakże, projekt ten pozwolił zespołowi zdobyć cenne doświadczenie i wiedzę, które zostały wykorzystane w kolejnych misjach.



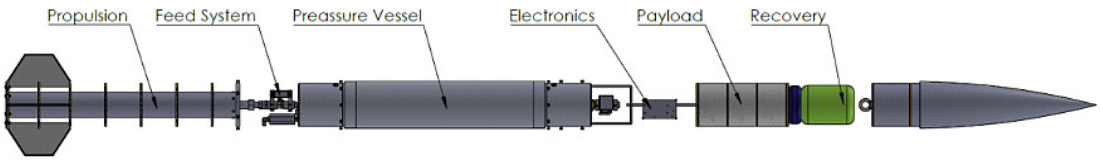
Rysunek 1. Rakieta Bagieta.

Niestety nie ma obecnie zbyt wiele informacji na temat systemu odzysku tych dwóch rakiet, ponieważ projekty pochodzą sprzed 10 lat i dostęp do ich raportów jest ograniczony.

Rakieta Panda3

Z wykorzystaniem wiedzy zdobytej podczas wcześniejszych lotów zespół przystąpił do projektowania kolejnej rakiety jednostopniowej – Panda 3. Na etapie koncepcyjnym przeanalizowano kilka możliwych kierunków

rozwoju systemu odzysku, uwzględniając dotychczasowe doświadczenia oraz wymagania misji.



Rysunek 2. Rakieta Panda3.

Po przeprowadzeniu szeregu analiz zdecydowano się na zastosowanie czarno-prochowego systemu wyrzutu głowicy, który w tym przypadku okazał się rozwiązaniem najbardziej korzystnym pod względem niezawodności oraz masy. Projekt ten zapoczątkował również rozwój mechanizmów trójkółkowych w naszym zespole. W tej iteracji mechanizm był aktywowany za pomocą solenoidu, którego zadaniem było przecięcie (złamanie) śruby blokującej system.

Bezpieczny powrót rakiety na ziemię zapewniały dwa spadochrony typu semisferycznego: 1) spadochron hamujący (drogue) o średnicy 0.9 metra, 2) spadochron główny o średnicy 2.3 metra.



Rysunek 3. Spadochrony (hamujący i główny) rakiety Panda3.

Rakieta Prototype

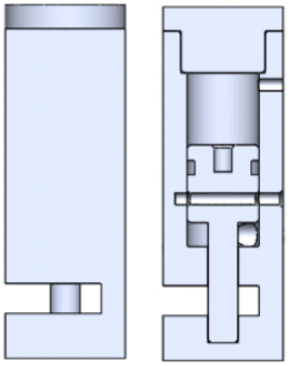
Prototype to kolejna konstrukcja rakietowa, która zaznaczyła się dla rozwoju naszego zespołu rakietowego w AGH Space Systems. Projekt ten był szczególnie ważny, ponieważ właśnie w Prototype po raz pierwszy zostało wdrożone kilka zaawansowanych rozwiązań związanych z systemem odzysku. Największą nowością było zastosowanie spadochronu typu ringsail. Jego konstrukcja zapewnia lepszą stabilność i bardziej równomierne

otwieranie się czaszy, co jest szczególnie istotne przy większych prędkościach i dużych wysokościach. W rakiecie zostały zastosowane dwa spadochrony: spadochron hamujący o średnicy 1.2 metra oraz spadochron główny o średnicy 3 metry. Na zdjęciach (Rys. 4) możemy zobaczyć testy tych rozwiązań: zarówno otwarcie spadochronu ringsail na łące, jak i testy zrzutowe przeprowadzane z wysokości – na przykład z klifu.

Zaprojektowany został również zupełnie nowy mechanizm uwalniania spadochronu. Zamiast dotychczasowego solenoidu, zastosowano tłok odpalany za pomocą czarnego prochu i ematchy. Tłok działa w systemie trójkółkowym i cechuje się większą niezawodnością. Dodatkowo, po raz pierwszy w historii zespołu zastosowane zostały pokrowce ogniood-porne, które chronią czasze spadochronów przed działaniem wysokiej temperatury, co znacząco zwiększa ich trwałość i bezpieczeństwo.



Rysunek 4. Spadochrony (hamujący i główny) rakiety Prototype.

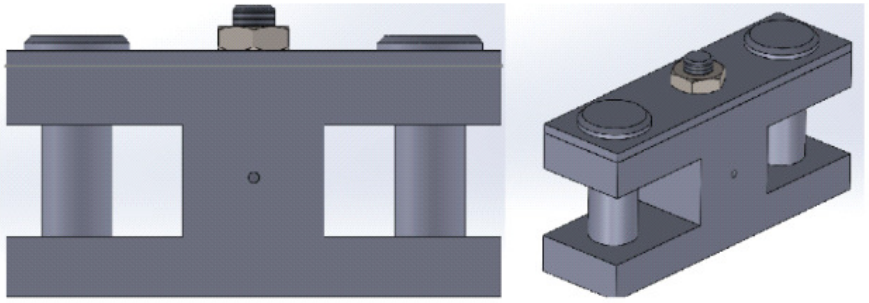


Rysunek 5. Schemat działania tłoku w rakiecie Prototype.

Rakieta Skylark

Po znaczących postępach technologicznych osiągniętych w rakiecie Prototype zespół rozpoczął prace nad jej kolejną iteracją, nazwaną Skylark. Najważniejszą zmianą konstrukcyjną było wprowadzenie nowego

systemu uwalniania spadochronu głównego typu „Tender Descender". Mechanizm ten wykorzystuje ładunek czarnego prochu oraz elektroniczne zapalniki do bezpiecznego rozłączenia dwóch połączonych ze sobą metalowych elementów, co umożliwia kontrolowane zwolnienie spadochronu. Równocześnie zespół zdecydował się kontynuować rozwój spadochronów zastosowanych w poprzedniej iteracji rakiety, udoskonalając ich konstrukcję oraz charakterystyki aerodynamiczne. W rakiecie Skylark zastosowano dwa spadochrony: spadochron hamujący o średnicy 1.2 metra i spadochron główny o średnicy 3.6 metra.



Rysunek 6. Schemat mechanizmu typu „Tender descender".

Rakieta Prototype – 3TTK+

Kolejnym etapem rozwoju naszej sekcji była czwarta iteracja rakiety Prototype – 3TTK+. Konstrukcyjnie była ona znacząco udoskonalona, jednak system odzysku pozostał bez zmian względem wcześniejszej wersji.



Rysunek 7. Schemat rakiety 3TTK+.

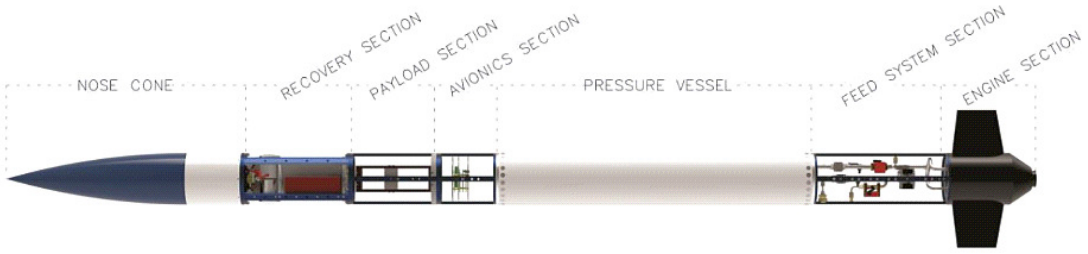
W rakiecie zostały zastosowane dwa spadochrony: spadochron hamujący o średnicy 1.2 metra i spadochron główny o średnicy 3.6 metra. Cała rakieta ważyła 44 kilogramy. Niestety, podczas lotu na Spaceport America Cup 2023 system odzysku zawiódł. Zadziałał jedynie wyrzut głowicy, czyli pierwsza faza systemu. Natomiast spadochron hamujący został uszkodzony, co uniemożliwiło uwolnienie spadochronu głównego. W rezultacie rakieta spadła praktycznie bez kontroli, a na ziemię powróciła tylko głowica oraz butla ciśnieniowa.



Rysunek 8. Dokumentacja po upadku rakiety 3TTK+.

Rakieta Turbulencja

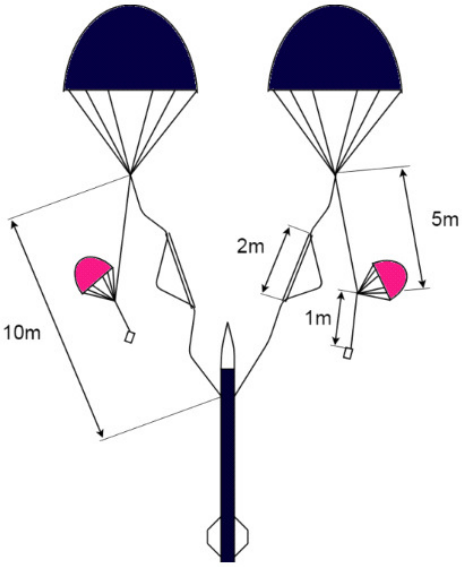
W trakcie rozwoju rakiet hybrydowych w naszym zespole równolegle prowadzone były prace nad Turbulencją – pierwszą polską studencką rakietą na paliwo ciekłe. Konstrukcja została zaprojektowana z myślą o osiągnięciu pułapu 10 km.



Rysunek 9. Rakieta Turbulecja.

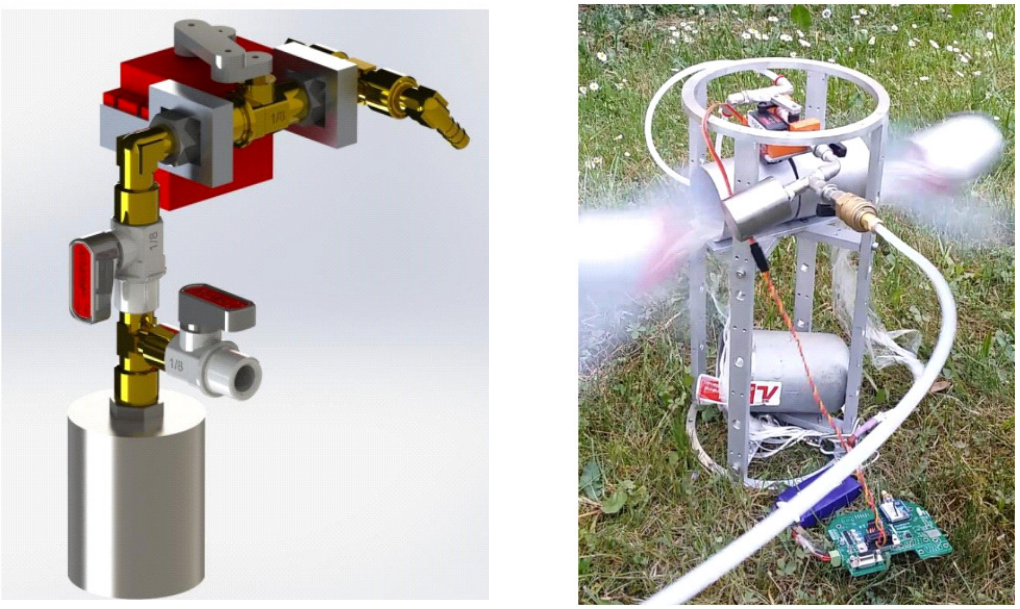
W swojej pierwotnej wersji Turbulencja wyposażona była w bardzo innowacyjny, a zarazem złożony system odzysku. System ten opierał się na dwóch spadochronach hamujących typu hemisferycznego, z których każdy miał za zadanie wyciągnięcie jednego z dwóch spadochronów głównych typu Ringsail.

Kolejną innowacją zastosowaną w sekcji rakiet koła AGH Space Systems był autorski projekt pneumatycznego systemu wyrzutu głowicy, w całości zaprojektowany przez członków sekcji. Jego głównym zadaniem było zapewnienie jednoczesnego i symetrycznego wyrzutu dwóch spadochronów hamujących, co miało zwiększyć stabilność i skuteczność całego systemu odzysku. Całość była umieszczona w specjalnej klatce



Rysunek 10. Schemat systemu odzysku w pierwotnej wersji rakiety Turbulencja.

wewnątrz rakiety, zaprojektowanej w taki sposób, aby chronić układ pneumatyczny i zapewnić prawidłowe działanie w warunkach lotu. Mimo, że system został przetestowany i działał poprawnie na ziemi, to nie został nigdy użyty w locie, ponieważ Turbulencja w tej konfiguracji nigdy nie wzniosła się w powietrze.



Rysunek 11. Schemat pneumatycznego systemu wyrzutu głowicy (z lewej) oraz pneumatyczny systemu wyrzutu głowicy w działaniu.

Po wielu latach pracy, kolejnych iteracjach oraz niespełnionych marzeniach o jej locie, Turbulencja doczekała się swojej najnowszej wersji. Pierwotnie rakieta miała odziedziczyć system odzysku stosowany w 3TTK+, jednak w oparciu o wcześniejsze doświadczenia oraz analizę

niepowodzenia podczas lotu tamtej rakiety zdecydowano o wprowadzeniu istotnych zmian i ulepszeń.

Turbulencja została wyposażona w nowy spadochron hamujący typu disc-gap-band, charakteryzujący się większą wytrzymałością oraz poprawioną stabilizacją. Dodatkowo uszyto całkowicie nowy spadochron główny typu ringsail o średnicy około 4.5 m, będący największym spadochronem wykonanym dotychczas przez obecny zespół.

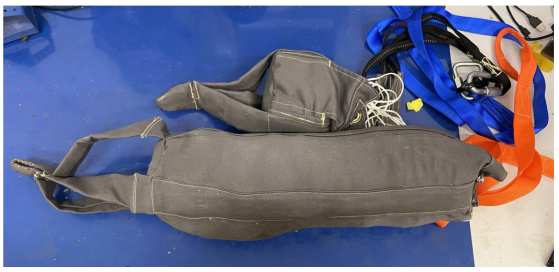
W ramach tej iteracji opracowano również nowy mechaniczny system wyrzutu głowicy, stanowiący odpowiedź na problemy napotkane w poprzednich wersjach.Jednocześnie nastąpił powrót do rozwoju mechanizmów trójkółkowych, które ponownie pełnią kluczową rolę w systemie odzysku rakiety.

Dla obecnej iteracji Turbulencji uszyte zostały nowe pokrowce ognioodporne, które opracowane zostały z myślą o zwiększeniu bezpieczeństwa i trwałości systemów odzysku. Uszyto pokrowce zarówno dla spadochronu hamującego, jak i głównego. Co ważne, spadochron hamujący wraz z jego pokrowcem znajduje się w głowicy i jest uwalniany bezpośrednio podczas jej wyrzutu. Natomiast spadochron główny umieszczony jest w segmencie recovery rakiety i zostaje wyciągnięty przez spadochron hamujący w drugiej fazie odzysku.



Rysunek 12. Spadochron główny rakiety Turbulencja.

W nowych pokrowcach zastosowaliśmy dodatkowe pasy stabilizujące, które poprawiają ułożenie i zapobiegają przypadkowemu rozwinięciu spadochronu wewnątrz rakiety. Zwiększyliśmy również odporność materiału na wysoką temperaturę i uszkodzenia mechaniczne, dzięki czemu pokrowce mogą być używane wielokrotnie, co znacząco obniża koszty kolejnych misji.



Rysunek 13. Pokrowce ognioodporne na spadochrony.

Chcąc odejść od stosowania czarnego prochu, który w praktyce okazał się problematyczny oraz trudny w integracji z systemami rakietowymi, zespół zdecydował się zaprojektować mechaniczny system wyrzutu głowicy typu C-clamp. Jego działanie opiera się na dwóch paskach ze stali sprężynowej z klamrami typu V-clamp. Mechanizm jest wstępnie naprężany śrubą z siłą około 1500 N, a następnie blokowany linką Dyneema, która w momencie aktywacji zostaje przepalona za pomocą drutu oporowego.

Za właściwy wyrzut głowicy odpowiada zestaw sprężyn, które rozprężają się natychmiast po otwarciu metalowej opaski, zapewniając szybkie i symetryczne oddzielenie elementów systemu odzysku [1].

W Turbulencji został użyty również nowy mechanizm 3-kółkowy, który służy do zabezpieczenia i kontrolowanego uwalniania elementów systemu odzysku [1]. Działa on w ten sposób, że jego zwolnienie następuje poprzez przepalenie linki Dyneema przy pomocy cienkiego drutu oporowego. Po podaniu prądu drut rozgrzewa się, a linka ulega przecięciu, co powoduje zwolnienie całego mechanizmu. W czasie testów zauważyliśmy 2-sekundowe opóźnienie między rozpoczęciem nagrzewania a rzeczywistym uwolnieniem mechanizmu. Jest to bardzo ważny parametr, który musi zostać uwzględniony w sterowaniu systemem. Dla zwiększenia niezawodności i redundancji planujemy zastosować dwa niezależne mechanizmy 3-kółkowe. Dzięki temu, nawet jeśli jeden z nich zawiedzie, drugi może zapewnić poprawne otwarcie spadochronu.

Wnioski

System odzyskiwania rakiety jest jej bardzo ważnym elementem, ponieważ zarówno konstrukcja rakiety, jak i informacje pozyskane podczas misji mogą zostać utracone w przypadku jej rozbicia. Na przestrzeni

lat, w trakcie budowy wielu różnych rakiet AGH Space Systems, przetestowano systemy odzysku oparte o wykorzystanie spadochronów. Rozważano i testowano je w różnych konfiguracjach korzystając z jednego lub dwóch spadochronów hamujących i głównych odpowiednio. Nie bez znaczenia pozostaje sposób projektowania spadochronów – w tym zakresie wykorzystywane spadochrony przeszły ewolucje od hemisferycznych i semisferycznych do ring-sail i disc-gap-band, które uznano za najlepsze dla większych rakiet z uwagi na ograniczenie oscylacji, stabilność i wydajność oraz dobrą predykcję miejsca upadku.

Szczególną uwagę poświęcono rozwojowi systemów wyrzutu głowicy i uwalniania spadochronów. W tym zakresie przetestowano mechanizmy oparte na czarnym prochu, pneumatycznym układzie wyrzutu oraz mechanicznym typu C-clamp i trójkółkowym. Dla systemów pirotechnicznych bezpieczeństwo spadochronów zapewniono stosując pokrowce ognioodporne. Bazując na doświadczeniach z przeprowadzonych testów naziemnych i odbytych lotów rakiet AGH Space Systems, dalszy rozwój systemu odzysku będzie zmierzał w kierunku optymalizacji mechanicznego systemu wyrzutu głowicy typu C-clamp. Do kontrolowanego i bezpiecznego uwalniania elementów systemu odzysku zaplanowano użycie dwóch niezależnych mechanizmów 3-kółkowych, co zapewni redundancję i wysoki poziom niezawodności. Zwolnienie blokady mechanizmu sterowane będzie przez komputer pokładowy jednak określenie właściwego momentu wyzwolenia systemu wymaga dalszych testów i zastąpienia sposobu przecinania linki Dyneema z użyciem drutu oporowego rozwiązaniem mechanicznym.

Literatura

[1] Andres E. i in., 2026, AAN, 7, 217

Znalezisko z Dębowca: meteoryt czy ziemski artefakt?

Piotr M. Strzelczyk[1,6], Marek Góral[2], Łukasz Peszek[3], Marcin Kowalik[4], Michał Inglot[4], Agnieszka Woźniak[5], Wacław Moskal[6]

[1] Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej, Politechnika Rzeszowska
[2] Katedra Nauki o Materiałach, Politechnika Rzeszowska
[3] Wydział Biologii i Rolnictwa, Uniwersytet Rzeszowski
[4] Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, Politechnika Rzeszowska
[5] Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie
[6] PTMA O/Krosno

Streszczenie: Niniejsze badanie przedstawia interdyscyplinarne badania dużego okazu bogatego w żelazo, odkrytego w Dębowcu na Podkarpaciu. Obiekt, ważący około 27 kg, początkowo wykazywał cechy sugerujące pochodzenie meteorytowe, w tym skorupę obtopieniową i silne właściwości magnetyczne. Fragment poddano systematycznym analizom fizycznym i materiałowym. Uzyskane wyniki sugerują, że okaz reprezentuje stop ziemski o nietypowej historii formowania, naśladujący cechy meteorytowe. Niniejsze studium przypadku podkreśla znaczenie stosowania rygorystycznych metod fizycznych: pomiarów gęstości, badań twardości i analizy mikrostrukturalnej w odróżnianiu autentycznych meteorytów od ziemskich imitacji.

Wprowadzenie

W artykule przedstawiono studium przypadku pseudo-meteorytu znalezionego we wsi Dębowiec, na Podkarpaciu, w powiecie jasielskim, w Polsce, w lokalizacji o współrzędnych: 49°.681169N, 21°.457849 E.

Okaz został znaleziony przez Pana Pawła Pierzchowicza, podczas usuwania korzeni orzecha włoskiego, na głębokości ok. 60 cm poniżej poziomu gruntu. Obiekt mieścił się w prostopadłościanie o wymiarach 710×580×240 mm i był kształtem zbliżony do trójosiowej elipsoidy. Masa obiektu wynosi około 27 kg (Rys. 1). Widoczna jest skorupa obtopieniowa, podobna do tej, która utworzy się w wyniku ablacji towarzyszą-

cej wejściu w atmosferę. Obiekt wykazywał właściwości magnetyczne, w tym zakłócenia wskazań kompasu i zdolność przyciągania magnesu. Właściwości te początkowo sugerowały jego meteorytowe pochodzenie.

Fragment o masie ok. 155 g udostępniono do badań dzięki uprzejmości mgr inż. Wacława Moskala, prezesa krośnieńskiego oddziału Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii.



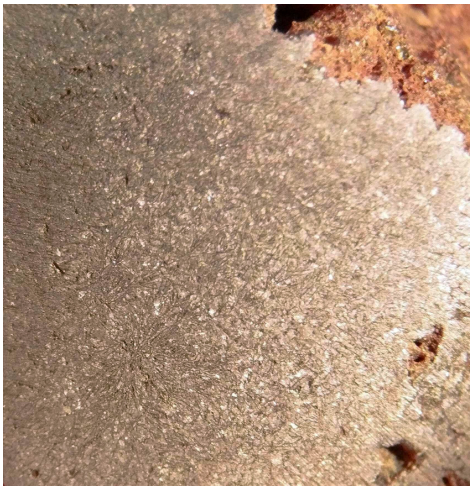
Rysunek 1. Ogólny wygląd okazu.

W poniższych rozdziałach zaprezentowano metodologię i wyniki przeprowadzonych badań.

Badania wstępne

Jak wspomniano powyżej, obiekt wykazuje właściwości magnetyczne. Sugeruje to obecność metali ferromagnetycznych. Skorupa ma kolor pomarańczowo-brązowy, co sugeruje obecność limonitu ($Fe_2O_3 \cdot n(H_2O)$), co sugeruje jego długotrwały kontakt z wodami gruntowymi. Jednak obiekt był zbyt masywny, i twardy, aby mógł być jedynie reprezentantem rudy darniowej (Pawlik 2023). Skorupa uległa silnej korozji w wyniku długotrwałego narażenia na warunki glebowe. Fragment okazu został z wielkim trudem odcięty piłą do metalu, a jego powierzchnia została wypolerowana. Materiał ten z łatwością zarysował szkło. Sugeruje to twardość w skali Mohsa około 6.5. Dla porównania: żeliwo szare ma twardość około 3-4 w skali Mohsa, podczas gdy żeliwo białe może osiągnąć nawet 6-7. Powierzchnia wytrawiona 10% kwasem azotowym stała się szara, a nie czarna, co wskazuje na specyficzne właściwości stopu. Sczernienie dyskwalifikowałoby okaz jako meteoryt. Nie ujawniły się również wzory Widmanstättena ani linii Neumanna. Makrofotografia (Rys. 2) pokazała aperiodyczną strukturę powierzchni.

Zatem, na tym etapie badań nie zaobserwowano żadnej regularnej struktury krystalicznej. Sugerowało to, że jest to atypowy stop. Brak struktury krystalicznej sugeruje szybkie schłodzenie, potencjalnie w wyniku kontaktu z wodą podczas jego formowania. Może to być ataksyt z grupy IVB: meteoryt stosunkowo rzadki (Buchner i in. 2012). Hipoteza ta wynikała z faktu, że ataksyty, które zawierają ponad 11% niklu, nie posiadają figur Widmanstättena ani Neumanna. Mają również strukturę afanową (Rubin 1997). Z drugiej strony, promieniste smugi, które się tu ujawniły, byłyby już absolutną rzadkością wśród meteorytów.



Rysunek 2. Przekrój próbki wytrawiony kwasem azotowym. Ta niestrukturyzowana powierzchnia najbardziej przypomina meteoryt Santiago Papasquiero z Durango w Meksyku w 1958 r. (Lewis 1965), lub Santa Catharina (Bernstein-Scorzelli 2008).

W niektórych nietypowych przypadkach meteoryty żelazne mogą nie mieć widocznych granic ziaren, zwłaszcza w przypadku meteorytów silnie stopionych lub poddanych silnym naprężeniom termicznym i mechanicznym podczas przelotu przez atmosferę. Natomiast procesy metalurgiczne, takie jak odlewanie, kucie czy walcowanie, pozostawiają zazwyczaj bardziej przewidywalne wzory strukturalne. Niezależnie od rzeczywistego pochodzenia, odkrycie ma cechy, które mogą wskazywać na unikalne procesy formowania.

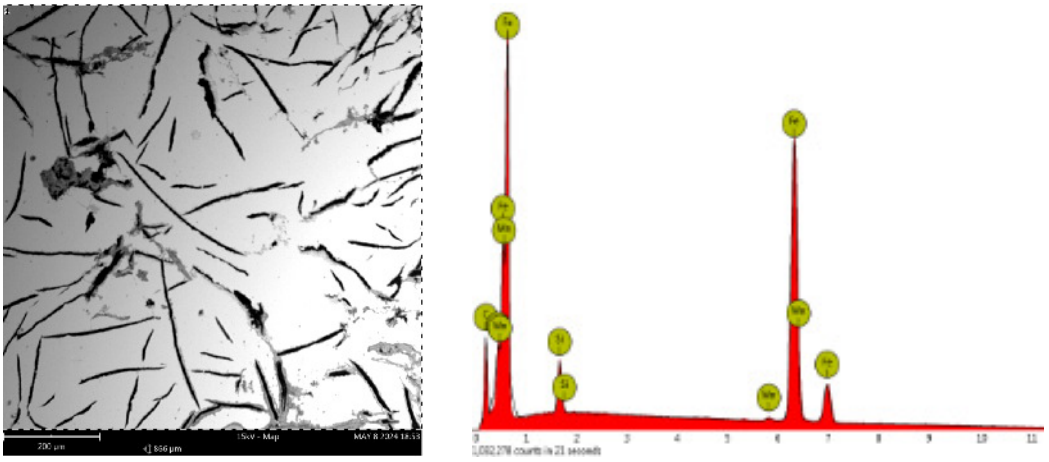
Gęstość obiektu zmierzono metodą Archimedesa. Pomiary gęstości dostarczają istotnych informacji na temat klasyfikacji materiałów meteorytowych i ziemskich. Pomiar przeprowadzono dla 149-gramowego fragmentu ze skorupą. Wyparta objętość wody wyniosła 28.67 cm^3. Daje to gęstość $\rho \approx 5.197$ g/cm^3. Ta wartość gęstości plasuje znalezisko pomiędzy meteorytami żelaznymi i kamiennymi. Brak klasycznych cech meteorytowych, takich jak Widmanstättena-Neumanna. Zaszła więc potrzeba znalezienia charakterystycznego składu chemicznego kamacytu i taenitu. Heksaedryty, np. Santo Antônio do Descoberto, IIAB Iron,

to meteoryty żelazne o niskiej zawartości niklu, zwykle poniżej 5.8%, a czasami nawet poniżej 5.3%. Zawierają głównie kamacyt i nie wykazują wzoru Widmanstättena. Chociaż większość meteorytów żelaznych zawiera znaczną ilość niklu, niektóre okazy grupy IAB mają niższe stężenia tego pierwiastka. Poniżej wymieniono kilka przykładów. Meteoryt ze stacji Udei, Nigeria, 1927, to meteoryt żelazny sklasyfikowany jako IAB-ungrouped, co oznacza, że należy do kompleksu IAB, ale nie mieści się w konkretnej podgrupie. Meteoryt ten jest szczególnie interesujący, ponieważ jego niska zawartość niklu i inkluzje krzemianowe stanowią wyzwanie dla tradycyjnych modeli powstawania meteorytów żelaznych. Twannberg IIG-IIAB, heksaedryt, zawiera również 5.1% Ni. Jednak zazwyczaj brak lub niewielka ilość niklu dyskwalifikuje obiekt jako meteoryt. Mogą istnieć wyjątki (Lobanov, Downes 2025).

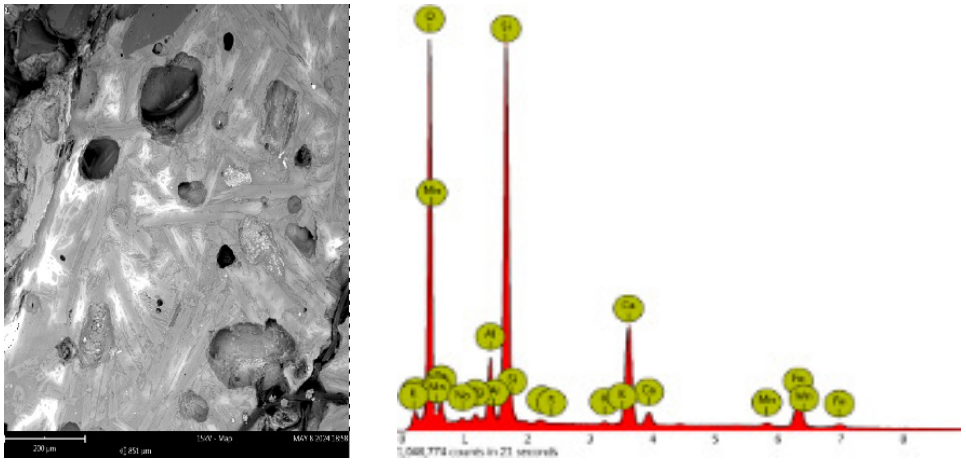
Badanie skaningowym mikroskopem elektronowym

Wyniki badań mikroskopem elektronowym skaningowym przedstawiono na rysunkach 3-8. Dane wskazują, że mamy do czynienia z żelazem, węglem, krzemem, tlenem i węglem, których stężenia wskazują na możliwe nietypowe procesy formowania. Obecność manganu w śladowych ilościach w meteorytach niekoniecznie wyklucza ich kosmiczne pochodzenie. W rzeczywistości mangan może występować w meteorytach w różnych formach, takich jak tlenki manganu lub związki chemiczne utworzone w procesach geologicznych na ciałach macierzystych meteorytu (Rubin 1997). Może być produktem procesów zachodzących na ciałach macierzystych meteorytów, takich jak różnicowanie magmowe lub utlenianie w warunkach bogatych w wodór. Mangan występuje w próbce w niewielkich ilościach. Jest to zgodne z zakresem stężeń występującym w meteorytach, zwłaszcza w zwykłych chondrytach lub meteorytach żelazno-kamiennych. Problem z odgazowaniem próbki podczas pierwszej analizy rentgenowskiej jest naprawdę interesującą wskazówką, która może wskazywać na porowatą mikrostrukturę próbki. Obiekt zawiera porowate struktury lub mikro-pęcherzyki, które mogły uwięzić gazy w wyniku gwałtownego chłodzenia lub nietypowych procesów chemicznych. Takie struktury występują czasami w meteorytach, zwłaszcza tych, które uległy gwałtownym zmianom termicznym podczas upadku, np. do środowiska wodnego. Wspomniane utlenianie w obecności wodoru mogło również wpłynąć na powstawanie określonych związków chemicznych na powierzchni obiektu lub w jego strukturze. Mogłoby to wyjaśniać trudności z odgazowywaniem próbki podczas analizy rentgenowskiej.

W meteorytach takie reakcje zachodzą czasami również w wyniku interakcji z wodą w kosmosie (Haberle, Garvie 2017). Badania meteorytu Sutter Mill wskazują na reakcje gazów takich jak wodór, dwutlenek węgla i siarkowodór wewnątrz meteorytu. (https://www.lpi.usra.edu /meteor/metbull.php?code=55529). Obiekt niniejszych badań zawierał uwięzione gazy. Może to wskazywać na zamknięte struktury mikroporów związane z procesami zachodzącymi w warunkach pozaziemskich.

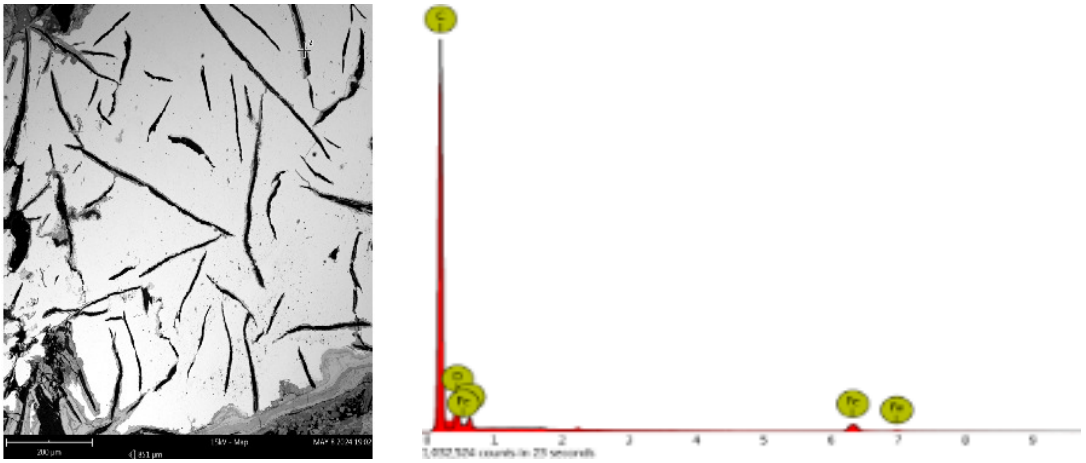


Rysunek 3. Obszar 1: FOV: 866 μţm, Mode: 15 kV - Map, Detector: BSD Full, Time: May 8 2024 18:53, Fe 90.76%, O 29.5%, C 2.20%, Si 3.42%, Mn 0.66% masy.

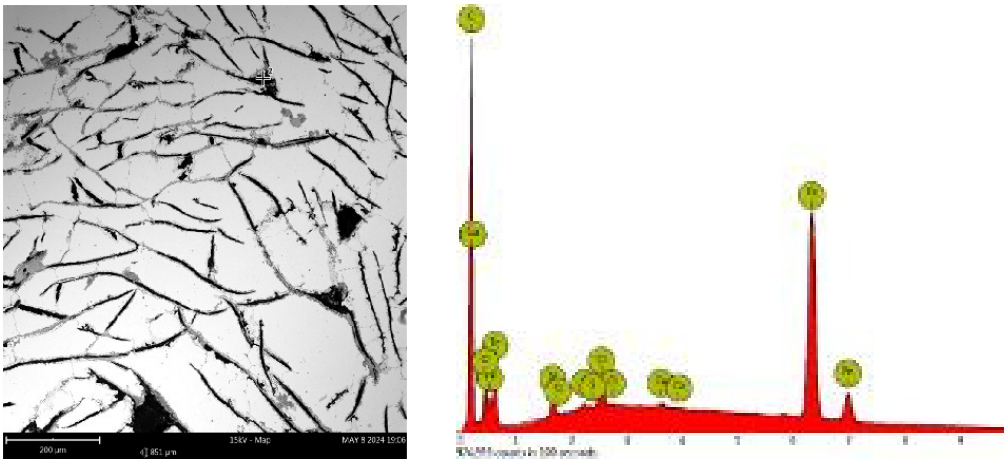


Rysunek 4. Obszar 2: granica wewnętrzna skorupy. FOV: 851 μm, Mode: 15 kV – Map, Detector: BSD Full, Time: May 8 2024 18:58, O 55.52%, Si 19.07%, Ca 10.46%, Fe 8,89%, Al 3.69%, Mg 0.54%, Na 0.49%, Mn 0.91%, S 0.22%, K 0.20% masy.

W próbce, badanej na Uniwersytecie Rzeszowskim, śladowe ilości wapnia i chloru pojawiają się w pewnych miejscach obok żelaza, krzemu, tlenu i innych pierwiastków. Może to potwierdzać hipotezę o zanieczyszczeniu ziemskim, zwłaszcza jeśli poziomy chloru są zgodne z poziomami uzyskanymi w badaniach meteorytów wystawionych na działanie warunków ziemskich. Nie wyklucza to jednak całkowicie pochodzenia kosmicznego, ponieważ niektóre meteoryty mogą naturalnie zawierać chlor



Rysunek 5. Obszar 3. FOV: 851 μm, Mode: 15 kV – Map, Detector: BSD Full, Time: MAY 8 2024 19:02, Fe 96.61%, Si 3.39% masy.



Rysunek 6. Obszar 4: FOV: 851 μm, Mode: 15 kV – Map, Detector: BSD Full, Time: May 8 2024 19:02, Fe 82.72%, O 11.68%, C 2.29%, Si 3.30% masy.

ze względu na procesy zachodzące w ich formowaniu (Gargano, Sharp 2019). Sól z wody może przenikać przez strukturę przez mikroskopijne pęknięcia, zwłaszcza jeśli próbka była długotrwale wystawiona na działanie wilgoci. Takie procesy często prowadzą do wtórnego, „ziemskiego" charakteru próbki, co może utrudniać identyfikację pierwotnego pochodzenia, zwłaszcza kosmicznego (Hamlinet i in.).

W próbce obecna jest niewielka ilość manganu. Mangan często dyskredytuje próbkę jako meteoryt. Jego obecność jest zazwyczaj związana z procesami metalurgicznymi. Istnieją jednak badania wskazujące na możliwość wytwarzania manganu w meteorytach w wyniku promieniowania kosmicznego (Shedlovsky 1960, Yokoyama, Labeyrie 1964). Mangan występował jedynie w pobliżu skorupy obtopieniowej. Może to być zanieczyszczenie glebą lub pozostałość po próbie przetopienia znaleziska przez dawnych metalurgów.

Z drugiej strony, wspomniana twardość, struktura amorficzna (quasi-

szkło, szkło metaliczne?) w niektórych miejscach oraz promieniste wzory („gwiazdy i kwiaty") na wytrawionym okazie mogą być wynikiem połączenia ekstremalnych warunków – uderzenia, ciśnienia i szybkiego chłodzenia. Procesy te mogą również wpływać na trudności w odgazowaniu próbki. Niska zawartość niklu może świadczyć przeciwko hipotezie meteorytowej, chociaż skupiska czystego żelaza mogą rzadko występować w meteorytach (Pechersky i in. 2015).

Wnioski i uwagi końcowe

Okaz z Dębowca mógł być wynikiem naturalnego opadu meteorytu, który został później poddany próbie przetopienia przez ludzi, być może nie zdających sobie sprawę z jego wartości.

Kształt próbki może wykluczać hipotezy związane z typowymi procesami wojskowymi lub przemysłowymi. Odlewy technologiczne są zazwyczaj projektowane z myślą o konkretnym przeznaczeniu, charakteryzują się funkcjonalnością, precyzją i mają dobrze zdefiniowane formy. Może to być wynik jakiegoś eksperymentu metalurgicznego. Autorzy nie znają jednak żadnych zakładów przemysłowych w tym rejonie, które mogłyby być źródłem takiego obiektu. Ponadto, skład, masa i struktura nie pasują do żelaza średniowiecznego. Okaz jest bardzo nietypowy, prawdopodobnie nie dający się konwencjonalnie sklasyfikować. Warto przeprowadzić dalsze badania. Kształt, masa i skład chemiczny obiektu (głównie żelazo z niewielkim udziałem innych pierwiastków) sugerują jego unikatowe pochodzenie.

W dawnym hutnictwie uzyskiwano tzw. grąpie, gąbczaste bryłki, które ważyły co najwyżej kilkaset gramów, które przekuwano następnie na sztabki lub przedmioty użytkowe. Podobnie czyniono z meteorytami żelaznymi (Buchner i in. 2012, Jambon i in.. 2025).

Należy podkreślić, że znane są też inne zagadkowe znaleziska w skali światowej, np. Chinga (Buchner i in. 2012, Grokhovsky i in.). Ataksyty znalezione w rzece Czinga w Ałtaju (łącznie ok. 250 kg), czy z Council Bluffs, Iowa 1977 (Nolan, Valle, Jiang, Lemke 2022), były uznawane długo za okazy rudy żelaza.

Literatura

[1] R. Bernstein Scorzelli, Meteorites: Messengers from the Outer Space, J. Braz. Chem. Soc., Vol. 19, No. 2, 226-231, 2008

[2] E. Buchner, M. Schmieder, G.Kurat, F Brandstätter, U. Kramar, T. Nataflos, J. Köchert, Buddha from space – An ancient object of art made of a Chinga iron

meteorite fragment, Meteoritics & Planetary Science 47, Nr 9, 1491-1501 (2012), doi: 10.1111/j.1945-5100.2012.01409.x

[3] A. Gargano, Z. Sharp, The chlorine isotope composition of iron meteorites: Evidence for The Cl Isotopecomposition Of The Solar Nebula and Implications for Extensive Devolatilization During Planet Formation, Meteoritics & Planetary Science 54, Nr 7, 1619-1631 (2019)

[4] V. I. Grokhovsky, A. I. Pikulev, V. A. Semionkin, O. B. Milder, Mössbauer Spectroscopy Of The Chinga Meteorite. Meteoritics & Planetary Science, vol. 35, Suplement p.A66

[5] S. Hamlin, D. Garrison, D. Bogard, Chlorine Abundances in Meteorite, Lunar and Planetary Science

[6] Ch. W. Harberle, L.A.J. Garvie. Extraterrestrial Formation of Oldhamite and Portlandite Through Thermal Metamorphism of Calcite in The Sutter's Mill Carbonaceous Chondrite, American Mineraologist, Vol. 102 Iss. 12, Nov. 2017, doi.org/10.2138/am-2017-6180

[7] A. Jambon i in., Heavenly metal for the commoners: Meteoritic irons from the Early Iron Age cemeteries in Częstochowa (Poland), Journal of Archaeological Science: Reports, Vol. 62 April 2025

[8] Ch. F. Lewis, Discovery of Santiago Papasquiero, Mexico, The Meteoritical Bulletin, No. 33, Moscow, March 1965, https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php?code=23169

[9] L.A. Łobanov, H. Downes, Characterizing Ungrouped Iron Meteorites Using Statistical Analysis, 56th LPSC, (2025)

[10] G.P. Nolan i in., Improved instrumental techniques, including isotopic analysis, applicable to the characterisation of unusual materials with potential relevance to aerospace forensics, Progress in Aerospace Sciences 128 (2022) 100788 pp. 1-13

[11] M.I. Oshtrakh i in.. Reexamination of Chinga Meteorite Using Mössbauer Spectroscopy With High Velocity Resolution: Preliminary Results 71st Annual Meteoritical Society Meeting (2008)

[12] T. Pawlik, Ruda darniowa w Polsce – występowanie i zastosowanie w architekturze, Przegląd Geologiczny, vol. 71, nr 11, 2023; doi: http://dx.doi.org/10.7306/2023.45

[13] D.M. Pechersky, V.A. Tsalmovich, G.P. Markov, Pure Ion and Other Magnetic Minerals in Meteorites, Solar System Research, January 2015, DOI: 10.1134/S0038094614060070

[14] A.E. Rubin, Mineralogy of meteorite groups, Meteoritics B Planetary Science 32, 23 1-247 (1997)

[15] J.P. Shedlovsky, Cosmic-Ray Produced Manganese-53 In Iron Meteorites, Geochimica et Cosmochimica Acta,Dec. 1960

[16] M. Woźniak, Iron Meteorites Clasification In Pictures, Acta Societatis Meteoriticae Polonorum,Vol.12, 2021

[17] Y. Yokoyama, J. Labeyrie, Determination of Manganese-54 in Iron Meteorite. Nature 201, pp. 809-810 (1964) https://doi.org/10.1038/201809a0

[18] https://www.mindat.org/min-2402.html

[19] https://geology.com/minerals/mohs-hardness-scale.shtml

[20] https://www.lpi.usra.edu/

[21] https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php?code=55529

[22] https://www.national-geographic.pl/historia/pradawne-polskie-artefakty-wykonano-z-meteorytow-ujawnia-to-najnowsze-badanie/

Kosmos 482 – rejestracja fal uderzeniowych z wejścia atmosferycznego

Piotr M. Strzelczyk[1], Adrian Kordos[1], Damian Kordos[2]

[1] Katedra Inżynierii Lotniczej i Kosmicznej, Politechnika Rzeszowska

[2] Katedra Awioniki i Sterowania, Politechnika Rzeszowska

Streszczenie: W pracy przedstawiono badania aeroakustyczne wejścia atmosferycznego satelity Kosmos 482 w dniu 10 maja 2025 roku w oparciu o obserwacje przeprowadzone w Akademickim Ośrodku Szybowcowym w Bezmiechowej Górnej. W badaniach wykorzystano zestaw mikrobarometryczny opracowany przez zespół z Politechniki Rzeszowskiej, z myślą o obserwacjach obiektów kosmicznych i obiektów aerodynamicznych. Przeprowadzone badania pokazują duży potencjał rozwijanej techniki badawczej.

Wprowadzenie

Wejścia atmosferyczne różnych obiektów kosmicznych, takich jak meteoroidy, statki i „śmieci" kosmiczne", mogą być obserwowane różnymi środkami fizycznej rejestracji: wizualnie, radiowo (radiolokacja aktywna i pasywna), fotograficznie i wideorejestracji, jak również metodami akustycznymi w zakresie infradźwiękowym. Zaletą tej ostatniej techniki jest, podobnie jak w przypadku radiolokacji, możliwość prowadzenia obserwacji niezależnie od pory dnia jak również, praktycznie niezależnie od warunków meteorologicznych.

Podstawowym problemem jest tutaj, oprócz selektywności sensorów, także tło akustyczne: naturalne i antropogeniczne. Potrzebna jest bieżąca, programowa, selekcja potencjalnych sygnałów w celu ich szybkiej identyfikacji, i oszczędzania na pamięci RAM niezbędnej do zapisu danych. Istotny dla detekcji jest również przebieg kanału propagacji fali.

W niniejszym artykule przedstawiliśmy obserwacje wejścia w atmosferę ziemską sztucznego satelity Ziemi – Kosmos 482, niedoszłej radzieckiej sondy wenusjańskiej. Statek ten został wystrzelony 31 marca 1972 roku o 04:42 UTC. Sonda pozostała na orbicie okołoziemskiej na skutek

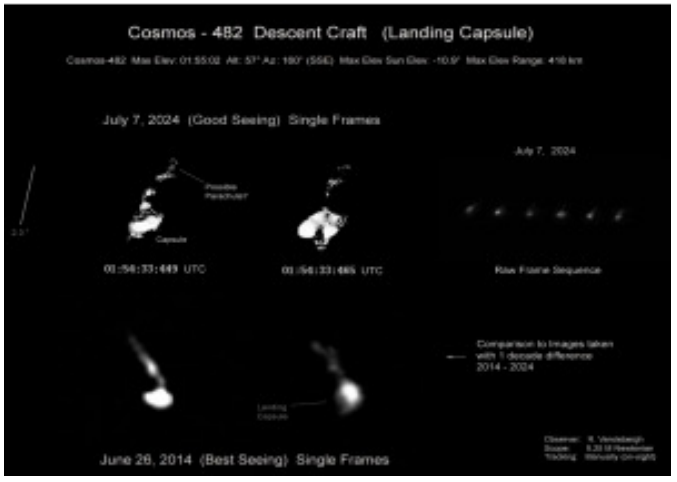
awarii timera, która to wyłączyła silnik stopnia ucieczkowego „Błok L". Po 53 latach, sonda weszła w atmosferę ziemską, rano 10 maja 2025r.

Szczęśliwie dla naszych badań i Ukrainy, Rosjanie ogłosili na 9-10 maja 2025 moratorium na ataki lotnicze i rakietowe w Ukrainie, więc element tła antropogenicznego w postaci eksplozji był nieobecny. Predykcja wejścia atmosferycznego podana przez EU SST wskazywała na atmosferyczny przelot obiektu nad Niemcami, Polską i Ukrainą (Rys. 1), z przekroczeniem pułapu 100 km w okolicach między Kassel a Bielefeld. Sygnał aeroakustyczny powinien być więc możliwy do detekcji z Polski.

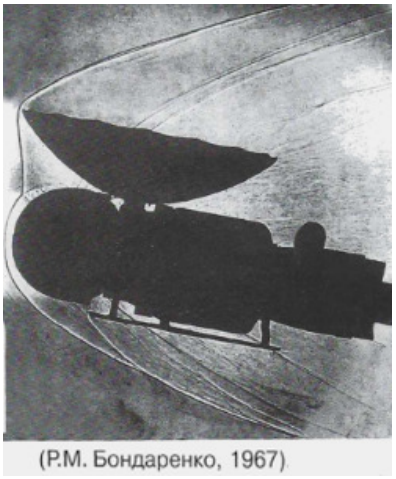
Pewne obserwacje wskazują na to, że lądownik oddzielił się już wcześniej od modułu serwisowego, i wyrzucony został spadochron, Vide: Rys. 2. Zatem hamowanie atmosferyczne nie wyglądało by raczej tak, jak ziemska wersja aerobreakingu sondy z rodziny Wenera przedstawiona na Rys. 3.



Rysunek 1. Dwie ostatnie ścieżki naziemne przelotów Kosmosu 482 nad Polską.



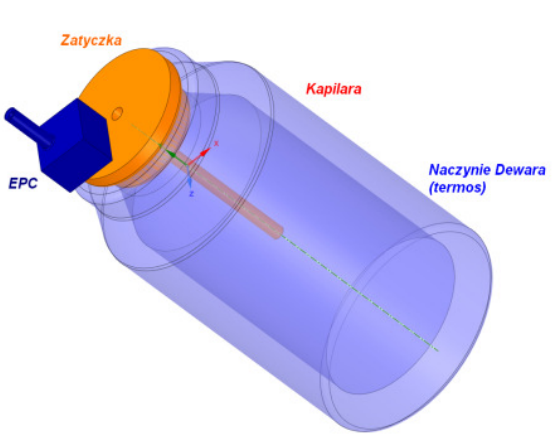
Rysunek 2. Prawdopodobnie widoczny spadochron wyrzucony z lądownika. (*fot. R. Vandenbergh. za: Space.com*)

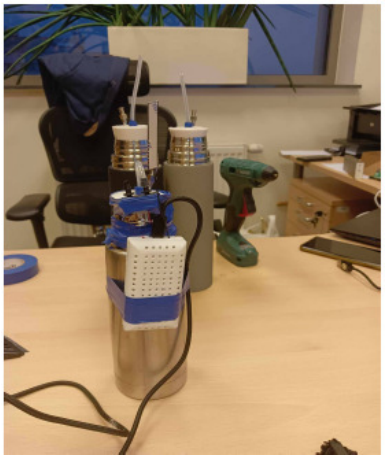


Rysunek 3. Wstępne hamowanie aerodynamiczne sondy z rodziny Wenera, badane na modelu w tunelu hipersonicznym.

Układ pomiarowy

System pomiarowy złożony był z trzech mikrobarometrów własnej konstrukcji. Pojedyncze stanowisko pomiarowe składa się z objętości kontrolnej 0.5 dm^3, wewnątrz naczynia Dewara (termosu). Objętość kontrolna połączona była z otoczeniem zewnętrznym za pomocą kapilary w postaci igły punkcyjnej i odcinka cienkiego wężyka silikonowego. Rozwiązanie to pozwalało na uśrednianie ciśnienia w objętości referencyjnej w trakcie odbierania badanego sygnału: eliminacja wpływu wahań ciśnienia atmosferycznego, temperatury i wpływu wiatru. Drugi port zbiornika połączony jest z zewnętrzem poprzez czujnik ciśnienia typu przepływowego o maksymalnym zakresie 125 Pa. Całość dla ochrony przed szybkimi zmianami temperatury i nasłonecznieniem została umieszczona wewnątrz otuliny termoizolacyjnej. Schemat urządzenia i widok ogólny pokazuje Rys 4.





Rysunek 4. Schemat sensora i gotowe sensory bez otuliny termoizolacyjnej.

Czujniki zostały rozstawione na pozycjach oznaczonych za pomocą systemu GNSS. Pozycje te zapewniają wystarczające przesunięcie czasowe sygnału w celu dokonania triangulacji dla wyznaczenia kierunku przybycia sygnału. Położenia czujników pokazano w Tabeli 1, natomiast lokalizację w terenie na Rys. 5.

Tabela 1. Położenia czujników wg. GPS, na szczycie Kamionki.

Nr	φ [°]	λ [°]	H [m n.p.m.]
1	49.522231 N	22.412170 E	603
2	49.520866 N	22.413251 E	612
3	49.521822 N	22.413322 E	611



Rysunek 5. Obraz położenia w terenie mikro-barometrycznych punktów pomiarowych w AOS Bezmiechowa.

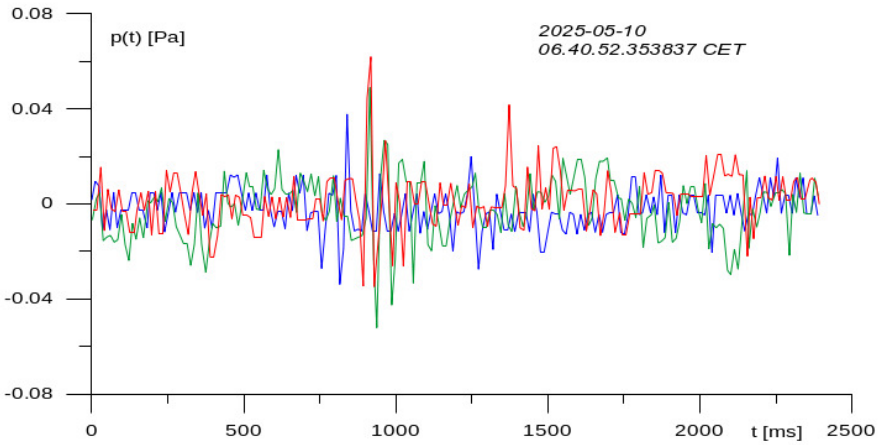
Dane pomiarowe były zbieranie przez komputer PC umieszczony w wieży, na budynku Akademickiego Ośrodka Szybowcowego. Komunikacja odbywała się za pomocą WiFi. Same punkty pomiarowe zasilane były przez power banki o dużej pojemności, zlokalizowane przy każdym z mikrobarometrów. Czujniki te rozmieszczono w lesie w celu minimalizacji tła związanego z wiatrem oraz oddziaływania nasłonecznienia.

Wyniki pomiarów

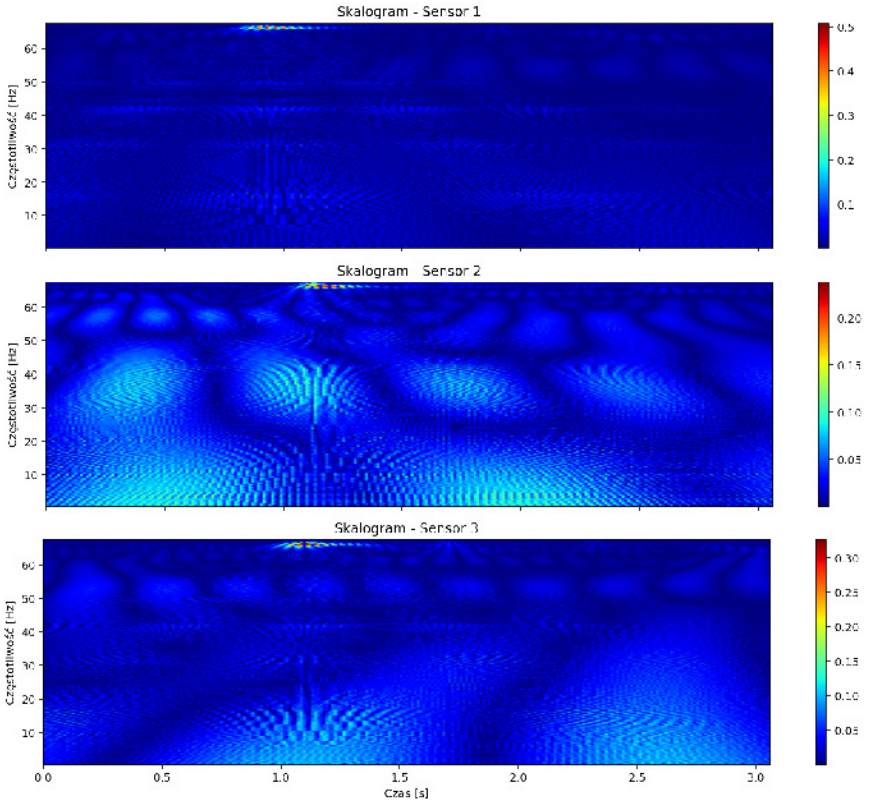
Pierwszy interesujący sygnał zaobserwowano o 6h 40m 52.35387s CET, w przedziale wartości [-60, 60] mPa, w pobliżu 0.9 s od momentu rejestracji zjawiska.

Skalogram dla analizy falkowej, z funkcją bazową Mortleta pokazuje, że sygnał jest mocno zaszumiony, ale możliwy do wyodrębnienia. Sygnał ten pochodził ewidentnie jeszcze od ruchu obiektu w dolnej termosferze,

powyżej linii von Kármána. Nota bene granica strefy anechoicznej jest na wysokości ok. 150 km.

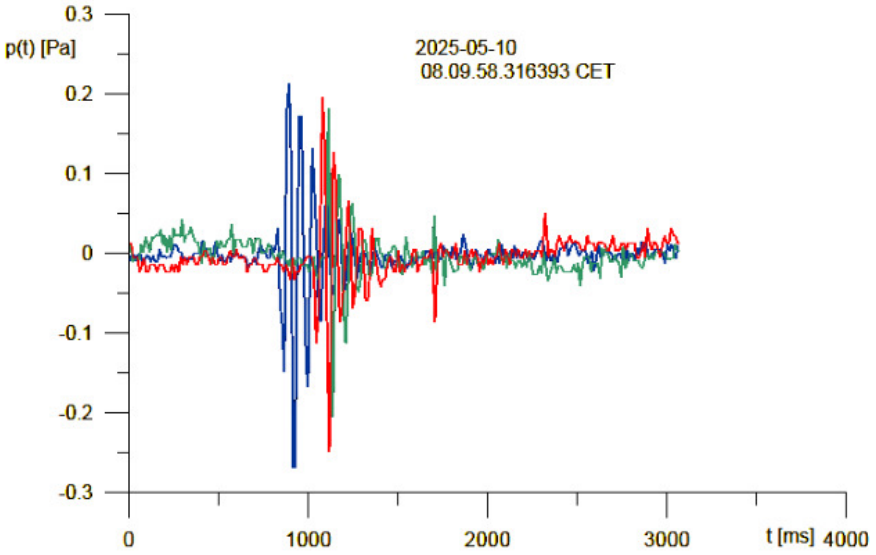


Rysunek 6. Pierwszy sygnał z początkiem o godzinie: 6h 40m 52.35387s CET.

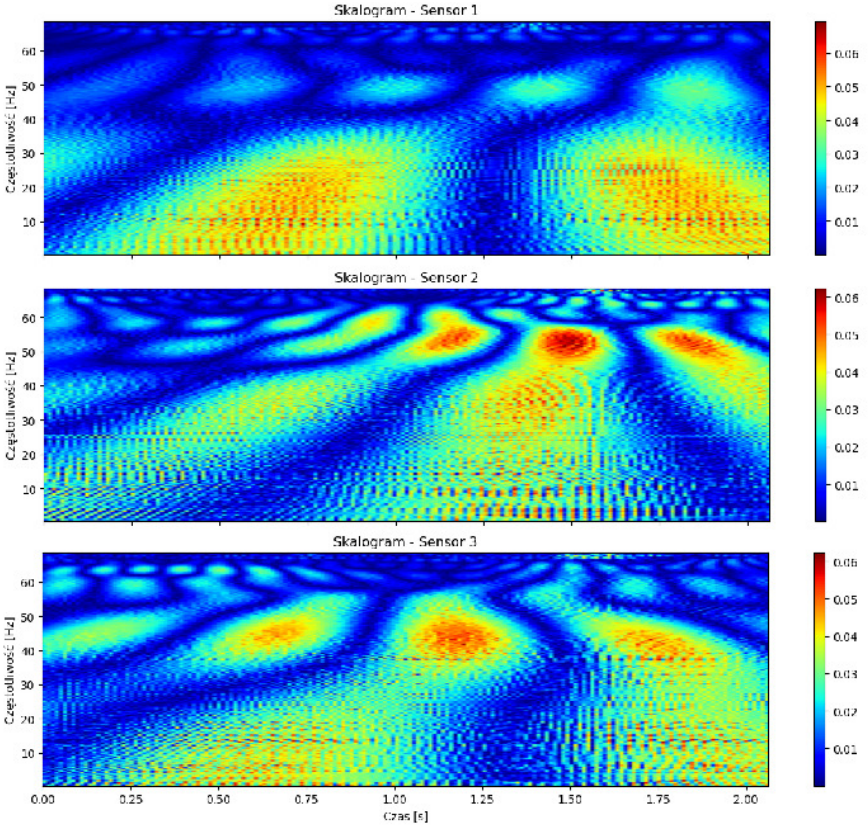


Rysunek 7. Skalogramy analizy falkowej dla pierwszego sygnału.

Drugi sygnał z rejestracją z początkiem o godzinie 8h 9m 58.316393s CET przedstawiono na Rys. 8. Wartość sygnału mieściła się tu między [-270, +220] mPa. Skalogram dla drugiego przebiegu przedstawiono na Rys 9.



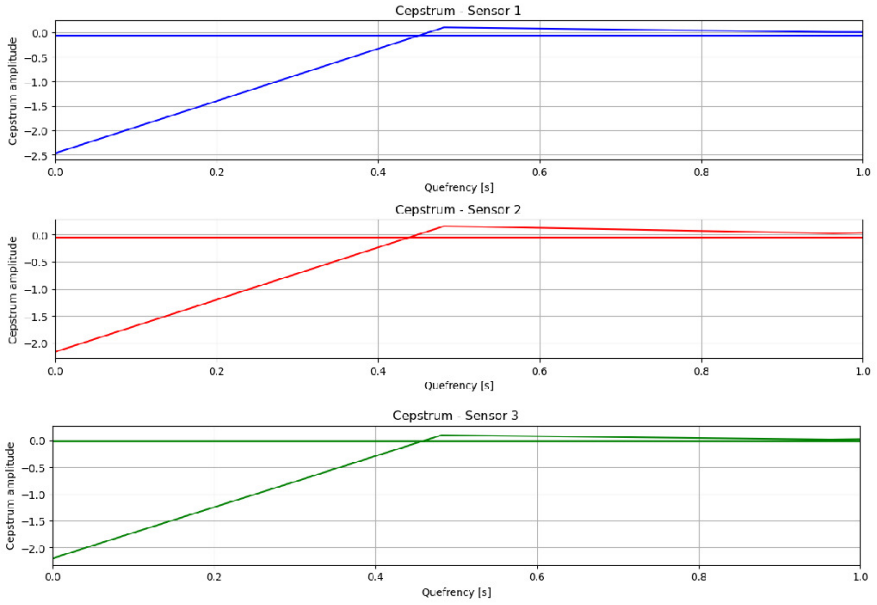
Rysunek 8. Drugi sygnał z początkiem o godzinie: 8h 9 m 58.316393 s CET.



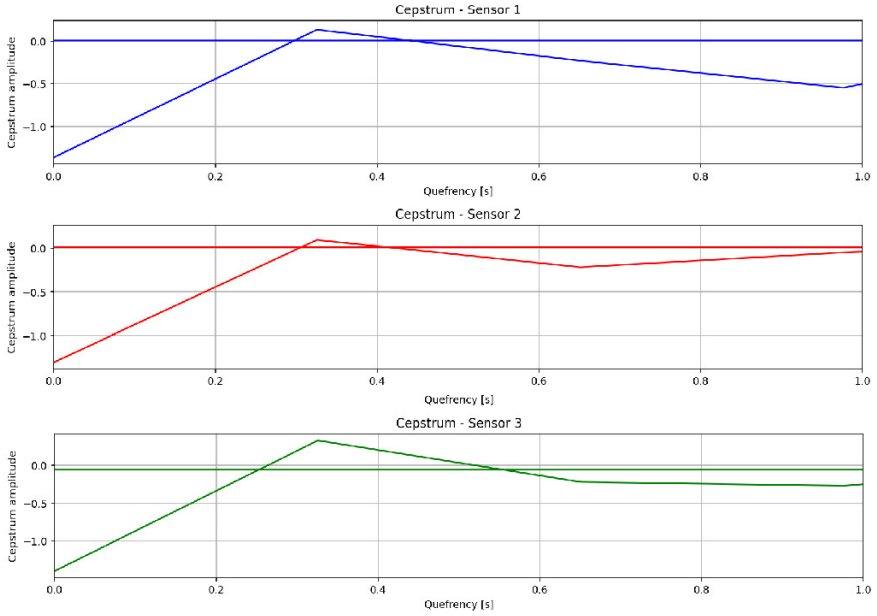
Rysunek 9. Skalogram dla drugiego przelotu.

Różnica czasu pomiędzy rejestracją pierwszego przebiegu a drugiego, mocniejszego, wynosi ok. 1h 29m 6s = 89m 06s. Odpowiada to orientacyjnie czasowi obiegu na VLEO. Przesunięcie czasowe wskazuje na kierunek EEN w stosunku do kierunku północnego dla czujnika nr 1.

Analiza cepstralna dla pierwszego i drugiego sygnału wskazuje na

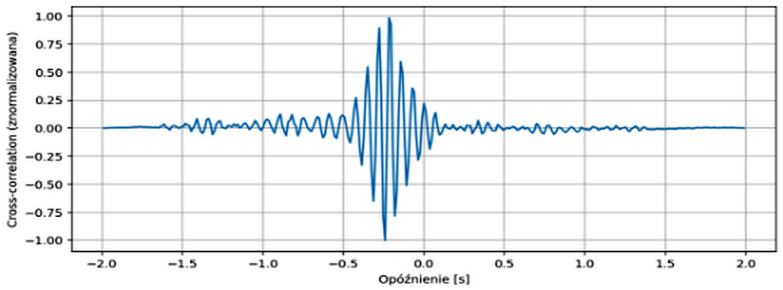


Rysunek 10. Cepstrum dla pierwszego zestawu danych, dla poszczególnych sensorów.



Rysunek 11. Cepstrum dla drugiego zestawu danych, dla poszczególnych sensorów.

czysty sygnał bez odbić. Jest to ważne gdyż upraszcza i ujednoznacznia wyznaczanie kierunku i dystansu do źródła. Oznacza to pojedynczy kanał propagacji. Na Rys. 12. przedstawiona jest przesuwna korelacja krzyżowa dla dwóch czujników 1 i 2. W zastosowaniu do możliwych par czujników umożliwia to wyznaczenie opóźnienia, i tym samym wskazanie kierunku nadejścia sygnału metodą TOA (Time Of Arrival), stanowiącą de facto matematyczny odpowiednik słyszenia przestrzennego w świecie zwierzęcym.



Rysunek 12. Korelacja krzyżowa przesuwna sensor1-sensor2 (t≈1.49 s).

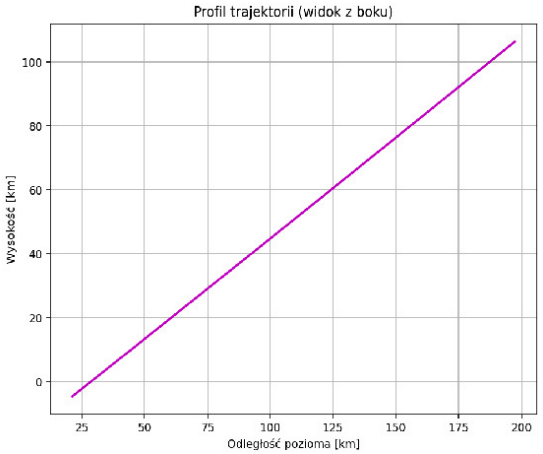
Wyznaczenie kierunku przybycia sygnału

Przeprowadzone obliczenia polegały na:

- Transformacji współrzędnych każdego sensora, ze współrzędnych geodezyjnych (EPSG:4326) do układu ECEF (EPSG:4978);
- Obliczeniu globalnych współrzędnych sferycznych sensora (r, θ, φ) oraz wykonanie rzutu na powierzchnię Ziemi;
- Zdefiniowaniu układu ENU (East, North, Up) dla punktu odniesienia (sensora nr 1) i przeliczenia punktów z ECEF do ENU;
- Numerycznym całkowaniu wstecznym po czasie propagacji wiązki („ray-tracing") w układzie sferycznym przy użyciu uproszczonego modelu atmosferycznego, opartego o atmosferę wzorcową ISA: 0...85 km n.p.m. Dla H>90 km atmosfera wzorcowa COSPAR: CIRA-86;
- Wykorzystaniu zasady Snelliusa do wyznaczenia ugięcia trajektorii: kierunku i zwrotu wektora falowego. Wpływ wiatru został pominięty (brak danych odnośnie wiatrów wysokich);
- Przeliczeniu całej trajektorii względem czujnika nr 1 i wyznaczeniu rzutu ścieżki naziemnej wiązki (poprzez skalowanie do promienia Ziemi) i następnie do układu ENU względem sensora.

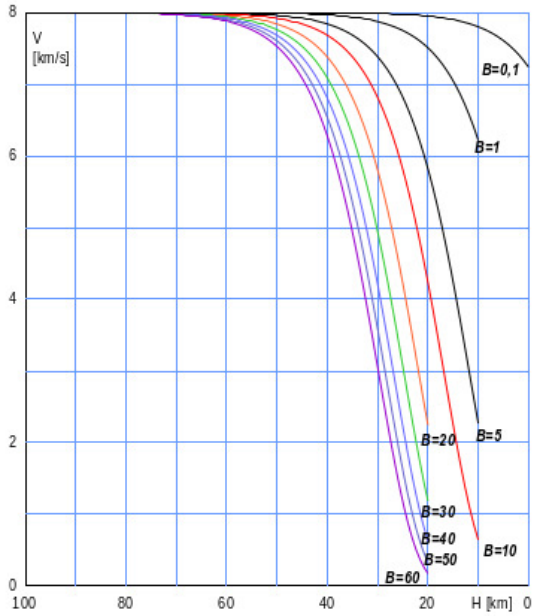
W czasie prowadzonych pomiarów indeks aktywności słonecznej wynosił Kp $\approx$ 2, nie było więc potrzeby uwzględniana poprawki na stan górnej atmosfery. Również pogoda była w miejscu obserwacji prawie bezwietrzna, więc nie uwzględniono poprawki na wiatr przyziemny, choć wpływ wiatru geostroficznego mógł być zauważalny. Nie dysponowaliśmy jednak wtedy takimi danymi.

Uzyskany wynik dla drugiego, bardziej wyraźnego przebiegu, jest pokazany na Rys. 13.



Rysunek 13. Trajektoria sygnału drugiego w modelu sferycznym atmosfery.

Zaskakujące jest, że przebieg ten jest prawie liniowy. Natomiast azymut źródła sygnału: A = -87°°.82, a elewacja: E = 31°.93.



Rysunek 14. Prędkość w funkcji wysokości geopotencjalnej i współczynnika balistycznego, dla płaskiego wejścia balistycznego. Obliczenia własne, PMS.

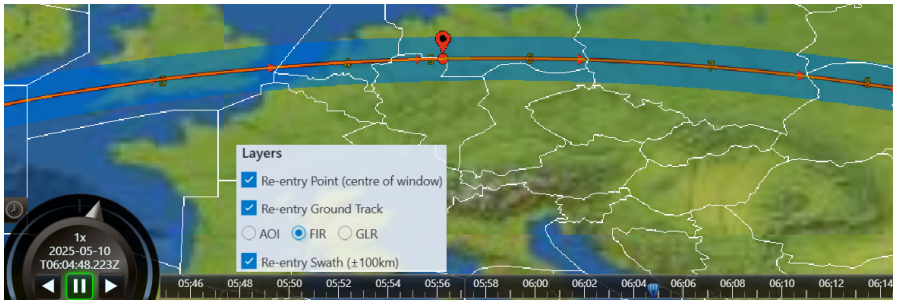
Z braku dodatkowego, odległego układu pomiarowego, pozwalającego na dokładną triangulację wysokości i dystansu naziemnego, założyliśmy, ze obiekt znajdował się na wysokości około 100 km. Jest to usprawiedliwione tym, że w początkowej fazie hamowania atmosferycznego, utrata prędkości w funkcji wysokości jest bardzo mała, niezależnie od współczynnika balistycznego danego obiektu, a trajektoria jest raczej „płaska” względem powierzchni Ziemi. Fakt ten ilustruje Rys. 14.

Zakładając wysokość lotu obiektu ok. 100 km, otrzymujemy lokalizację w Okręgu Tarnopolskim, w miasteczka Brzeżany w Ukrainie, Rys.

15. Znajduje się to na granicy pasa niepewności dla ostatnich predykcji EU SST, Rys 16.



Rysunek 15. Przybliżona geolokalizacja źródła sygnału na Google Maps.



Rysunek 16. Ostatnia trajektoria Kosmosu 482 z zaznaczonym pasem niepewności. Za: EU SST.

Wnioski i uwagi końcowe

W ramach przeprowadzonej obserwacji udało się zarejestrować w zakresie akustycznym dwa przeloty satelity Kosmos 482 w górnych warstwach atmosfery. Różnica w czasie rejestracji odpowiada okresowi orbitalnemu dla bardzo niskiej orbity okołoziemskiej. Według ostatniej predykcji EU SST, obiekt miał opuścić polską przestrzeń powietrzną o 08h 07m 05.72s CET, nad Włodawą n. Bugiem, vide: Rys. 16. Sygnał dotarł do stacji pomiarowej w ok. 2m 52s od opuszczenia przez satelitę granic Polski.

Przeprowadzane badania potwierdzają, że metody akustyczne są skutecznym środkiem detekcji wejść atmosferycznych obiektów kosmicznych. Możliwa jest też identyfikacja rodzaju zjawiska, czy detekcja fragmentacji. Problemem jest natomiast stosunkowo mała efektywna prędkość propagacji sygnału, a przy bardzo dużych odległościach możliwe

silnie krzywoliniowe trajektorie jego propagacji. Również odbicia od dużych przeszkód mogą powodować powstawanie skomplikowanych przebiegów. Z tego też względu pewne obiekty mogą nie zostać zarejestrowane. Konieczne wydaje się powiązanie obserwacji aeroakustycznych z optycznymi i radiowymi.

Z punktu widzenia rozwoju tego typu badań powinniśmy dysponować przynajmniej dwiema lub trzema tego typu stacjami, oddalonymi o kilka lub kilkadziesiąt kilometrów.

Literatura

[1] J.T. Białasiewicz, Falki i aproksymacje, WN-T, Warszawa 2000

[2] W.J. Cooke (red.) „Meteoroids: The Smallest Solar System Bodies", NASA/CP-2011-216469

[3] D.O. Revelle, P.G. Brown, P. Spurny, „Entry dynamics and acoustics/infrasonic/seismic analysis for the Neuschwanstein meteorite fall", Meteoritics & Planetary Science 39, Nr 10, 1605

[4] E.A. Silber, Infrasound as a scientific tool to study meteors", IMC Poznań 22-23 sierpień 2013

[5] A. Tarnogrodzki, „Dynamika Gazów", WKiŁ Warszawa 2003, str. 120

[6] W.E. Wayne, P.G. Brown, D.O. Revelle, „Bolide Energy Estimates From Infrasonic Measurements", Earth, Moon, and Planets (2004) 95, 501

[7] J.R. Williams, G.R.Tomlinson, Non-linearity in Engineering Structures, The Institute of Physics, London 2000



Uczestnicy MTS-5.

GraviLimbs – transfer technologii rehabilitacyjnej z Ziemi do sektora kosmicznego

Marta Żyłka, Natalia Marszałek, Monika Lubas

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

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję GraviLimbs – modułowego systemu do biernych ćwiczeń kończyn dolnych, opracowanego z myślą o zastosowaniach rehabilitacyjnych i profilaktycznych na Ziemi. Urządzenie umożliwia realizację zaprogramowanych ruchów kończyn dolnych przy minimalnym udziale użytkownika, co jest istotne w przypadku osób z ograniczoną sprawnością lub ograniczoną możliwością wykonywania ćwiczeń czynnych. Rozwiązanie oparto na sterowanym mikroprocesorowo układzie napędowym, którego szczegóły konstrukcyjne i algorytmiczne chronione są w dokumentacji patentowej. Omówiono przesłanki powstania koncepcji, główne założenia funkcjonalne systemu, możliwe kierunki rozwoju - potencjalną adaptację do środowisk o odmiennych warunkach grawitacyjnych.

Wstęp

W licznych opracowaniach podkreśla się, że odpowiednio dobrana aktywność fizyczna stanowi kluczowy element profilaktyki i rehabilitacji zaburzeń układu mięśniowo-szkieletowego oraz krążeniowo-oddechowego [1,2,3]. Klasyczne rozwiązania techniczne wykorzystywane m.in. na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej obejmują przede wszystkim urządzenia do ćwiczeń czynnych – systemy oporowe oraz aerobowe (ergometry, bieżnie, stanowiska siłowe) – które wymagają od użytkownika znacznego zaangażowania [1,2,3,4].

W praktyce klinicznej i rehabilitacyjnej istnieje jednak szeroka grupa pacjentów, u których aktywne formy wysiłku są utrudnione lub wręcz przeciwwskazane. Dotyczy to m.in. osób po ciężkich urazach i zabiegach

operacyjnych, z chorobami układu krążenia, pacjentów w podeszłym wieku, a także osób okresowo unieruchomionych. W takich przypadkach istotną rolę mogą odgrywać urządzenia do ćwiczeń biernych, umożliwiające kontrolowany ruch w stawach przy minimalnym obciążeniu mięśniowym [5,6].

Długotrwałe ograniczenie aktywności ruchowej – spowodowane m.in. unieruchomieniem po urazach, przewlekłymi chorobami, wiekiem lub specyfiką pracy – sprzyja niekorzystnym zmianom w układzie ruchu i układzie krążenia, takim jak zanik mięśni, spadek gęstości mineralnej kości, pogorszenie wydolności sercowo-naczyniowej oraz zaburzenia równowagi i koordynacji [5,6]. Na tym tle powstała koncepcja urządzenia GraviLimbs – systemu biernych ćwiczeń kończyn dolnych przeznaczonego w pierwszej kolejności do zastosowań na Ziemi, w ośrodkach rehabilitacyjnych i profilaktyki zdrowotnej. Rozwiązanie rozwijane jest w oparciu o chronione patentami układy napędowe i sterujące [7,8], przy czym przewiduje się możliwość jego przyszłej adaptacji do środowisk o odmiennych warunkach grawitacyjnych.

Tło literaturowe i potrzeba nowych rozwiązań

Dotychczasowe badania nad utrzymaniem sprawności układu ruchu w warunkach ograniczonej aktywności koncentrowały się głównie na treningu czynnym. W literaturze opisano systemy do ćwiczeń oporowych (rys. 1), umożliwiające kształtowanie siły i utrzymanie masy mięśniowej, w tym urządzenia typu IRED (Interim Resistance Exercise Device) [1,2].

Uzupełnieniem tej grupy rozwiązań są ergometry rowerowe oraz inne urządzenia aerobowe (rys. 2), takie jak CEVIS czy velo-ergometr, ukierunkowane na podtrzymanie wydolności układu sercowo-naczyniowego [3].

Istotną grupę stanowią również rozwiązania do treningu chodu i biegu (rys.3), w których zastosowano układy umożliwiające kontrolowane oddziaływanie sił reakcji podłoża na organizm użytkownika [4].

Rozwiązania te są bardzo skuteczne, ale wymagają od użytkownika odpowiedniego poziomu wydolności i motywacji, a także stałej obecności personelu nadzorującego ćwiczenia. Tam, gdzie priorytetem jest zapewnienie regularnej, umiarkowanej stymulacji układu mięśniowo-szkieletowego i krążeniowego przy ograniczonym wysiłku własnym pacjenta, potrzebne są inne podejścia – w szczególności zautomatyzowane systemy biernych ćwiczeń [5,6].





Rysunek 1. (z lewej). Urządzenia do ćwiczeń oporowych i aerobowych IRED (*The Interin Resistance Exercise Device*) [1].
Rysunek 2. (po prawej). Ćwiczenia aerobowe Ergometry rowerowe (*CEVIS, velo-ergometer*) [3].



Rysunek 3. Bieżnia TVIS (*treadmill with vibration isolation system*) [4].

Badania eksperymentalne wskazują, że odpowiednio prowadzone bierne ruchy kończyn oraz lokalna stymulacja mechaniczna mogą łagodzić tempo utraty masy kostnej, wspierać krążenie żylne i limfatyczne oraz ułatwiać późniejszy powrót do ćwiczeń czynnych [5, 6]. Jednocześnie zwraca się uwagę na konieczność precyzyjnego kontrolowania zakresu

ruchu, prędkości i czasu trwania sesji. To właśnie te wymagania stanowiły punkt wyjścia do opracowania nowego systemu biernych ćwiczeń, w którym podstawowe parametry pracy są ustalane i monitorowane przez układ sterujący, a użytkownik podlega jedynie stosunkowo niewielkim obciążeniom.

Założenia funkcjonalne systemu GraviLimbs

Urządzenie GraviLimbs (rys. 4) od początku projektowano jako narzędzie do biernych ćwiczeń kończyn dolnych, przeznaczone dla osób z ograniczoną możliwością wykonywania ćwiczeń czynnych. Założono, że będzie to system o charakterze modułowym, możliwy do adaptacji do różnych warunków użytkowania, takich jak gabinet rehabilitacyjny, ośrodek opiekuńczy. Istotnym założeniem było również osiągnięcie wysokiego stopnia automatyzacji, tak aby zminimalizować konieczność stałej ingerencji terapeuty w przebieg ćwiczeń.



Rysunek 4. Urządzenie GraviLimbs.

W szczególności przewidziano możliwość wyboru trybu wzajemnej pracy obu kończyn (ruch zbliżony do równoległego lub naprzemiennego), a także monitorowania podstawowych parametrów sesji ćwiczeniowej.

W ramach wstępnych badań użytkowych urządzenie zostało również przetestowane przez tzw. Analogowych Astronautów na Analogowej Stacji Kosmicznej w Rzepienniku Biskupim pod Tarnowem, co pozwoliło ocenić jego funkcjonalność w warunkach zbliżonych do środowisk izolowanych.

Ogólna charakterystyka konstrukcji i układu sterowania

GraviLimbs składa się z modułu bazowego oraz dwóch modułów przeznaczonych dla kończyny lewej i prawej. Konstrukcja umożliwia dostosowanie położenia punktów podparcia do budowy ciała użytkownika oraz stopnia jego sprawności funkcjonalnej.

Ruch kończyn wymuszany jest przez sterowany układ napędowy, którego parametry pracy (np. prędkość) ustalane są w mikroprocesorowym układzie sterowania. Komunikacja z użytkownikiem i personelem medycznym odbywa się poprzez prosty interfejs, pozwalający na wybór programu ćwiczeń i wizualizację podstawowych parametrów sesji.

Wykorzystane rozwiązania konstrukcyjne i sterujące odwołują się do rozwiązań objętych ochroną patentową [7, 8].

Możliwe obszary zastosowań

Z punktu widzenia praktyki rehabilitacyjnej i profilaktyki zdrowotnej urządzenie GraviLimbs może znaleźć zastosowanie w kilku kluczowych obszarach. Po pierwsze, może ono wspierać rehabilitację pacjentów po urazach i zabiegach operacyjnych, szczególnie w początkowych fazach usprawniania, gdy pełne obciążenie kończyn jest niemożliwe lub niewskazane. Po drugie, urządzenie może służyć jako forma wsparcia dla osób starszych oraz przewlekle chorych, umożliwiając regularną, umiarkowaną stymulację kończyn dolnych w warunkach domowych, ambulatoryjnych lub stacjonarnych, bez konieczności wykonywania intensywnych ćwiczeń czynnych.

Kolejnym obszarem zastosowań jest profilaktyka u osób długotrwale pozostających w pozycji siedzącej lub leżącej, na przykład w ośrodkach opieki długoterminowej, domach opieki czy na oddziałach o podwyższonym ryzyku powikłań zakrzepowo-zatorowych. Istotne znaczenie mogą mieć także środowiska izolowane i specjalistyczne, w których utrzymanie

podstawowej sprawności kończyn dolnych jest ważne, a infrastruktura do klasycznego treningu jest ograniczona.

Koncepcję urządzenia opracowano z myślą o zastosowaniach ziemskich, jednak przyjęte rozwiązania konstrukcyjne – takie jak modułowość, możliwość programowania obciążeń oraz zautomatyzowany przebieg ćwiczeń – mogą w przyszłości ułatwić adaptację systemu do środowisk o odmiennym obciążeniu grawitacyjnym lub podwyższonych wymaganiach dotyczących automatyzacji pracy. Wymagałoby to jednak przeprowadzenia dalszych prac rozwojowych, odpowiedniego dostosowania konstrukcji oraz pełnej walidacji urządzenia w nowych warunkach.

Wnioski

GraviLimbs jest modułowym systemem do biernych ćwiczeń kończyn dolnych, opracowanym przede wszystkim dla zastosowań rehabilitacyjnych i profilaktycznych na Ziemi, z myślą o pacjentach z ograniczoną możliwością wykonywania ćwiczeń czynnych.

Urządzenie umożliwia realizację zaprogramowanych ruchów kończyn dolnych przy kontrolowanym zakresie przemieszczeń i czasie trwania sesji, co stwarza warunki do bezpiecznej i powtarzalnej stymulacji układu mięśniowo-szkieletowego i krążeniowego.

Wstępne prace nad prototypem potwierdzają możliwość praktycznego wykorzystania koncepcji i stanowią podstawę do dalszych badań funkcjonalnych, ergonomicznych oraz docelowo – klinicznych.

Dzięki modularnej budowie i zautomatyzowanemu przebiegowi ćwiczeń urządzenie może w przyszłości zostać zaadaptowane także do specjalistycznych środowisk, w tym o odmiennych warunkach grawitacyjnych, pod warunkiem wprowadzenia odpowiednich modyfikacji konstrukcyjnych i przeprowadzenia dodatkowych testów.

Literatura

[1] Schneider, S. M., Amonette, W. E., Blazine, K., Bentley, J. A. S. O. N., Lee, S. M., Loehr, J. A., Smith, S. M. (2003). Training with the International Space Station interim resistive exercise device. Medicine & Science in Sports & Exercise, 35(11), 1935-1945

[2] English, K. L., Loehr, J. A., Laughlin, M. A., Lee, S., Hagan, R. D. (2008). Reliability of strength testing using the advanced resistive exercise device and free weights

[3] Loehr, J. A., Guilliams, M. E., Petersen, N., Hirsch, N., Kawashima, S., Ohshima, H. (2015). Physical training for long-duration spaceflight. Aerospace medicine and human performance, 86(12), A14-A23

[4] McCrory, J. L., Lemmon, D. R., Sommer, H. J., Prout, B., Smith, D., Korth, D. W., Cavanagh, P. R. (1999). Evaluation of a Treadmill with Vibration Isolation and Stabilization (TVIS) for use on the International Space Station. Journal of applied biomechanics, 15(3), 292-302

[5] Huang, Y., Luan, H., Sun, L., Bi, J., Wang, Y., Fan, Y. (2017). Local vibration enhanced the efficacy of passive exercise on mitigating bone loss in hindlimb unloading rats. Acta Astronautica, 137, 373-381

[6] Stein, T. P. (2013). Weight, muscle and bone loss during space flight: another perspective. European journal of applied physiology, 113, 2171-2181

[7] Pat. 233326. Urządzenie do rehabilitacji kończyn dolnych

[8] Pat. 240501. Układ sterowania prędkości i współbieżnym wysuwem tłoczysk dwóch siłowników pneumatycznych









Wykładowcy podczas MTS-5: Magdalena Stręt, Emilia Andres, Ewelina Dobosz, Dominik Kozimor, Artur Brdej, Adam Kulczycki.

Spektroskopia EPR w ocenie stabilności farb eksponowanych na promieniowanie UV w kontekście zastosowań kosmicznych

Wojciech Żyłka[1,2], Bogumił Cieniek[1], Ireneusz Stefaniuk[1]

[1]Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Rzeszowski

[2]Katedra Elektroniki i Technologii Inteligentnych, Wydział Nauk Technicznych, Akademia Tarnowska

Streszczenie: Spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) stanowi czułe narzędzie do oceny zmian strukturalnych zachodzących w materiałach powłokowych pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. W artykule przedstawiono wyniki badań rozpuszczalnikowej farby alkidowej typu 3w1, poddanej kontrolowanej ekspozycji na promieniowanie UVC o długości fali $\lambda \approx 254$ nm. Analiza widm EPR wykazała istotne zmiany parametrów linii rezonansowej w funkcji czasu naświetlania (0.5; 1; 1.5 h), związane z generacją centrów paramagnetycznych w początkowej fazie fotodegradacji oraz ich częściową rekombinacją przy dłuższych czasach ekspozycji. Wartości czynnika g, zbliżone do 2.00, wskazują na dominację wolnych rodników organicznych powstających w matrycy alkidowej. Uzyskane wyniki potwierdzają przydatność spektroskopii EPR jako narzędzia diagnostycznego w technicznej ocenie odporności farb na oddziaływanie promieniowania UV.

Wprowadzenie

W badaniach materiałów powłokowych oraz dzieł sztuki stosuje się szerokie spektrum technik analitycznych, obejmujących zarówno metody spektroskopowe i obrazowe, takie jak FT-IR, Raman, SERS, NMR, spektroskopia Mössbauera, XRF, XRD, PIXE czy NAA, jak i techniki elektro- oraz magnetorezonansowe [1-10]. Metody te umożliwiają

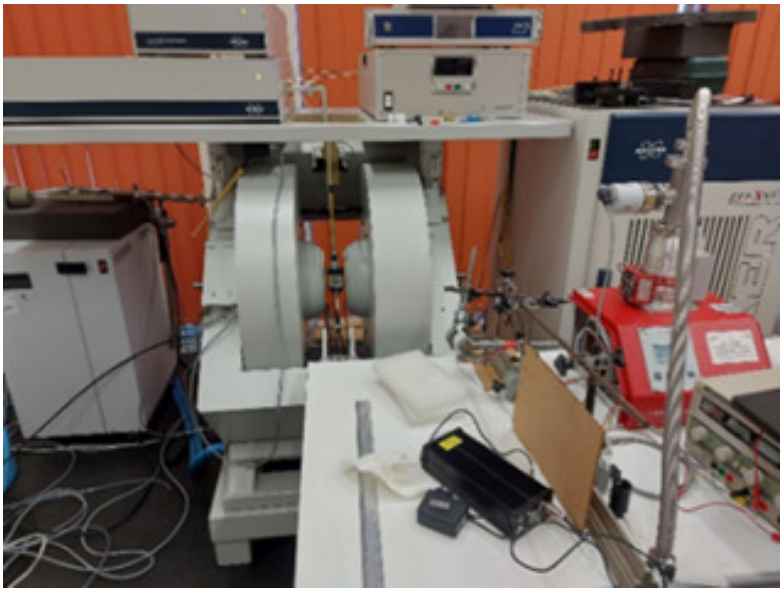
identyfikację składu chemicznego pigmentów i spoiw, analizę stratygrafii warstw oraz ocenę procesów degradacyjnych zachodzących pod wpływem czynników środowiskowych. Na tym tle szczególne miejsce zajmuje spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR), jako technika wrażliwa na obecność centrów paramagnetycznych i wolnych rodników, pozwalająca na detekcję wczesnych etapów degradacji materiałów powłokowych, niewidocznych jeszcze w badaniach strukturalnych czy optycznych [11-15]. W szczególności EPR stanowi użyteczne narzędzie w analizie zmian zachodzących na poziomie elektronowym, związanych z inicjacją procesów fotochemicznych w matrycach polimerowych. Spektroskopia EPR znajduje szerokie zastosowanie w badaniach materiałów powłokowych, w tym farb, ze względu na wysoką czułość w detekcji wolnych rodników oraz jonów metali przejściowych. Umożliwia to ocenę mechanizmów fotodegradacji zachodzących w strukturze powłok malarskich, jeszcze przed pojawieniem się makroskopowych oznak degradacji, takich jak zmiany barwy, połysku czy właściwości mechanicznych. Wartości efektywnego czynnika g zbliżone do 2.00 są charakterystyczne dla wolnych rodników organicznych, natomiast jego odchylenia mogą wskazywać na udział jonów metali przejściowych lub odmienne lokalne otoczenie elektronowe centrów paramagnetycznych. W zastosowaniach kosmicznych oraz w środowiskach o podwyższonej ekspozycji na promieniowanie wysokoenergetyczne materiały powłokowe narażone są na działanie szeregu ekstremalnych czynników, takich jak promieniowanie ultrafioletowe, próżnia, oraz skrajne zmiany temperatury. Spośród nich promieniowanie UV, a w szczególności zakres UVC (100-280 nm), odgrywa istotną rolę w procesach powierzchniowej fotodegradacji polimerów i powłok ochronnych, prowadząc do pękania wiązań chemicznych oraz generacji reaktywnych centrów rodnikowych [16]. W niniejszej pracy zastosowano spektroskopię EPR do analizy wpływu kontrolowanej ekspozycji na promieniowanie UVC na właściwości paramagnetyczne farby alkidowej, traktowanej jako materiał modelowy. Celem badań była identyfikacja mechanizmów fotodegradacji zachodzących w farbie, oraz ocena zmian parametrów widmowych EPR w funkcji czasu naświetlania, w kontekście ogólnej problematyki odporności materiałów powłokowych na warunki środowiskowe charakterystyczne dla zastosowań kosmicznych.

Materiał i przygotowanie próbek

W badaniach wykorzystano rozpuszczalnikową farbę alkidową typu 3w1, przeznaczoną do jednowarstwowego zabezpieczania powierzchni stalowych. Farba oparta jest na żywicach alkidowych i zawiera dodatki antykorozyjne oraz pigmenty nieorganiczne i organiczne. Skład chemiczny farby obejmuje: żywicę alkidową jako spoiwo; alifatyczne rozpuszczalniki węglowodorowe; pigmenty: tlenki żelaza, dwutlenek tytanu; dodatki funkcjonalne, w tym fosforan cynku, sole kobaltu oraz związki cyrkonu. Próbki przygotowano przez naniesienie jednorodnej warstwy farby na obojętne podłoże i pozostawienie do pełnego utwardzenia w warunkach laboratoryjnych. Następnie próbki poddano naświetlaniu promieniowaniem UVC przez 0.5 h, 1 h oraz 1.5 h.

Metodyka badań EPR

Pomiary EPR wykonano przy użyciu spektrometru Bruker ELEXSYS E580, pracującego w paśmie X (≈9.5 GHz), w temperaturze pokojowej. Widma rejestrowano dla próbek w stanie wyjściowym, oraz po ekspozycji na promieniowanie UVC. Próbki naświetlano promieniowaniem UVC o długości fali $\lambda \approx 254$ nm, generowanym przez niskociśnieniową lampę rtęciową zastosowaną w urządzeniu typu EPROM ERASER. Schemat aparatury pomiarowej zastosowanej w badaniach przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Aparatura do pomiarów EPR - Bruker ELEXSYS E580.

Podstawą metody EPR jest rezonansowa absorpcja promieniowania mikrofalowego przez niesparowane elektrony w zewnętrznym polu magnetycznym, opisana zależnością:

$$h\nu = g\mu_B B \tag{1}$$

gdzie: h – stała Plancka, ν – częstotliwość mikrofal, g – czynnik rozszczepienia spektroskopowego, μ_B – magneton Bohra, B – indukcja pola magnetycznego.

Z zarejestrowanych widm wyznaczono: intensywność sygnału (I), pole rezonansowe H_r, szerokość linii H_{pp} oraz efektywny czynnik g. Czynnik rozczepienia spektroskopowego g jest kluczowym parametrem opisującym położenie linii rezonansowej w widmie EPR i odzwierciedla lokalne środowisko chemiczne oraz magnetyczne niesparowanego elektronu. Wartości g zbliżone do 2.00 są charakterystyczne dla wolnych rodników organicznych pochodzenia węgglowego, natomiast istotne odchylenia od tej wartości mogą wskazywać na udział jonów metali przejściowych lub odmienne otoczenie elektronowe centrów paramagnetycznych.

Wyniki badań

Analiza widm EPR próbek farby poddanych naświetlaniu promieniowaniem UVC wykazała wyraźne zmiany parametrów linii rezonansowej w funkcji czasu ekspozycji. Najwyższą intensywność sygnału EPR zarejestrowano dla próbki naświetlanej przez 0.5 h. Dalsze zwiększanie czasu ekspozycji prowadziło do stopniowego obniżenia intensywności sygnału. Zjawisko to wskazuje, że początkowa dawka promieniowania UVC generuje największą liczbę centrów paramagnetycznych w wyniku rozpadu wiązań chemicznych w matrycy polimerowej. Przy dłuższych czasach naświetlania zachodziły procesy rekombinacji oraz stabilizacji rodników, co skutkowało zmniejszeniem liczby aktywnych centrów paramagnetycznych rejestrowanych metodą EPR. Wartość pola rezonansowego H_r pozostaje praktycznie stała dla wszystkich próbek, a wartości efektywnego czynnika g jest zbliżona do 2.00, co jest charakterystyczne dla wolnych rodników organicznych pochodzenia węglowego. Jednocześnie zaobserwowano niewielki wzrost szerokości linii H_{pp} wraz z czasem ekspozycji, co świadczy o narastającej niejednorodności lokalnych pól magnetycznych, typowej dla procesów degradacji polimerów.

Badania wykazały, że wraz ze wzrostem czasu ekspozycji na promieniowanie UVC istotnie zmieniały się parametry linii EPR. Intensywność

sygnału EPR, będąca miarą liczby centrów z niesparowanymi elektronami, zmienia się dla próbek naświetlanych przez 0.5, 1 oraz 1.5 h, co jednoznacznie wskazuje na dynamikę zmian liczby wolnych rodników w strukturze farby. Jednocześnie wartości pola rezonansowego H_r oraz czynnika g pozostają bardzo zbliżone, co sugeruje, że natura chemiczna centrów paramagnetycznych jest podobna, a promieniowanie UVC wpływa głównie na ich ilość, a nie rodzaj. Takie zachowanie jest typowe dla procesów fotodegradacji, w których dochodzi do sukcesywnego rozpadu wiązań chemicznych w matrycy polimerowej i generacji nowych centrów rodnikowych. Spektroskopia EPR umożliwia ich detekcję już na wczesnym etapie, kiedy zmiany makroskopowe, takie jak zmiana barwy czy połysku, mogą być jeszcze słabo widoczne.

Wnioski

Krótkotrwała ekspozycja farby alkidowej na promieniowanie UVC prowadzi do istotnych zmian jej właściwości paramagnetycznych. Największą liczbę centrów paramagnetycznych obserwuje się po najkrótszym czasie naświetlania, natomiast dalsza ekspozycja sprzyja ich rekombinacji i stabilizacji. Stałe wartości parametru g wskazują, że promieniowanie UVC wpływa głównie na liczbę, a nie na rodzaj powstających centrów paramagnetycznych. Spektroskopia EPR stanowi użyteczne narzędzie do wczesnej oceny procesów fotodegradacji farb i może być stosowana w diagnostyce trwałości materiałów powłokowych przeznaczonych do zastosowań technicznych. Należy podkreślić, że zastosowana ekspozycja UVC stanowi uproszczony model przyspieszonej fotodegradacji i nie odwzorowuje w pełni złożonych warunków środowiska kosmicznego, takich jak próżnia, promieniowanie jonizujące czy cykliczne zmiany temperatury.

Literatura

[1] Giorgi, L.; Nevin, A.; Comelli, D.; Frizzi, T.; Alberti, R.; Zendri, E.; Piccolo, M.; Izzo, F.C. In-situ technical study of modern paintings – Part 2: Imaging and spectroscopic analysis of zinc white in paintings from 1889 to 1940 by Alessandro Milesi (1856-1945). Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc. 2019, 219, 504-508, https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.04.084

[2] Rosi, F.; Cartechini, L.; Sali, D.; Miliani, C. Recent trends in the application of Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy in Heritage Science: from micro to non-invasive FT-IR. Phys. Sci. Rev. 2019, 4(11), 20180006, https://doi.org/10.1515/psr-2018-0006

[3] Brosseau, C. L.; Rayner, K. S.; Casadio, F.; Grzywacz, C. M.; Van Duyne, R. P. Surface-enhanced Raman spectroscopy: A direct method to identify colorants in various artist media. Anal. Chem. 2009, 81, 7443-7447, https://doi.org/10.1021/ac901219m

[4] Janssens, K.; Dik, J.; Cotte, M.; Susini, J. Photon-based techniques for nondestructive subsurface analysis of painted cultural heritage artifacts. Acc. Chem. Res. 2010, 43, 814-825

[5] Calligaro, T.; Gonzalez, V.; Pichon, L. PIXE analysis of historical paintings: Is the gain worth the risk? Nucl. Instrum. Methods B 2015, 363, 135-143

[6] Cotter, M. J. Neutron activation analysis of paintings. American Scientist 1981, 69, 17-27

[7] Lehmann, R.; Wengerowsky, D. J.; Schmidt, H. J.; Kumar, M.; Niebur, A.; Costa, B. F. O.; Dencker, F.; Klingelhöfer, G.; Sindelar, R.; Renz, F. Klimt artwork: red-pigment material investigation by backscattering ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy, SEM and p-XRF. STAR: Science & Technology of Archaeological Research 2017, 3(2), 450-455

[8] De Meyer, S.; Vanmeert, F.; Vertongen, R.; Van Loon, A.; Gonzalez, V.; Delaney, J.; Dooley, K.; Dik, J.; Van der Snickt, G.; Vandivere, A.; et al. Macroscopic x-ray powder diffraction imaging reveals Vermeer's discriminating use of lead white pigments in Girl with a Pearl Earring. Science Advances 2019, 5, eaaw1293

[9] Prati, S.; Fuentes, D.; Sciutto, G.; Mazzeo, R. The use of laser photolysis-GC-MS for the analysis of paint cross sections. J. Am. Inst. Conserv. 2014, 53, 327-334

[10] Presciutti, F.; Perlo, J.; Casanova, F.; Glöggler, S.; Miliani, C.; Blümich, B.; Brunetti, B. G.; Sgamellotti, A. Noninvasive nuclear magnetic resonance profiling of painting layers. Applied Physics Letters 2008, 93, 033505

[11] Gobeltz, N.; Demortier, A.; Lelieur, J.P.; Duhayon, C. Correlation between EPR, Raman and colorimetric characteristics of the blue ultramarine pigments. J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1998, 94, 677-681

[12] Wertz, J.E.; Bolton, J.R. Electron Spin Resonance; Chapman and Hall: London, UK, 1986; p. 497

[13] Eaton, G. R.; Eaton, S. S.; Barr, D. P.; Weber, R. T. Basics of continuous wave EPR. In: Quantitative EPR; Eaton, G. R., Eaton, S. S., Barr, D. P., Weber, R. T., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2010; pp. 1-64

[14] Żyłka, W. M., Cieniek, B., Skała, P. (2023). Electron Magnetic Resonance Study of the Most Sensitive Metal Paint Components for Degradation. Advances in Science and Technology Research Journal, 17(3), 101-109, https://doi.org/10.12913/22998624/164724

[15] Żyłka W., Potera P.: The effect of paint application pressure on the light reflectance coefficient. Adv. Sci. Technol. Res. J. 2025; 19(5):336-343

[16] Ciabach J.; Skibiński S.; Kamiński S.: Wpływ promieniowania nadfioletowego na parametry niektórych farb akrylowych. Ochrona Zabytków, 1979, 2: 139-143

ISSN 2719-3616